

DOI:10.16781/j.0258-879x.2016.11.1397

• 综述 •

睡眠剥夺对个体情绪的影响及其机制

李自强¹, 秦晔², 苏彤¹, 潘霄¹, 崔轶¹, 严进¹, 唐云翔^{1*}

1. 第二军医大学心理与精神卫生学系医学心理学教研室, 上海 200433

2. 上海师范大学教育学院心理学系, 上海 200234

[摘要] 睡眠对维持良好的情绪非常重要, 睡眠剥夺会导致个体负性情绪的增加、正性情绪的减少。本文回顾了近年有关睡眠剥夺对个体情绪影响的文献, 尝试从睡眠对大脑情绪回路、快速眼动睡眠、情绪信息加工以及能量供给和情绪背景的影响这几个方面归纳总结, 力图深入理解睡眠剥夺对个体情绪影响的机制。

[关键词] 睡眠剥夺; 情绪; 机制

[中图分类号] R 338.63 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2016)11-1397-05

Impact of sleep deprivation on individual emotion and the underlying mechanisms

LI Zi-qiang¹, QIN Ye², SU Tong¹, PAN Xiao¹, CUI Yi¹, YAN Jin¹, TANG Yun-xiang^{1*}

1. Department of Medical Psychology, Faculty of Mental Health and Psychology, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

2. Faculty of Psychology, Education College, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China

[Abstract] Sleep is very important for maintaining normal emotional function. Sleep deprivation has been shown to decrease the individual positive emotion and enhance the level of negative ones. This paper reviews the current findings with regard to the effects of sleep deprivation on emotional state, hoping to better understand the underlying mechanisms by which sleep deprivation affects individual emotion from the following perspectives: emotional brain networks, rapid eye movement sleep, emotional information processing, energy supplying and emotional background.

[Key words] sleep deprivation; emotions; mechanism

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2016, 37(11): 1397-1401]

睡眠与躯体健康以及心理功能密切相关。半个世纪以来, 睡眠与躯体健康以及认知功能之间的关系受到了广泛的关注^[1-5], 但睡眠和情绪之间的关系直到最近才逐渐引起研究者的重视^[6-10]。研究发现几乎所有的精神障碍和情绪障碍患者都伴随失眠的症状, 在生活中, 睡眠不足或失眠同样会给个体带来消极的情绪体验, 提示睡眠在情绪功能的维持上发挥着重要作用。因此, 探明睡眠剥夺对个体情绪的影响及其作用机制不仅可以为精神病理学研究提供新的视角, 也可以为失眠症患者的情绪干预策略研究提供理论依据和指导。本文就近年有关睡眠剥

夺对个体情绪影响的研究做一综述, 以深入理解睡眠剥夺对个体情绪影响的作用机制。

1 睡眠剥夺对个体情绪体验的影响

实验性研究普遍观测到睡眠减少后个体负性情绪的增加, 该领域的早期实验研究主要集中于此, 采用的评估工具主要包括简明心境量表(profile of mood state, POMS)、正负性情绪量表(positive and negative affect scale, PANAS)等。Dinges等^[11]使用POMS施测发现, 限制个体睡眠时间(每晚睡眠4~5 h、持续1周)后, 其“焦虑(anxiety)”“困惑

[收稿日期] 2016-03-24 **[接受日期]** 2016-06-27

[基金项目] 国家自然科学基金(81372122), 上海市教育科学研究市级项目(B13028), 军事科研“十二五”计划课题(13QJ003-005), 全军心理卫生应用性科研课题重点项目(12XLZ109), 军队“十二五”重大专项(AWS12J2003-8, AWS13J003)。Supported by National Natural Science Foundation of China (81372122), Education Science Research Project of Shanghai (B13028), The “12th Five-Year Plan” Research Projects of PLA (13QJ003-005), Mental Health Application Research Project of PLA (12XLZ109) and Major Project of the “12th Five-Year Plan” of PLA (AWS12J2003-8, AWS13J003).

