

执行功能与儿童流行性肥胖的关系*

易显林¹ 王明怡¹ 王小春²

(¹北京林业大学心理学系, 北京 100083) (²北京世纪维康咨询有限公司, 北京 100037)

摘要 流行性肥胖被认为是由于能量摄入和能量消耗间长期的不平衡导致的一种反常的、脂肪堆积过多的状态, 近期研究发现执行功能与儿童流行性肥胖关系密切。与正常体重儿童相比, 肥胖儿童执行功能差主要体现在抑制控制上, 他们难以抑制对食物线索的注意, 并且更容易对其做出冲动反应, 表明他们干扰抑制中的注意抑制以及反应抑制存在不足。脑机制研究发现, 前额皮质(PFC)与肥胖关系密切, 肥胖被试对食物线索表现出较低的眼窝前额皮质(OFC)激活水平与较高的背外侧前额皮质(DLPFC)激活水平; 奖励回路也与肥胖密切相关, 肥胖或许是由 PFC 与奖励回路间复杂的相互作用引起的。执行功能与流行性肥胖之间可能是双向作用关系, 执行功能差可能是个体 BMI 增加的潜在因素, 而肥胖个体的体重减少在一定程度上则有助于其执行功能改善。少量对儿童肥胖的干预研究表明执行功能训练或许在减肥效果保持上有一定优势, 未来研究应当关注对执行功能, 尤其是抑制控制进行有效训练的方法, 并将其与其他干预方式结合, 更好地解决儿童流行性肥胖问题。

关键词 儿童; 流行性肥胖; 执行功能; 干预

分类号 R395

1 引言

近几十年来, 儿童流行性肥胖呈逐年上升趋势, 我国儿童和青少年肥胖流行和严重程度也急速增加, 有研究显示, 近 20 年来在我国经济发达城市, 儿童的超重/肥胖检出率上升了 4~6 倍(季成叶, 孙军玲, 陈天娇, 2004)。肥胖包括病理性肥胖(也叫继发性肥胖)和流行性肥胖(也叫单纯性肥胖), 病理性肥胖是继发于其他疾病(如心脑血管疾病、II 型糖尿病等)产生的肥胖, 流行性肥胖则被认为是由于能量摄入和能量消耗间长期的不平衡导致的一种反常的、脂肪堆积过多的状态。1998 年世界肥胖问题工作组(The International Obesity Task Force, IOTF)将体重(kg)/身高(m)²定义为身体体质指数(Body mass index, BMI), 并作为肥胖诊断标准, 根据该标准分别将 BMI 等于 25 kg/m² 和 30 kg/m² 分作为成人超重/肥胖的判断指标。但是, 由于儿童处于不断地生长变化中, 成人的诊

断标准并不适用于儿童。为了找到适合我国儿童和青少年超重/肥胖的诊断标准, 研究者通过大样本研究, 绘制了中国 0~18 岁儿童、青少年体质指数生长曲线, 根据该曲线, 不同性别、不同年龄段的儿童超重/肥胖的诊断标准不同, 如, 9 岁男童的超重和肥胖标准分别为 18.5 kg/m² 和 21.1 kg/m², 女童则分别为 17.9 kg/m² 和 20.4 kg/m² (李辉, 季成叶, 宗心南, 张亚钦, 2009)。已有证据表明肥胖会增加一些重大疾病的患病率, 如高血压、II 型糖尿病(Aronne, 2001; Spruijt-Metz, 2011)。肥胖还会给儿童带来诸如自我效能低、身体满意度低、抑郁等心理方面的问题, 并且可能导致同伴侮辱等不良后果(Porter, Stern, Mazzeo, Evans, & Laver, 2012), 此外, 肥胖还可能会影响儿童的认知能力发展(Li, Dai, Jackson, & Zhang, 2008)。

除体育锻炼、家庭社会经济地位、性别因素外(Nogueira et al., 2013; 季成叶, 2008), 越来越多的证据表明, 个体的高级认知, 尤其是执行功能在儿童超重/肥胖的形成和发展中也扮演着重要的角色(Dallman, 2010)。执行功能(Executive Functions, EFs)也被称为执行控制或认知控制, 是

收稿日期: 2015-01-08

* 北京市社会科学基金项目成果(15JYC026)。

通讯作者: 王明怡, E-mail: wang_mingyi@163.com

个体在需要专心和集中注意时一系列自上而下的心理过程,是个体对思想和行动的有意识监控,它包括抑制控制、工作记忆和认知灵活性三个成分(Zelazo & Carlson, 2012; Diamond, 2013)。进化论为解释执行功能与肥胖的关系提供了理论基础。从进化的角度来讲,人类和其他许多有机体在漫长的进化过程中形成了食用高脂肪/热量食物的强烈偏好,这种偏好在食物稀缺的环境下是明显的进化适应,但是随着时代的进步,食物的获取变得相对容易,高脂肪/热量食物偏好使得能量摄入与消耗不匹配,在这种条件下人类更容易肥胖(Power & Schulkin, 2009)。因此,在现代社会中,执行功能对健康体重的保持尤为重要,那些不能有效管理和控制自身行为的个体,更容易对食物线索做出过度进食的反应,从而更容易变胖。追踪研究发现童年期肥胖可以有效预测成年期肥胖(Deckelbaum & Williams, 2001),因此对儿童肥胖进行干预具有深远的意义。基于此,本文将系统回顾以执行功能为研究视角的儿童流行性肥胖的认知、脑机制研究,梳理二者的关系及以此展开的干预研究,为儿童流行性肥胖的干预和治疗提供参考。

2 执行功能与儿童流行性肥胖的关系

流行性肥胖主要是由于长期的能量的摄入大于消耗引起的,因此致胖行为(如进食高热量食物、非饥饿状态下进食、久坐行为等)对肥胖起着至关重要的作用,执行功能是否会对致胖行为产生影响呢?已有一些研究表明,执行功能越差的儿童,表现出的致胖行为可能越多。Pieper 和 Laugero (2013)对学前儿童研究发现,在执行功能等级量表(Behavior Rating Inventory of Executive Function, BRIEF)中得分越低(表明执行功能越差)的儿童,教师报告其在非饥饿状态下的进食行为越多。在学龄儿童被试身上也发现了类似的现象,有研究者对 9 岁儿童进行研究发现,超重和肥胖儿童在 BRIEF 中抑制控制分量表上的得分显著低于正常体重儿童,总体上来看,在该分量表中得分越低的儿童表现出的致胖行为(包括高糖/脂肪摄入量、低蔬果摄入量和久坐行为)越多(Riggs, Spruijt-Metz, Sakuma, Chou, & Pentz, 2010),并且这一分数可以很好地预测他们四个月后的蔬果摄入量,抑制控制分数越高的被试的蔬果摄入量越