[作者简介] 李自强, 硕士生。E-mail: lzq233@126.com

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-81871684, E-mail: tangyun7633@sina.com

(confusion)”“疲劳(fatigue)”以及“总体情绪纷乱(total mood distance)”维度的得分显著增加。不仅如此,个体所感受到的负性情绪改变与睡眠剥夺时间长短似乎存在明显的量效关系。刘宁等^[12]使用状态焦虑量表在个体完全睡眠剥夺 54 h 期间反复测量 8 次,发现个体状态“焦虑”的得分随睡眠剥夺时间的延长而增加。

此外,在评估睡眠剥夺对个体负性情绪影响的同时,研究者也注意到了睡眠剥夺对个体正性情绪的影响,发现睡眠剥夺后个体的正性情绪明显减少。在最近的一项针对青少年群体 36 h 的睡眠剥夺研究中,使用 POMS 每隔 2 h 对个体的情绪进行考察,发现随着睡眠剥夺时间的延长,个体在“活力”这一维度的得分明显下降,这提示个体可体验到的正性情绪减少^[13],这一结果与 Paterson 等^[14]在青年群体中施测的结果一致。

2 睡眠剥夺对个体情绪表达的影响

睡眠剥夺后的主观情绪报告受个体动机、依从性、理解能力等因素的影响,考虑到其缺点和不足,越来越多的研究者开始使用更加客观的测量方式来观测睡眠剥夺后个体情绪相关的生理变化。研究发现睡眠剥夺会影响个体的情绪表达能力,他们要求部分睡眠剥夺的个体在实验过程中,当看到正性图片或面孔时回应“微笑”的表情,当看到负性图片或面孔时回应“皱眉”的表情,同时记录其肌电反应,发现与正常睡眠组个体相比,睡眠剥夺组个体反应更慢^[15]。Minkel 等^[16]记录了个体观看愉快和悲伤电影片段时的表情反应,发现睡眠剥夺组个体对这两种刺激做出的表情反应均减少,尤其是在观看令人愉快的电影片段时。也有研究者使用瞳孔测定的方法发现,个体在睡眠剥夺后,对比观看中性或积极图片,观看负性图片时瞳孔更大;在出现负性图片提示线索时,睡眠剥夺组个体瞳孔也有相应的反应;正常睡眠组个体没有这些表现,这提示睡眠剥夺会改变个体对于负性情绪图片的生理反应^[17]。

睡眠剥夺除对肌电、瞳孔等情绪生理指标产生影响外,还会影响个体的声学特征。研究显示,整夜睡眠剥夺会降低个体口头表达时的词汇量、表达的积极情绪,增加其表达中的负性情绪;同时,利用计算机声学特性分析设备分析个体的声音发现,睡眠剥夺后个体的音高(pitch)、活力值(energy)以及声音的清晰度(vocal sharpness)均发生明显的变化^[18],而这几项指标与个体的悲伤、低活性和应激

状态显著相关^[19-20]。

3 睡眠剥夺影响个体情绪的机制

3.1 睡眠剥夺对大脑情绪回路的影响

大脑情绪回路包括大脑皮质(主要为前额叶)和皮质下结构(主要包括丘脑、杏仁核以及海马等部位),有研究者认为睡眠剥夺通过干扰前额叶皮质与皮质下结构的功能性连接影响个体情绪。Yoo 等^[21]发现 35 h 睡眠剥夺后个体观看负性情绪图片时杏仁核激活程度要比正常睡眠组高 60%;同时发现杏仁核和内侧前额叶皮质的功能性连接减弱,显示大脑高级皮质对情绪的认知控制减弱;还发现杏仁核和大脑蓝斑的功能性连接增强,这些结果提示睡眠剥夺可能是通过削弱自上而下的情绪反应抑制过程来影响个体情绪的。在另一项使用功能磁共振成像技术(functional magnetic resonance imaging, fMRI)的研究中,Gujar 等^[22]观察了睡眠剥夺后个体观看正性情绪图片时的大脑活动情况,结果显示睡眠剥夺后个体观看正性情绪图片时负责奖赏的脑区激活增强,而与此同时内侧前额叶皮质和眶额皮质的功能性连接减弱,负责早期初级视觉加工的环路与边缘系统的连接增强,这些脑活动的变化在行为上表现为睡眠剥夺组个体更倾向于将中性图片报告为正性情绪图片,睡眠剥夺个体的这一倾向与中脑边缘脑区的活动密切相关,这与 Volkow 等^[23]发现睡眠剥夺后个体负责奖赏的脑区多巴胺活动增强相印证。这两项 fMRI 研究结果均证实睡眠剥夺影响大脑的情绪回路,这一影响在某种程度上构成了个体睡眠剥夺后情绪变化的神经生物学基础。此类研究值得研究者进一步跟进。