多(Riggs, Chou, Spruijt-Metz, & Pentz, 2010)。上述研究表明,执行功能或许可以通过影响个体的生活习惯来影响其体重状态。这些研究为探索执行功能与肥胖的关系提供了线索和方向。但执行功能具体是怎样影响儿童流行性肥胖的呢?为了更好地理解这一问题,以下将分别从执行功能的各个成分的角度对此进行探讨。

2.1 执行功能的子成分与儿童流行性肥胖的关系

2.1.1 执行功能的核心成分——抑制控制与儿童流行性肥胖的关系

当前我们所处的环境中充斥着各种食物线索的诱惑,这种致胖环境是能量摄入和消耗不平衡的诱因(Power & Schulkin, 2009)。但是为什么处在同样的环境中,有的人会肥胖,而有的人却能保持健康的体重呢?这可能是由于抑制控制起着重要作用。抑制控制是个体控制自己的注意、行为、思想和/或情感以克服内发的优势反应和外部诱惑,从而避免做出不恰当行为的能力,是执行功能的核心成分(Diamond, 2013)。根据 Diamond 的定义,抑制控制可分为干扰抑制和反应抑制。干扰抑制包括注意水平的抑制(也叫注意抑制或者注意控制)和认知水平的抑制(抑制外来的或与当前任务无关的想法或记忆);反应抑制是对行为水平的抑制,也叫自我控制,包含避免做出冲动反应和抵抗诱惑(包括延迟满足)两部分。以下将根据抑制控制的类型划分对肥胖与抑制控制的关系进行梳理。

首先,干扰抑制,尤其是注意抑制对肥胖起着重要作用,难以抑制对食物线索的选择性注意或许会使肥胖个体更容易受到食物线索的诱惑,从而对流行性肥胖起着促进作用。肥胖者从高热量/脂肪的食物中能获取更多愉悦感,这让他们难以忽略环境中的食物线索(如食物的味道、图片等),而对高热量/脂肪食物线索的注意或许又可以增加他们对这类食物的偏好、摄入量以及进食动机(Werthmann et al., 2011; Werthmann, Field, Roefs, Nederkoorn, & Jansen, 2014)。眼动研究发现,当面对食物与非食物的图片时,超重被试比正常体重被试更难将注意分配到非食物图片上,他们会首先注意到食物图片,并且在随后的品尝测验中表现出更高的零食摄入量(Werthmann et al., 2011)。有研究者对 13 岁儿童进行研究发现,相较于正常体重儿童,肥胖儿童在 Stroop 任务中更容易受到

食物词汇的影响(Braet & Crombez, 2003)。对青春期女孩的 fMRI 研究发现, 肥胖女孩难以抑制对食物图片的注意, 并且这种视觉偏好可以预测她们未来体重增加(Yokum, Ng, & Stice, 2011)。Kemps, Tiggemann 和 Holitt (2014)也发现肥胖被试对食物线索的视觉偏好, 同时, 他们发现这种视觉偏好可以通过对食物线索的注意抑制训练发生改变。通过对肥胖被试进行关注或回避食物图片训练, 关注组被试对食物选择性注意显著增加, 而回避组则明显减少。这一研究表明, 对特定刺激的注意抑制训练或许可以减少个体对该刺激的注意, 该研究为肥胖干预提供了一定的线索。

另一方面, 在行为水平上, 肥胖人群可能更难控制自己的行为, 他们更容易对刺激做出冲动反应。已有一些证据表明, 肥胖被试对中性刺激和奖励刺激的反应抑制都比正常体重被试差, 他们在这类任务中表现得更加冲动(Nederkoorn, Braet, van Eijs, Tanghe, & Jansen, 2006; Verbeken, Braet, Claus, Nederkoorn, & Oosterlaan, 2009)。对肥胖儿童来说, 有研究者发现, 他们在以中性刺激为材料的停止信号任务(stop-signal task)中的表现也显著差于正常体重儿童(Nederkoorn et al., 2006)。此外, 在采用中性刺激的 Go/no-go 任务的研究中也得到了类似结论(Verbeken et al., 2009; Wirt, Hundsdörfer, Schreibe, Kesztyüs, & Steinacker, 2014; Kamijo & Pontifex et al., 2012), 并且该结论得到了事件相关电位研究的支持(Kamijo & Khan et al., 2012)。这些研究一致表明了肥胖儿童的一般抑制(对中性刺激的抑制)不足, 考虑到他们对食物线索更加敏感(Werthmann et al., 2011; Yokum et al., 2011), 那么他们对食物的特殊抑制是否会更加不足呢? 有研究者通过将 Go/no-go 任务的中性刺激替换为食物图片进行研究发现, 肥胖的青春期女孩对食物的反应抑制显著低于同龄的正常体重女孩(Batterink, Yokum, & Stice, 2010)。另有研究者采用两种奖励刺激条件(美味食物条件和玩具条件)的 stop-signal 任务测量了 7~9 岁儿童对不同奖励刺激的反应抑制(Nederkoorn, Coelho, Guerrieri, Houben, & Jansen, 2012), 结果发现, 超重儿童在两种条件下的抑制控制都显著低于正常体重儿童, 相比于玩具条件, 他们在食物条件下的抑制控制更差。这些研究或许表明, 食物刺激作为任务材料对超重/肥胖被试更具有诱惑力, 使

他们在任务中表现得更加冲动。

综上, 注意水平和反应水平的抑制控制不足都可能是儿童流行性肥胖的形成和发展的原因, 从而使得易胖或肥胖人群更容易对食物线索做出冲动行为。值得注意的是, 在探讨反应抑制与肥胖的关系时, 尽管有研究表明肥胖儿童对中性刺激、食物奖励刺激和其他奖励刺激对应的抑制控制都较正常体重儿童更差一些, 但是目前并未有研究对这三种抑制控制直接进行对比。Hofmann, Friese 和 Strack (2009)认为, 冲动应该是针对特定的刺激, 且该特定刺激应当对个体具有奖励特性, 使冲动的结果是欲望的短期满足, 因此, 我们可以推断, 肥胖儿童对食物的抑制控制应比一般抑制控制更差一些, 未来研究需要将不同的抑制控制进行直接比较, 以更好地理解肥胖产生的机制, 为干预研究提供有针对性地指导。

2.1.2 执行功能的其他成分与儿童流行性肥胖的关系

工作记忆是指在头脑中对信息进行保持和操作的能力(Diamond, 2013)。目前尚未见到探讨刷新(updating)等工作记忆核心功能与儿童流行性肥胖关系的研究, 仅有少量相关研究关注肥胖儿童与正常体重者的工作记忆广度差异, 且研究结论并不一致。Li 等人(2008)对 8~16 岁的美国儿童进行大样本研究发现, 超重儿童的数字广度显著低于正常体重儿童, 在校正年龄、性别、SES 后, BMI 与工作记忆仍有显著相关。另有研究者以 12 名学龄男孩为被试, 却并未发现两者工作记忆广度存在差异(Cserjési, Molnár, Luminet, & Lénárd, 2007)。上述两个研究的结论不一致可能是样本问题导致的。尽管目前我们还不能确定工作记忆与儿童肥胖的关系到底如何, 但是可以推测, 工作记忆或许参与了儿童健康体重的管理过程, 它与抑制控制一起, 保持健康计划“在线”, 阻止诱惑信息激活等, 从而协助个体更好地保持健康的饮食和生活习惯。

认知灵活性是一种灵活转换认知的能力, 是在抑制控制和工作记忆这两个执行功能的基础成分上发展而来的(Diamond, 2013)。在专门对认知灵活性进行测查的整体—局部转换任务中, 研究者发现, 8~9 岁肥胖儿童的表现显著差于正常体重儿童, 说明肥胖儿童的认知灵活性发展不足(Khan et al., 2014)。有研究者采用连线任务对青春

期被试进行研究也得到了类似结论(Verdejo-García et al., 2010)。国内研究者采用威斯康辛卡片分类任务对 6~11 岁的儿童进行研究,发现过度肥胖儿童在任务中的持续性错误显著更多,表明他们的认知灵活性更差(朱盛, 2012)。从上述研究看来,肥胖儿童的认知灵活性表现确实要比正常体重儿童更差一些,但是也要看到,仅仅根据这些研究,我们尚不能确定其中认知灵活性独有成分的直接贡献和抑制控制等基础成分的间接贡献分别如何,因此,未来研究可以考虑通过严谨的研究设计将认知灵活性的独有成分进行剥离,以便进一步确定它与儿童流行性肥胖的关系。

2.2 执行功能与儿童流行性肥胖关系的脑机制

肥胖与执行功能的研究源于成瘾问题,有研究发现,肥胖个体与成瘾个体表现出相似的前额皮质(Prefrontal cortex, PFC)激活降低的现象(Volkow et al., 2001; Volkow, Wang, Fowler, & Telang, 2008),而 PFC 是执行功能的神经生理基础,因此,近年来,越来越多的研究关注 PFC 与肥胖的关系,其中最受关注的脑区是眼窝前额皮质(Orbitofrontal Cortex, OFC)和背外侧前额皮质(Dorsolateral Prefrontal Cortex, DLPFC) (Reinert, Po'e, & Barkin, 2013)。OFC 是抑制控制的关键脑区(Hornberger, Geng, & Hodges, 2011)。Batterink 等人(2010)发现,肥胖的青春期女孩对食物图片的 OFC 激活程度低于正常体重被试,并且 BMI 越高的被试, OFC 的激活程度越低。对正常体重的青春期被试进行研究也发现, BMI 与 OFC 的激活程度呈负相关(Maayan, Hoogendoorn, Sweat, & Convit, 2011)。这些研究从认知神经的角度提示我们,相比于正常体重被试,肥胖被试的抑制控制更低,他们在食物的诱惑下会做出更多的冲动反应。DLPFC 是信息的编码与激活的相关脑区,与工作记忆有密切关系(Stingl et al., 2012)。对 9~18 岁被试的研究发现,肥胖被试面对食物图片时,其 DLPFC 的激活程度显著高于正常体重被试(Davids et al., 2010)。另有研究者对成人的餐前、餐后状态进行对比研究发现,在用餐前,肥胖被试 DLPFC 激活程度显著高于正常体重被试,而用餐后 DLPFC 激活的降低幅度则明显低于正常体重被试(Bruce et al., 2010)。这或许是因为在饥饿状态下面对食物时,所有被试都会激活与食物相关的信息,增加他们的食欲,以满足生理需求,但是由于肥胖被试对

食物更敏感,他们激活的信息可能更多;进餐结束后,正常体重者生理需求得到满足,与食物相关的信息会迅速去激活,而肥胖被试去激活的能力可能更低,因此这些信息仍处于激活状态,他们的食欲并未降低,所以他们更有可能在饱足状态下继续进食。

肥胖研究作为对成瘾问题的延续,在探讨其脑机制时,奖励敏感性(Sensitivity to reward, SRT)是一个不得不提及的因素(Volkow et al., 2008)。SRT 对于学习动机和进食行为起着重要作用,其神经中枢是中脑—边缘多巴胺系统(Mesolimbic dopamine system, 也被称为“奖励回路”) (Fulton, 2010),对于它与执行功能的关系,Appelhans (2009)在其提出的享乐—抑制模型(hedonic-inhibitory model)中对此进行了回答。根据这一模型,肥胖个体对美味食物的过度进食是受动机系统(奖励回路)和调控系统(PFC)共同作用的结果,奖励敏感性和执行功能的抑制控制之间可能是一种拮抗关系,当动机的作用大于抑制控制的作用时,个体更有可能将动机转化为行为;反之,个体则能成功抵制诱惑。这一关系得到了一些研究的支持。有研究者发现,对食物奖励敏感性越低的被试,在面对食物图像时 OFC 激活程度越高(Burger & Stice, 2011)。对 9~16 岁儿童的研究也发现,在面对食物商标时,肥胖儿童的 OFC 激活水平显著低于正常儿童,同时奖励回路的激活水平显著更高(Bruce et al., 2013)。对成年肥胖被试进行研究发现,面对食物线索时,肥胖被试餐后大脑的奖励回路激活水平比正常体重被试更高, OFC 的激活水平更低;而在过饱状态下,超重被试仍旧表现出高奖励回路激活水平和低 OFC 激活水平(Martens et al., 2013)。这些研究在一定程度上支持了享乐—抑制模型中动机系统与抑制系统的相互作用的假设。

综上所述, PFC 可能是与儿童流行性肥胖关系最为密切的脑区。在面对食物时,肥胖儿童的抑制控制相关脑区 OFC 激活水平较低,表明他们对食物的抑制控制不足,而作为工作记忆相关脑区的 DLPFC 却表现出较高的激活水平,这可能是由于他们对食物的高敏感性导致的。除 PFC 外,奖励回路也是涉及肥胖的重要脑区,它所对应的奖励敏感性与 OFC 所对应的抑制控制间的拮抗关系可能是肥胖产生的神经生理基础。在这一关系