3.2 快速眼动睡眠(rapid eye movement sleep, REMS)剥夺对个体情绪的影响

REMS 的维持在很大程度上影响个体的情绪状态。研究表明,REMS 的改变或异常与白天的情绪状态密切相关;神经影像学研究证实,REMS 时期大脑情绪回路的活动显著增强^[24]。因此,有研究者提出 REMS 在大脑的情绪加工中扮演着调节器的角色,可以促进个体出现积极情绪,他们推测 REMS 为改善负性的情绪体验提供了最佳的生物学环境^[25-27]。有研究发现,伴有 REMS 的白天小睡可以逆转一天中逐渐增加的恐惧情绪体验,同时可以增加积极刺激的评分^[28]。

另一种观点则恰恰相反,该观点认为剥夺 REMS 才能有效改善负性的情绪体验。有研究显

示, 相比于 REMS 剥夺时间较少的个体(以前一晚 REMS 时间/前一晚睡眠总时间表示), 更多的 REMS 剥夺时间会使个体更加适应负性情绪刺激^[29]; Wagner 等^[30]报道, 与早睡和清醒时的评价相比, 晚睡会增加个体对于常见情绪图片的负面评价(REMS 在后半夜更多), 他们认为 REMS 较充分的这一阶段的睡眠事实上会增加个体对消极刺激的厌恶性反应。在临床上, 抑郁症患者常常出现 REMS 异常, 比如抑郁症患者进入 REMS 的潜伏期缩短, REMS 的密度和 REMS 的总时间增加, 而选择性地限制 REMS 可以暂时缓解患者的抑郁症状; 睡眠剥夺后, REMS 会出现补偿性的“反弹”, 即剥夺睡眠后 REMS 增多, 这一过程与抑郁症患者的抑郁恶化同时发生^[24, 31]。在创伤后应激障碍(posttraumatic stress disorder, PTSD)患者中, REMS 同样被证明在 PTSD 的发生和发展过程中发挥重要作用, Germain 等^[32]就提出 REMS 会导致 PTSD 患者杏仁核与内侧前额叶连接的激活增强, 这使得患者更易做噩梦。

目前尚不清楚造成上述研究结果不一致的原因, 可能的原因包括: 个体来源不同(正常人、患者)、研究方法不一致(部分剥夺、全部剥夺)等, 相信随着研究的深入, 这些疑问会逐渐解开。

3.3 睡眠剥夺对情绪信息加工的影响 近十多年来, 有研究者从情绪信息加工特点的角度解释睡眠剥夺对情绪的影响, 认为这种影响可能与睡眠剥夺后个体对情绪信息处理的方式改变有关。早在 2008 年, Killgore 等^[33]使用巴昂情绪智力量表对睡眠剥夺后的个体进行施测, 发现个体的情绪智力量表得分显著下降, 意味着个体在理解自身情绪和他人情绪的能力上有所下降。最近, 有研究通过个体主观汇报和研究者观察的方式考察个体的共情能力, 结果发现, 相比正常睡眠组, 睡眠剥夺组个体的共情能力显著下降^[34], 进一步证实了 Killgore 等^[33]的观点。

几项利用情绪面孔为刺激材料的实验结果表明, 睡眠不足会对情绪面孔的识别产生不利影响。van der Helm 等^[35]发现睡眠剥夺损伤成年女性的面孔识别, 与此同时, 实验研究发现睡眠剥夺会降低个体在识别情绪面孔表情中的速度和准确性^[36], Soffer-Dudek 等^[37]同样在儿童和青少年群体中发现, 睡眠质量较差的个体在情绪面孔信息加工任务中的表现不佳, 而整体上在中性面孔信息加工任务中的表现几乎不受影响。这几项研究结果在最近一

项使用事件相关电位(event-related potential, ERP)的研究中得到印证, Cote 等^[38]发现睡眠剥夺后个体观察情绪面孔时, 呈现出更小的 P1 波(反映个体的视觉加工程度)以及更大的 N170 波(反映个体对脸状物的加工难易度), 意味着睡眠剥夺后个体低水平的视觉加工以及识别面孔难度的增加。

在使用非面孔的情绪图片作为刺激材料时, 研究者观察到了与上述面孔材料相似的影响。Tempesta 等^[39]要求个体评估情绪图片的愉悦度和唤醒度, 发现与正常睡眠组个体相比, 睡眠剥夺组个体对中性刺激的评分偏负性; Anderson 和 Platten^[40]使用 Go/NoGo 任务考察个体对情绪刺激的抑制能力, 任务要求个体根据指导语对实验中呈现的正性、负性和中性词语做或不作反应, 发现 36 h 的睡眠剥夺后个体总体上反应的正确率下降, 其中对负性刺激的反应正确率更低, 无论是正确反应还是错误反应, 个体对负性刺激的反应更快, 这意味着个体对负性刺激的抑制反应能力下降, 对负性刺激存在更高的冲动性。