中,由于DLPFC与这二者之间都有一定的作用关系,因此可能使得这一拮抗关系变得更为复杂,未来研究有必要将OFC、奖励回路和DLPFC三者结合起来,综合考虑它们对肥胖产生的影响。

2.3 执行功能与流行性肥胖的因果关系

从以往的研究中可以看出,执行功能与儿童流行性肥胖之间关系密切,但是对于二者间的因果关系我们并不明确。纵向研究为二者的关系提供了线索,这类研究通过在一段相对长的时间内对同一批被试进行重复研究,可以看到个体比较完整的发展过程和发展过程中的一些关键转折点,特别适用于探索早期影响的作用。已有研究表明,儿童早期执行功能不足可能对其未来是否会肥胖有预测作用。对年幼儿的追踪研究发现,儿童2岁时的情绪管理能力和抑制控制可以预测儿童是否会在5.5岁时超重(Graziano, Calkins, & Keane, 2010)。Francis和Susman(2009)在儿童3岁和5岁时测量了他们的抑制控制(包括不去触碰玩具和对食物的延迟满足),结果发现在两个任务中表现都更差的儿童在3~12岁间BMI增长最快,只在触碰任务中表现差的儿童次之,然后是在延迟满足任务中表现差的儿童,在两个任务中都表现较好的儿童体重增加最慢,并且在任一任务中表现较差的儿童都更有可能在9岁、11岁和12岁时高于同龄儿童的平均BMI。对更年长儿童的追踪研究也发现,抑制控制可以预测其BMI的变化(Piché, Fitzpatrick, & Pagani, 2012)。对7岁儿童进行追踪研究发现,7岁时抑制控制能力更差的儿童,在7~15岁间体重增加得更多(Anzman & Birch, 2009)。这些研究表明,儿童早期(2~7岁)的抑制控制水平对儿童中期和晚期的体重变化有较好的预测作用。儿童早期的执行功能发展滞后,尤其是抑制控制不足,或许是儿童流行性肥胖形成和发展的主要原因。

正如前文所述,肥胖儿童相比于正常体重的同辈个体,在执行功能任务中的表现更差(Yokum et al., 2011; Nederkoorn et al., 2006; Verbeke et al., 2009; Wirt et al., 2014; Kamijo & Pomtiefex et al., 2012; Batterink et al., 2010; Khan et al., 2014)。另有研究显示,过度肥胖个体在体重显著减少后,在执行功能任务中的表现可以得到改善。Makris等人(2013)对肥胖的中年被试进行研究发现,通过节食减肥,被试在颜色 Stroop 任务中的表现有

明显改善。另有一项研究对肥胖的中年被试进行为期一年的节食干预(一年后的被试的体重平均减少了13.7 kg),发现减肥后,被试的工作记忆(倒序数字广度任务测量)有明显提高(Brinkworth, Buckley, Noakes, Clifton, & Wilson, 2009)。对接受肥胖手术治疗的过度肥胖被试的研究也发现,与未做手术的被试相比,术后12周,前者的工作记忆有显著提高(Gunstad et al., 2011), Miller等人(2013)的研究也得到了类似结论,并且发现接受手术的被试工作记忆的改善可以持续到1年以后;甚至可以保持2年(Alosco et al., 2014),但是目前尚未有更长期的追踪研究。上述研究表明,体重减少或许有助于个体执行功能的改善。但是也有以超重女性为被试的研究并未发现体重减少后,被试执行功能有明显的提高(Bryan & Tiggemann, 2001)。这一研究结果的差异可能是由于被试选取不同导致的,或许只有那些过度肥胖的被试在体重减少达到一定的程度后,其执行功能才能得到明显改善。目前相关研究主要针对成年被试,还未有基于此的儿童研究,因此体重减少是否对儿童也会产生类似的效果还有待未来研究进一步探索,此外,体重减少改善执行功能的潜在机制还不明确,有研究者提出体重减少可以引起肥胖个体与进食相关脑区的激活模式发生变化(Szabo-Reed et al., 2015),但是这一假设尚未得到其他研究的支持。

综上,执行功能与流行性肥胖之间可能是双向作用关系,执行功能不足或许是个体BMI增长的潜在因素,而体重减少也许可以使肥胖个体的执行功能在一定程度上得到改善。但是目前基于此展开的研究还较少,我们并不确定这种关系是直接的还是共同受其他因素影响的,这一问题还有待未来研究进一步探讨。

3 基于执行功能训练的儿童肥胖干预

目前,对肥胖的干预和治疗主要包括饮食干预、有氧运动和行为干预三种方法。这些方法都具有短期效果好的特点,但是也各有不足:有氧运动干预和行为干预的效果易反弹;而饮食干预则可能会给个体带来一些副作用,如厌食或者暴食(Munsch et al., 2008)。近来一些针对过度肥胖儿童的减肥项目开始关注通过训练执行功能,来改善减肥效果。Braet, Tanghe, Decaluwe, Moens和

Rosseel 等人(2004)将有氧运动与认知行为训练相结合,对参与减肥治疗的肥胖儿童进行干预。认知行为训练包含学习肥胖的能量平衡机制和自我控制技能,以及抑制对自己喜爱食物的进食冲动的训练,其目标是帮助肥胖儿童形成健康的生活方式。有氧运动的强度为每天 2 小时或者一周 10 小时。经过 12 周的干预,与控制组儿童相比,接受了认知行为训练的儿童表现出较好的减肥效果,他们能更好地处理外部的食物线索,尽管在治疗结束 14 个月后,他们的体重开始出现反弹,但是在效果保持方面实验组仍显著优于控制组。与 Braet 等人的研究不同,Verbeken, Braet, Goossens 和 van der Oord (2013)采用计算机化的执行功能训练任务对参与减肥项目的肥胖儿童进行干预。其中,执行功能训练包括工作记忆和抑制控制训练两部分,工作记忆的训练任务是在点矩阵任务(包括顺序记忆、刷新、延迟回忆等)的基础上修改而来的,抑制控制则是对 stop-signal 任务的改编。实验组每周接受不少于 4 次,每次不超过 40 分钟的执行功能训练,训练持续 6 周。结果发现,在干预结束后,实验组儿童在工作记忆任务中的表现较之控制组有明显的提高;同时,由于所有的被试都参与了体育锻炼,两组被试的体重都减少了,但是二者的体重减少量差异并不显著,尽管如此,相比于控制组,实验组的减肥效果持续时间更长,在干预结束 8 周后保持得更好,但是这一效果在 12 周后就不明显了,研究者认为对于那些过度肥胖的儿童,需要对其进行长期的执行功能训练以巩固效果。

尽管目前对肥胖儿童执行功能训练的研究还较少,但这些研究已在减肥效果保持方面表现出了巨大的优势,因此如何有效地对肥胖儿童的执行功能进行训练或许是未来干预的主要研究方向。目前,常用的执行功能训练方法主要包括计算机化的任务训练和有氧运动。计算机化的任务训练是通过将执行功能任务(如 stop-signal 任务)以计算机为平台进行呈现,具有实施方便的特点(Nutley et al., 2011)。有氧运动具有操作简单易行的特点,它之所以能改善执行功能是因为,它是目标定向的、需要个体参与的行为,个体在参与过程中需要执行复杂的动作,并且通过运动能够给大脑带来生理变化,当运动中的认知卷入越多时,执行功能也提高得越多,同时只有长期坚持

有氧运动才能有助于执行功能的真正改善(Kamijo et al., 2011)。综合来看,执行功能训练具有以下特点:首先,执行功能越差的儿童通过训练得到的提高越多;其次,在训练过程中需要不断地提升任务的执行功能要求;最后,执行功能训练最关键的因素是反复练习(Diamond, 2013)。有研究表明,执行功能训练可以很好地提高工作记忆和认知灵活性(Nutley et al., 2011),但抑制控制的提高效果并不明显(Verbeken et al., 2013),而从肥胖与执行功能的关系研究不难看出,抑制控制在肥胖的形成和发展中扮演着至关重要的角色(Francis & Susman, 2009; Seeyave et al., 2009; Piché et al., 2012),因此如何通过练习提高儿童的抑制控制,尤其是对食物线索的反应抑制应该是未来研究关注的重点。有研究者认为,在自我控制的干预过程中,需要考虑个体自我控制不足的来源(王利刚,谢东杰,樊春雷,高文斌,2014)。对肥胖儿童而言,自我控制的问题主要源于对食物的冲动反应(Batterink et al., 2010; Werthmann et al., 2011, 2014),因此,加强对这一方面的训练应当是干预研究关注的重点。有研究表明,通过对食物相关刺激的抑制控制训练,能明显提高个体对该刺激的反应抑制水平。该研究将爱吃巧克力的被试分成三组,分别接受巧克力刺激的 Go trial、No-go trial 以及一半 Go trial,一半 No-go trial 训练。训练结束后,接受 No-go trial 训练被试巧克力摄入量有显著下降(Houben & Jansen, 2011),研究表明反复地对特定食物进行反应抑制训练或许可以帮助他们重新获得对该食物的自我控制能力。此外,如前文所述,对被试进行食物线索的注意抑制训练可以提高他们对食物线索的抑制控制(Kemps et al., 2014)。上述两个研究分别从反应抑制和干扰抑制的角度对肥胖儿童进行包含食物线索的抑制控制训练,并取得了一定的成效,它们为儿童肥胖干预提供了重要的思路。

执行功能训练在减肥效果保持方面表现出了巨大的潜力,将其与适度的有氧运动结合或许是未来儿童流行性肥胖干预研究的一个重要方向。从肥胖的成因来看,执行功能训练可以解决肥胖个体能量摄入过度的问题,而长期的有氧运动一方面有助于执行功能改善,但更重要的一方面是它解决了肥胖个体能量消耗不足的问题,因此,二者的结合有助于个体保持合理的能量摄入与消

耗平衡。在未来的研究中,找到对食物抑制控制训练的有效途径将是一个亟待解决的问题。

4 总结与展望

通过回顾基于执行功能的儿童流行性肥胖研究,我们可以得到如下结论:执行功能与儿童流行性肥胖关系密切,执行功能越差的儿童会表现出越多不健康进食行为;执行功能的三个子成分中抑制控制与儿童流行性肥胖的联系最为紧密,BMI 越高的儿童越有可能抑制控制不足,他们的注意抑制较差,使得他们更难忽略环境中的食物线索,并且,他们的反应抑制较之正常体重儿童也更为不足,因此他们会表现出更多的冲动行为。脑机制研究发现,肥胖与 PFC 关系密切,在面对食物线索时肥胖儿童抑制控制的相关脑区 OFC 的激活水平较低,而作为工作记忆相关脑区的 DLPFC 则有较高的激活;奖励回路也是涉及肥胖的重要脑区,OFC 与奖励回路具有拮抗关系,共同对肥胖产生作用。执行功能与流行性肥胖之间可能是双向作用关系,执行功能不足或许是 BMI 增长的潜在因素,而体重减少也许可以使肥胖个体的执行功能在一定程度上得到改善。少量干预研究表明执行功能训练在儿童减肥效果保持方面有着巨大潜力。虽然对执行功能与儿童流行性肥胖的研究已经取得了一些重要研究结论,但是仍有一些问题有待进一步改进和解决。

首先,在以往抑制控制的行为研究中,并未将不同奖励特性的材料所对应的抑制控制进行综合对比。根据 Zelazo (2006)对执行功能的划分,不同奖励特性的刺激材料所涉及的执行功能并不相同,他认为,个体有情感卷入的执行功能是“热”执行功能(食物、玩具等奖励刺激),无情感卷入的则是“冷”执行功能(中性刺激)。由于肥胖儿童对食物线索更敏感,他们对中性刺激、食物奖励刺激和其他奖励刺激会产生不同程度的情绪唤醒,因此,肥胖儿童可能在这三种刺激材料的抑制任务中的表现也会不同。前人研究虽然考虑到材料的奖励特性对抑制控制的影响,但是还未有研究将不同奖励刺激对应的抑制控制进行整合对比,因此,未来研究应当对它们进行系统的对比研究,以帮助我们更好地了解对食物的抑制控制在儿童流行性肥胖中的独特作用。