从以上的研究可以看出, 睡眠剥夺对情绪刺激的知觉和加工都会产生不利影响, 个体在睡眠剥夺后特殊的知觉方式以及对负性刺激的“偏好”, 可能是导致之后不良情绪体验的重要原因。

3.4 睡眠剥夺对能量供应以及情绪背景的影响 在睡眠剥夺影响情绪的原因中, Zohar 等^[41-42]重点强调了睡眠剥夺后潜在的能量供应不足和情绪出现的情境(背景)。他们让住院医师在连续的 3 个工作日内, 每天在 3 个任意时间点接到一个电话, 电话要求这些住院医师填写一份描述接电话前 15 min 内所发生事情的问卷, 然后用 PANAS 测量他们对这些事件的情绪反应。结果显示, 如果前面 15 min 发生突发事件, 睡眠不足的住院医师负性情绪和疲劳感会增加; 如果什么都没发生, 则不会出现这样效应; 但如果前面 15 min 发生愉快的事件, 睡眠不足的住院医师的正性情绪并不会显著增加。与前述几种理论不同, Zohar 等^[41-42]特别强调了背景因素在情绪评估中的重要性, 并在认知能量模型理论上解释说, 睡眠剥夺导致自身能量供应的改变, 从而影响情绪反应; 换言之, 当睡眠剥夺的个体遇见令人愉悦的情景时, 较低的能量水平使其无法达到理想的满意水平, 而当面临挑战情景时, 疲劳感又会使负性情绪的水平升高。这其中睡眠剥夺后的能力供应不足和背景都在情绪的产生中发挥了重要作用。

4 小结与展望

以上研究从不同的角度阐释了睡眠剥夺影响个体情绪反应的机制:神经影像学研究表明睡眠剥夺个体的情绪回路,尤其是边缘系统存在激活异常;REMS相关研究显示REMS在大脑对情绪事件的感受中发挥着调节作用;情绪信息加工理论模型认为睡眠剥夺后个体不能有效地识别情绪,并产生对负性信息的“偏好”;而认知能量模型则认为睡眠剥夺会导致能量耗竭,从而扰乱了情绪的适应性反应。

综上所述,虽然研究者倾向于认为睡眠不足会阻碍情绪功能的发挥,但目前的实验研究结果并不一致,有少部分研究者报道并未发现睡眠剥夺导致个体主观情绪体验的显著性变化^[17],甚至报道睡眠剥夺后个体对正性情绪刺激的反应增强^[22]。这种不一致可能与以下几个因素有关:(1)在研究方法上,目前研究多以自我评估(如POMS、PANAS等)的方式进行,少数研究虽然开始借助客观的生理指标(如瞳孔大小等)评估,但主观评估和客观测量的结果是否反映同一心理量,有待进一步探讨;(2)不同研究所使用的睡眠剥夺的范式不尽相同,如睡眠剥夺的时长、完全/部分睡眠剥夺、睡眠剥夺前适应实验室的时长以及睡眠剥夺后恢复的时长等,这些都可能对实验结果产生影响,在未来的研究中有待进一步的规范和标准化。总体说来,睡眠在情绪加工中起到一定的作用,但其作用的机制尚不明确。此外,目前较少有研究从干预睡眠剥夺后出现的负性情绪角度进行研究,这对于无法通过补足睡眠来改善情绪状态的失眠症患者是迫切需要的,在临床实践中有着广阔的应用前景。

[参考文献]

[1] KILLGORE W D. Effects of sleep deprivation on cognition[J]. *Prog Brain Res*, 2010, 185: 105-129.

[2] TUCKER A M, WHITNEY P, BELENKY G, HINSON J M, VAN DONGEN H P. Effects of sleep deprivation on dissociated components of executive functioning[J]. *Sleep*, 2010, 33: 47-57.

[3] ROBERTS R E, ROBERTS C R, DUONG H T. Sleepless in adolescence: prospective data on sleep deprivation, health and functioning [J]. *J Adolesc*, 2009, 32: 1045-1057.

[4] SAUVET F, LEFTHERIOTIS G, GOMEZ-MERINO D, LANGRUME C, DROGOU C, VAN BEERS P, et al. Effect of acute sleep deprivation on vascular function in healthy subjects[J]. *J Appl Physiol*(1985),

2010, 108: 68-75.