其次,DLPFC 作为工作记忆的相关脑区,尽

管脑机制研究已发现它与肥胖有着密切关系,但是目前基于此展开的行为研究还很少,且已有的行为研究并未重视食物线索的作用,未来设计行为研究时应该重点考察食物线索对肥胖儿童工作记忆的影响,从而更好地理解肥胖的认知机制。另外,有研究者认为抑制控制的相关脑区 OFC 与奖励回路间可能是一种拮抗关系,但是这一关系或许比我们想像地更为复杂。这是因为,奖励敏感性越高的被试,他们的 DLPFC 激活程度可能也越高;同时奖励回路激活程度较高的被试 OFC 的激活程度却较低;而抑制控制中的认知抑制可以阻止工作记忆中特定信息的激活,因此肥胖儿童在面对食物诱惑时,DLPFC 的激活水平更难有效地降低,这使得他们更难对冲动行为进行控制。因此,OFC 和奖励回路间的拮抗关系或许要受 DLPFC 激活水平的影响,未来研究需要关注 DLPFC 在其中的重要作用。

最后,对儿童肥胖的干预方面还有以下三个需要注意和解决的问题:第一,

由于执行功能的有效提高需要较长时间的训练才能实现,并且抑制控制是执行功能中最难得到改善的成分,因此,未来研究应当关注如何提高抑制控制的训练效率,从而更好地为儿童肥胖干预服务。第二,已有研究表明执行功能在儿童 2~5 岁时已经出现并开始快速发展,其发展轨迹贯穿整个童年期和青春期(Diamond, 2013),而对肥胖与执行功能的研究也发现,儿童早期(2~7岁)的执行功能对儿童中晚期的体重状态有较好地预测作用。因此,越早对儿童肥胖进行干预,效果可能越好。第三,构建和谐、接纳、包容的社会氛围,尽可能减少环境因素对肥胖儿童心理造成负面影响。在进行肥胖干预时,应当考虑外部环境、执行功能与肥胖间的复杂作用关系。当个体面对持续的压力(Reising, 2013)、悲伤(Phillips et al., 2014)、孤独(Tun, Miller-Martinez, Lachman, & Seeman, 2013)、睡眠剥夺(Barnes, Gozal, & Molfese, 2012)或者体育锻炼不足(Chaddock, Hillman, Buck, & Cohen, 2011)时,执行功能和前额皮质会首先受到影响。对儿童流行性肥胖的研究也发现,这些因素与 BMI 增加有关(Udo et al., 2013; Laurson et al., 2008)。所以,从某种意义上说,这些外部环境因素可能通过影响执行功能从而影响了个体的 BMI 变化,即执行功能或许在外部环境与儿童肥

胖间起到了一定的中介作用。从这一角度来看,改善儿童流行性肥胖的现状或许需要全社会一起努力,创建一个有序、和谐的社会,尤其是家庭和学 校应当营造出对肥胖儿童包容、接纳的氛围,使肥胖儿童有健康的心理状态和良好的生活方式,进而缓解肥胖的进一步发展,提高身体健康水平。

参考文献

- 季成叶. (2008). 我国中小學生超重肥胖流行现状及其社会经济差异. *中国学校卫生*, 29(2), 106–108.
- 季成叶, 孙军玲, 陈天娇. (2004). 中国学龄儿童青少年 1985~2000 年超重、肥胖流行趋势动态分析. *中华流行病学杂志*, 25(2), 103–108.
- 李辉, 季成叶, 宗心南, 张亚钦. (2009). 中国 0~18 岁儿童、青少年身高、体重的标准化生长曲线. *中华儿科杂志*, 47(7), 487–492.
- 王利刚, 谢东杰, 樊春雷, 高文斌. (2014). 自我控制的干预技术研究: 基于双系统理论. *中国临床心理学杂志*, 22(2), 377–380.
- 朱盛. (2012). 过度肥胖儿童执行功能状况初步研究. *现代实用医学*, 24(6), 674–675.
- Alosco, M. L., Spitznagel, M. B., Strain, G., Devlin, M., Cohen, R., Paul, R.,..... Gunstad, J. (2014). Improved memory function two years after bariatric surgery. *Obesity*, 22(1), 32–38.
- Anzman, S. L., & Birch, L. L. (2009). Low inhibitory control and restrictive feeding practices predict weight outcomes. *The Journal of Pediatrics*, 155(5), 651–656.
- Appelhans, B. M. (2009). Neurobehavioral inhibition of reward-driven feeding: Implications for dieting and obesity. *Obesity*, 17(4), 640–674.
- Aronne, L. J. (2001). Epidemiology, morbidity, and treatment of overweight and obesity. *The Journal of Clinical Psychiatry*, 62, 13–22.
- Barnes, M. E., Gozal, D., & Molfese, D. L. (2012). Attention in children with obstructive sleep apnoea: An event-related potentials study. *Sleep Medicine*, 13, 368–377.
- Batterink, L., Yokum, S., & Stive, E. (2010). Body mass correlates inversely with inhibitory control in response to food among adolescent girls: An fMRI study. *NeuroImage*, 52(4), 1696–1703.
- Braet, C., & Crombez, G. (2003). Cognitive interference due to food cues in childhood obesity. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 32(1), 32–39.
- Braet, C., Tanghe, A., Decaluwé, V., Moens, E., & Rosseel, Y. (2004). Inpatient treatment for children with obesity: weight loss, psychological well-being, and eating behavior. *Journal of Pediatric Psychology*, 29(7), 519–529.
- Brinkworth, G. D., Buckley, J. D., Noakes, M., Clifton, P. M., & Wilson, C. J. (2009). Long-term effects of a very low-carbohydrate diet and a low-fat diet on mood and cognitive function. *Archives of Internal Medicine*, 169(20), 1873–1880.
- Bruce, A. S., Holsen, L. M., Chambers, R. J., Martin, L. E., Brooks, W. M., Zarcone, J. R.,..... Savage, C. R. (2010). Obese children show hyperactivation to food pictures in brain networks linked to motivation, reward and cognitive control. *International Journal of Obesity*, 34(10), 1494–1500.
- Bruce, A. S., Lepping, R. J., Bruce, J. M., Cherry, J. B. C., Martin, L. E., Davis, A. M.,..... Savage, C. R. (2013). Brain responses to food logos in obese and healthy weight children. *The Journal of Pediatrics*, 162(4), 759–764.
- Bryan, J., & Tiggemann, M. (2001). The effect of weight-loss dieting on cognitive performance and psychological well-being in overweight women. *Appetite*, 36(2), 147–156.
- Burger, K. S., & Stice, E. (2011). Relation of dietary restraint scores to activation of reward-related brain regions in response to food intake, anticipated intake, and food pictures. *NeuroImage*, 55(1), 233–239.
- Chaddock, L., Hillman, C. H., Buck, S. M., & Cohen, N. J. (2011). Aerobic fitness and executive control of relational memory in preadolescent children. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 43, 344–349.
- Cserjési, R., Molnár, D., Luminet, O., & Lénárd, L. (2007). Is there any relationship between obesity and mental flexibility in children? *Appetite*, 49(3), 675–678.
- Dallman, M. F. (2010). Stress-induced obesity and the emotional nervous system. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 21(3), 159–165.
- David, S., Lauffer, H., Thoms, K., Jagdhu, M., Hirschfeld, H., Domin, M.,..... Lotze, M. (2010). Increased dorsolateral prefrontal cortex activation in obese children during observation of food stimuli. *International Journal of Obesity*, 34(1), 94–104.
- Deckelbaum, R. J., & Williams, C. L. (2001). Childhood obesity: The health issue. *Obesity Research*, 9(Suppl. 11), 239S–243S.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
- Francis, L. A. & Susman, E. J. (2009). Self-regulation and rapid weight gain in children from age 3 to 12 years. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 163(4), 297–302.
- Fulton, S. (2010). Appetite and reward. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 31(1), 85–103.
- Graziano, P. A., Calkins, S. D., & Keane, S. P. (2010). Toddler self-regulation skills predict risk for pediatric obesity. *International Journal of Obesity*, 34(4), 633–641.

- Gunstad, J., Strain, G., Devlin, M. J., Wing, R., Cohen, R. A., Paul, R. H.,..... Mitchell, J. E. (2011). Improved memory function 12 weeks after bariatric surgery. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 7(4), 465–472.
- Hofmann, W., Friese, M., & Strack, F. (2009). Impulse and self-control from a dual-systems perspective. *Perspectives on Psychological Science*, 4(2), 162–167.
- Hornberger, M., Geng, J., & Hodges, J. R. (2011). Convergent grey and white matter evidence of orbitofrontal cortex changes related to disinhibition in behavioural variant frontotemporal dementia. *Brain*, 134(9), 2502–2412.
- Houben, K., & Jansen, A. (2011). Training inhibitory control. A recipe for resisting sweet temptations. *Appetite*, 56(2), 345–349.
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., Drollette, E. S.,..... Hillman, C. H. (2012). The association of childhood obesity to neuroelectric indices of inhibition. *Psychophysiology*, 49(10), 1361–1371.
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., O'Leary, K. C., Scudder, M. R., Wu, C. T., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2011). The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Developmental Science*, 14, 1046–1058.
- Kamijo, K., Khan, N. A., Pontifex, M. B., Scudder, M. R., Drollette, E. S., Raine, L. B.,..... Hillman, C. H. (2012). The relation of adiposity to cognitive control and scholastic achievement in preadolescent children. *Obesity*, 20(12), 2406–2411.
- Kemps, E., Tiggemann, M., & Hollitt, S. (2014). Biased attentional processing of food cues and modification in obese individuals. *Health Psychology*, 33(11), 1391–1401.
- Khan, N. Raine, L., Drollette, E., Scudder, M., Pontifex, M., & Hillman, C. (2014). Differences in cognitive flexibility between healthy weight and obese children: An ERP study (629.6). *The Journal of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 28(Suppl. 1), 629.6.
- Laurson, K. R., Eisenmann, J. C., Welk, G. J., Wickel, E. E., Gentile, D. A., & Walsh, D. A. (2008). Combined influence of physical activity and screen time recommendations on childhood overweight. *The Journal of Pediatrics*, 153(2), 209–214.
- Li, Y. F., Dai, Q., Jackson, J. C., & Zhang, J. (2008). Overweight is associated with decreased cognitive functioning among school-age children and adolescents. *Obesity*, 16(8), 1809–1815.
- Maayan, L., Hoogendoorn, C., Sweat, V., & Vonvit, A. (2011). Disinhibited eating in obese adolescents is associated with orbitofrontal volume reductions and executive dysfunction. *Obesity*, 19(7), 1382–1387.
- Makris, A., Darcey, V. L., Rosenbaum, D. L., Komaroff, E., van der Veur, S. S., Collins, B. N.,..... Foster, G. D. (2013). Similar effects on cognitive performance during high- and low-carbohydrate obesity treatment. *Nutrition & Diabetes*, 3(9), e89.
- Martens, M. J., Born, J. M., Lemmens, S. G. T., Karhunen, L., Heinecke, A., Goebel, R.,..... Westerterp-Plantenga, M. S. (2013). Increased sensitivity to food cues in the fasted state and decreased inhibitory control in the satiated state in the overweight. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97, 471–479.
- Miller, L. A., Crosby, R. D., Galioto, R., Strain, G., Devlin, M. J., Wing, R.,..... Gunstad, J. (2013). Bariatric surgery patients exhibit improved memory function 12 months postoperatively. *Obesity Surgery*, 23(10), 1527–1535.
- Munsch, S., Roth, B., Michael, T., Meyer, A. H., Biedert, E., Roth, S., ... Margraf, J. (2008). Randomized controlled comparison of two cognitive behavioral therapies for obese children: Mother versus mother-child cognitive behavioral therapy. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 77(4), 235–246.
- Nederkorn, C., Braet, C., van Eijs, Y., Tanghe, A., & Jansen, A. (2006). Why obese children cannot resist food: The role of impulsivity. *Eating Behaviors*, 7(4), 315–322.
- Nederkorn, C., Coelho, J. S., Guerrieri, R., Houben, K., & Jansen, A. (2012). Specificity of the failure to inhibit responses in overweight children. *Appetite*, 59(2), 409–413.
- Nogueira, H., Ferrão, M., Gama, A., Mourão, I., Rosado, M. V., & Padez, C. (2013). Perceptions of neighborhood environments and childhood obesity: Evidence of harmful gender inequities among Portuguese children. *Health & Place*, 19, 69–73.
- Nutley, B. S., Söderqvist, S., Bryde, S., Thorel, L. B., Humphreys, K., & Klingberg, T. (2011). Gains in fluid intelligence after training non-verbal reasoning in 4-year-old children: A controlled, randomized study. *Developmental Science*, 14(3), 591–601.
- Phillips, L. H., Henry, J. D., Nouzova, E., Cooper, C., Radlak, B., & Summers, F. (2014). Difficulties with emotion regulation in multiple sclerosis: Links to executive function, mood, and quality of life. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 36(8), 831–842.
- Piché, G., Fitzpatrick, C., & Pagani, L. S. (2012). Kindergarten self-regulation as a predictor of body mass index and sports participation in fourth grade students. *Mind, Brain & Education*, 6(1), 19–26.
- Pieper, J. R., & Laugero, K. D. (2013). Preschool children with lower executive function may be more vulnerable to emotional-based eating in the absence of hunger. *Appetite*, 62, 103–109.
- Porter, J. S., Stern, M., Mazzeo, S. E., Evans, R. K., & Laver,