[5] MELDRUM R C, RESTIVO E. The behavioral and health consequences of sleep deprivation among U. S. high school students: relative deprivation matters[J]. *Prev Med*, 2014, 63: 24-28.

[6] BEATTIE L, KYLE S D, ESPIE C A, BIELLO S M. Social interactions, emotion and sleep: a systematic review and research agenda[J]. *Sleep Med Rev*, 2015, 24: 83-100.

[7] SHAO Y, LEI Y, WANG L, ZHAI T, JIN X, NI W, et al. Altered resting-state amygdala functional connectivity after 36 hours of total sleep deprivation[J/OL]. *PLoS One*, 2014, 9: e112222. doi: 10.1371/journal.pone.0112222.

[8] WIESNER C D, PULST J, KRAUSE F, ELSNER M, BAVING L, PEDERSEN A, et al. The effect of selective REM-sleep deprivation on the consolidation and affective evaluation of emotional memories [J]. *Neurobiol Learn Mem*, 2015, 122: 131-141.

[9] VALLEJO A. Role of sleep deprivation and psychosocial stress in the regulation of emotion[D]. United States: University of Houston, 2013.

[10] MINKEL J D, BANKA S, HTAIK O, MORETA M C, JONES C W, McGLINCHEY E L, et al. Sleep deprivation and stressors: evidence for elevated negative affect in response to mild stressors when sleep deprived[J]. *Emotion*, 2012, 12: 1015-1020.

[11] DINGES D F, PACK F, WILLIAMS K, GILLEN K A, POWELL J W, OTT G E, et al. Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night [J]. *Sleep*, 1997, 20: 267-277.

[12] 刘宁,皇甫恩,王小英,刘旭峰,杨振中. 54小时睡眠剥夺对4名健康志愿者情绪的影响[J]. *中国心理卫生杂志*, 1998, 12: 196-197.

[13] SHORT M A, LOUCA M. Sleep deprivation leads to mood deficits in healthy adolescents [J]. *Sleep Med*, 2015, 16: 987-993.

[14] PATERSON J L, DORRIAN J, FERGUSON S A, JAY S M, LAMOND N, MURPHY P J, et al. Changes in structural aspects of mood during 39-66 h of sleep loss using matched controls [J]. *Appl Ergon*, 2011, 42: 196-201.

[15] SCHWARZ J F, POPP R, HAAS J, ZULLEY J, GEISLER P, ALPERS G W, et al. Shortened night sleep impairs facial responsiveness to emotional stimuli [J]. *Biol Psychol*, 2013, 93: 41-44.

[16] MINKEL J, HTAIK O, BANKS S, DINGES D. Emotional expressiveness in sleep-deprived healthy adults [J]. *Behav Sleep Med*, 2011, 9: 5-14.

[17] FRANZEN P L, BUYASSE D J, DAHL R E, THOMPSON W, SIEGLE G J. Sleep deprivation