- J. (2012). Relations among teasing body satisfaction, self-esteem, and depression in treatment-seeking obese African American adolescents. *Journal of Black Psychology*, 39(4), 375–395.
- Power, M. L., & Schulkin, J. (2009). *The Evolution of Obesity*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Reinert, K. R. S., Po'e, E. K., & Barkin, S. L. (2013). The relationship between executive function and obesity in children and adolescents: A systematic literature review. *Journal of Obesity*, 2013, 820956.
- Reising, M. M. (2013). *The effects of chronic stress on executive function, coping and prefrontal function in children of depressed parents* (Unpublished doctoral dissertation). Vanderbilt University.
- Riggs, N. R., Chou, C. P., Spruijt-Metz, D., & Pentz, M. A. (2010). Executive cognitive function as a correlate and predictor of child food intake and physical activity. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 16(3), 279–292.
- Riggs, N. R., Spruijt-Metz, D., Sakuma, K. -L., Chou, C. P., & Pentz, M. A. (2010). Executive cognitive function and food intake in children. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 42(6), 398–403.
- Seeyave, D. M., Coleman, S., Appugliese, D., Corwyn, R. F., Bradley, R. H., Davidson, N. S.,..... Lumeng, J. C. (2009). Ability to delay gratification at age 4 years and risk of overweight at age 11 years. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 163(4), 303–308.
- Spruijt-Metz, D. (2011). Etiology, treatment, and prevention of obesity in childhood and adolescence: A decade in review. *Journal of Research on Adolescence*, 21(1), 129–152.
- Stingl, K. T., Kullmann, S., Kettere, C., Heni, M., Häring, H. -U., Fritsche, A., & Preiss, H. (2012). Neuronal correlates of reduced memory performance in overweight subjects. *NeuroImage*, 60(1), 362–369.
- Szabo-Reed, A. N., Breslin, F. J., Lynch, A. M., Patrician, T. M., Martin, L. E., Lepping, R. J.,..... Savage, C. R. (2015). Brain function predictors and outcome of weight loss and weight loss maintenance. *Contemporary Clinical Trials*, 40, 218–231.
- Tun, P. A., Miller-Martinez, D., Lachman, M. E., & Seeman, T. (2013). Social strain and executive function across the lifespan: The dark (and light) sides of social engagement. *Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development*, 20(3), 320–338.
- Udo, T., Grilo, C. M., Brownell, K. D., Weinberger, A. H., DiLeone, R. J., & McKee, S. A. (2013). Modeling the effects of positive and negative mood on the ability to resist eating in obese and non-obese individuals. *Eating Behaviors*, 14(1), 40–46.
- Verbeke, S., Braet, C., Claus, L., Nederkoorn, C., & Oosterlaan, J. (2009). Childhood obesity and impulsivity: An investigation with performance-based measures. *Behaviour Change*, 26(3), 153–167.
- Verbeke, S., Braet, C., Goossens, L., & van der Oord, S. (2013). Executive function training with game elements for obese children: A novel treatment to enhance self-regulatory abilities for weight-control. *Behaviour Research and Therapy*, 51(6), 290–299.
- Verdejo-García, A., Pérez-Expósito, M., Schmit-Río-Valle, J., Fernández-Serrano, M. J., Cruz, F., Pérez-García, M.,..... Campoy C. (2010). Selective alterations within executive functions in adolescents with excess weight. *Obesity*, 18(8), 1572–1578.
- Volkow, N. D., Chang, L. D., Wang, G. J., Fowler, J. S., Ding, Y. S., Sedler, M.,..... Pappas, N. (2001). Low level of brain dopamine D₂ receptors in methamphetamine abusers: Association with metabolism in the orbitofrontal cortex. *The American Journal of Psychiatry*, 158, 2015–2021.
- Volkow, N. D., Wang, G. J., Fowler, J. S., & Telang, F. (2008). Overlapping neuronal circuits in addiction and obesity: Evidence of systems pathology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Science*, 363, 3191–3200.
- Werthmann, J., Roefs, A., Nederkoorn, C., Mogg, K., Bradley, B. P., & Jansen, A. (2011). Can (not) take my eyes off it: Attention bias for food in overweight participants. *Health Psychology*, 30(5), 561–569.
- Werthmann, J., Field, M., Roefs, A., Nederkoorn, C., & Jansen, A. (2014). Attention bias for chocolate increases chocolate consumption-An attention bias modification study. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 45(1), 136–143.
- Wirt, T., Hundsdoerfer, V., Schreiber, A., Kesztyüs, D., & Steinacker, J. M. (2014). Associations between inhibitory control and body weight in German primary school children. *Eating Behaviors*, 15(1), 9–12.
- Yokum, S., Ng, J., & Stice, E. (2011). Attentional bias to food images associated with elevated weight and future weight gain: An fMRI study. *Obesity*, 19(9), 1775–1783.
- Zelazo, P. D. (2006). The dimensional change card sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297–301.
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354–360.

The Relationship between Executive Functions and Pediatric Obesity Epidemic

YI Xianlin¹; WANG Mingyi¹; WANG Xiaochun²

(¹ Department of Psychology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

(² Beijing Century of Health-maintaining Consulting Ltd, Beijing 100037, China)

Abstract: Obesity epidemic is regarded as an abnormal state of fat accumulation, caused by a long-term imbalance between energy intake and consumption. The latest research suggests that executive functions (EFs) relate closely with pediatric obesity. Compared with their healthy peers, obese children might be characterized by poor executive functions in terms of inhibitory control. Specifically, obese children can barely refrain from noticing food stimuli and easily respond to them, which indicates a shortage of attentional inhibition and response inhibition. Research on brain mechanism finds a close relationship between the prefrontal cortex (PFC) and obesity. Facing food stimuli, obese persons show a low activation level in the orbitofrontal cortex (OFC) yet a high activation level in the dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC). The mesolimbic dopamine system could also cause obesity by a complex interaction with the PFC. There is a possible bidirectional relationship between obesity and executive functions. Low levels of executive functions are a risk factor for an increased BMI, and loss of weight will help, to some extent, improve one's executive functions. Some intervention studies suggest that EFs training might have some advantages in weight maintenance; therefore, to increase the validity of EFs training, inhibitory control training in particular, shall be the focus of future research in order to provide efficient solutions to the pediatric obesity epidemic by combining other interventions.

Key words: children; obesity epidemic; executive functions; intervention