- alters pupillary reactivity to emotional stimuli in healthy young adults[J]. *Biol Psychol*, 2009, 80: 300-305.
- [18] McGLINCHEY E L, TALBOT L S, CHANG K H, KAPLAN K A, DAHL R E, HARVEY A G. The effect of sleep deprivation on vocal expression of emotion in adolescents and adults[J]. *Sleep*, 2011, 34: 1233-1241.
- [19] FULLER B F, HORII Y, CONNER D A. Validity and reliability of nonverbal voice measures as indicators of stressor-provoked anxiety[J]. *Res Nurs Health*, 1992, 15: 379-389.
- [20] JUSLIN P N, SCHERER K R. Vocal expression of affect [M]//HARRIGAN J A, ROSENTHAL R, SCHERER K R. *The new handbook of methods in nonverbal behavior research*. New York: Oxford University Press, 2005: 65-135.
- [21] YOO S S, HU P T, GUJAR N, JOLESZ F A, WALKER M P. A deficit in the ability to form new human memories without sleep [J]. *Nat Neurosci*, 2007, 10: 385-392.
- [22] GUJAR N, YOO S S, HU P, WALKER M P. Sleep deprivation amplifies reactivity of brain reward networks, biasing the appraisal of positive emotional experiences[J]. *J Neurosci*, 2011, 31: 4466-4474.
- [23] VOLKOW N D, TOMASI D, WANG G J, TELANG F, FOWLER J S, WANG R L, et al. Hyperstimulation of striatal D2 receptors with sleep deprivation: implications for cognitive impairment[J]. *Neuroimage*, 2009, 45: 1232-1240.
- [24] VANDEKERCKHOVE M, CLUYDTS R. The emotional brain and sleep: an intimate relationship[J]. *Sleep Med Rev*, 2010, 14: 219-226.
- [25] LEVIN R, NIELSEN T. Nightmares, bad dreams, and emotion dysregulation: a review and new neurocognitive model of dreaming [J]. *Curr Dir Psychol*, 2009, 18: 84-88.
- [26] WALKER M P. The role of sleep in cognition and emotion[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2009, 1156: 168-197.
- [27] WALKER M P, VAN DER HELM E. Overnight therapy? The role of sleep in emotional brain processing[J]. *Psychol Bull*, 2009, 135: 731-748.
- [28] GUJAR N, MCDONALD S A, NISHIDA M, WALKER M P. A role for REM sleep in recalibrating the sensitivity of the human brain to specific emotions [J]. *Cerebral Cortex*, 2010, 21: 115-123.
- [29] LARA-CARRASCO J, NIELSEN T A, SOLOMONOVA E, LEVRIER K, POPOVA A. Overnight emotional adaptation to negative stimuli is altered by REM sleep deprivation and is correlated with intervening dream emotions[J]. *J Sleep Res*, 2009, 18: 178-187.
- [30] WAGNER U, FISCHER S, BORN J. Changes in emotional responses to aversive pictures across periods rich in slow-wave sleep versus rapid eye movement sleep[J]. *Psychosom Med*, 2002, 64: 627-634.
- [31] FILIPOVIC S R. *Psychophysiology: human behavior and physiological response* (4th ed.) [J]. *J Psychophysiology*, 2001, 15: 210-212.
- [32] GERMAIN A, BUYASSE D J, NOFZINGER E. Sleep-specific mechanisms underlying posttraumatic stress disorder: integrative review and neurobiological hypotheses[J]. *Sleep Med Rev*, 2008, 12: 185-195.
- [33] KILLGORE W D, KAHN-GREENE E T, LIPIZZI E L, NEWMAN R A, KAMIMORI G H, BALKIN T J. Sleep deprivation reduces perceived emotional intelligence and constructive thinking skills[J]. *Sleep Med*, 2008, 9: 517-526.
- [34] GUADAGNI V, BURLES F, FERRARA M, IARIA G. The effects of sleep deprivation on emotional empathy[J]. *J Sleep Res*, 2014, 23: 657-663.
- [35] VAN DER HELM E, GUJAR N, WALKER M P. Sleep deprivation impairs the accurate recognition of human emotions[J]. *Sleep*, 2010, 33: 335-342.
- [36] PALLESEN S, JOHNSEN B H, HANSEN A, EID J, THAYER J F, OLSEN T, et al. Sleep deprivation and hemispheric asymmetry for facial recognition reaction time and accuracy[J]. *Percept Mot Skills*, 2004, 98(3 Pt 2): 1305-1314.
- [37] SOFFER-DUDEK N, SADEH A, DAHL R E, ROSENBLAT-STEIN S. Poor sleep quality predicts deficient emotion information processing over time in early adolescence[J]. *Sleep*, 2011, 34: 1499-1508.
- [38] COTE K A, MONDLOCH C J, SERGEEVA V, TAYLOR M, SEMPLONIUS T. Impact of total sleep deprivation on behavioural neural processing of emotionally expressive faces[J]. *Exp Brain Res*, 2014, 232: 1429-1442.
- [39] TEMPESTA D, COUYOUMDJIAN A, CURCIO G, MORONI F, MARZANO C, DE GENNARO L, et al. Lack of sleep affects the evaluation of emotional stimuli [J]. *Brain Res Bull*, 2010, 82(1/2): 104-108.
- [40] ANDERSON C, PLATTEN C R. Sleep deprivation lowers inhibition and enhances impulsivity to negative stimuli[J]. *Behav Brain Res*, 2011, 217: 463-466.
- [41] ZOHAR D, TZISCHINSKI O, EPSTEIN R. Effects of energy availability on immediate and delayed emotional reactions to work events [J]. *J Appl Psychol*, 2003, 88: 1082-1093.
- [42] ZOHAR D, TZISCHINSKY O, EPSTEIN R, LAVIE P. The effects of sleep loss on medical residents' emotional reactions to work events: a cognitive-energy model[J]. *Sleep*, 2005, 28: 47-54.