

高原环境对睡眠剥夺大鼠行为学及海马 CA1 区超微结构的影响

司江华 彭小兰 杨金升 严雯 谢守嫔 赵静

【摘要】 目的 探讨高原环境对睡眠剥夺大鼠学习记忆能力和海马 CA1 区超微结构的影响。**方法** 采用小平台水环境法建立大鼠睡眠剥夺模型,并随机分为兰州组(海拔 1520 m)和可可西里组(海拔 4767 m);Morris 水迷宫实验评价不同高原环境对大鼠空间分辨学习能力的影响,透射电子显微镜观察其海马 CA1 区超微结构变化。**结果** 与兰州组相比,可可西里组大鼠随着睡眠剥夺时间的延长,呈现兴奋-激惹-抑制变化,但程度逐渐减弱且低头思睡时间明显增多;超微结构观察海马 CA1 区神经元胞体明显肿胀,核膜消失,胞核缩小,细胞器数目减少,微血管周围胶质足板肿胀、破裂,典型突触结构消失。睡眠剥夺第 1,3 和 5 天,可可西里组大鼠逃避潜伏期延长(均 $P < 0.05$)、游泳路程增加(均 $P < 0.05$),而穿越平台次数减少(均 $P < 0.05$)。**结论** 高原环境可使睡眠剥夺大鼠学习记忆能力进一步降低,其机制可能与海马 CA1 区超微结构变化有关。

【关键词】 高海拔; 睡眠剥夺; 记忆障碍; 迷宫学习; 海马; 突触; 显微镜检查,电子,透射; 疾病模型,动物

Effects of high-altitude environment on cognitive function and ultrastructure in CA1 region of hippocampus of rats after sleep deprivation

SI Jiang-hua¹, PENG Xiao-lan¹, YANG Jin-sheng², YAN Wen¹, XIE Shou-pin¹, ZHAO Jing¹

¹Department of Neurology, the First People's Hospital of Lanzhou City, Lanzhou 730050, Gansu, China

²Department of Neurology, Lanzhou General Hospital of Lanzhou Military Command, Lanzhou 730070, Gansu, China

Corresponding author: PENG Xiao-lan (Email: pxl39331@163.com)

【Abstract】 Objective To investigate the effects of high-altitude environment on cognitive function and ultrastructure in CA1 region of the hippocampus of Wistar rats in sleep deprivation (SD). **Methods** SD was induced in Wistar rats by employing "flower pot" technique. Sixty-four rats were randomly divided into 2 groups: Lanzhou group (at an altitude of 1520 m) and Kekexili group (at an altitude of 4767 m), and each group was further divided into 4 subgroups according to the time of SD (0, 1, 3 and 5 d). The behaviors of rats were studied by Morris water maze test at given time points. The ultrastructure of hippocampal neurons was observed by transmission electron microscope (TEM). **Results** 1) Compared with Lanzhou group, rat behavior of Kekexili group presented excitement-irritation-suppression changes with the extension of SD time, but the extent was weakened gradually, and time of sleepiness increased obviously. 2) Compared with Lanzhou group, neurons in CA1 region of hippocampus showed enlarged cell body, disappeared nuclear membrane, shrunken nuclei and decreased organelle. End-feet of glia cells sticking to capillaries swelled and ruptured, and the typical synaptic structure disappeared. 3) Morris water maze test: as compared with Lanzhou group, the escape latency of Kekexili group prolonged ($P < 0.05$, for all), the ability of distance exploration increased ($P < 0.05$, for all), and the times across plot decreased ($P < 0.05$, for all) in 1, 3 and 5 d of SD. **Conclusions** High-altitude environment may significantly influence the cognitive function of rats in SD, and there was close correlation between the cognitive disorders and the changes in the ultrastructure of hippocampal CA1 region.

【Key words】 Altitude; Sleep deprivation; Memory disorders; Maze learning; Hippocampus; Synapses; Microscopy, electron, transmission; Disease models, animal

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2014.04.012

作者单位:730050 甘肃省兰州市第一人民医院神经内科(司江华,彭小兰,严雯,谢守嫔,赵静);730070 兰州军区兰州总医院神经内科(杨金升)

通讯作者:彭小兰(Email:pxl39331@163.com)

睡眠是生命的本能,具有促进生长发育、易化学习、形成记忆等重要功能。睡眠剥夺(SD)可以引起认知功能、情绪、行为,以及免疫功能等一系列改变^[1-2]。高原环境的特殊性使首次进入高原者极易发生完全性睡眠剥夺或睡眠不足,此时,高原环境和睡眠剥夺的双重作用可对心理和生理产生更严重的损害。海马参与应激触发的认知行为反应,是调控心理和生理反应的关键部位^[3-5]。在本项研究中,我们首次于海拔 4767 m 高原实地进行大鼠睡眠剥夺实验,以观察高原环境下睡眠剥夺对学习记忆能力的影响,并通过透射电子显微镜研究大鼠海马 CA1 区超微结构变化,以期探讨在高原环境和睡眠剥夺的特殊背景下,大脑学习记忆能力变化及其与海马结构之间的关系。

材料与方法

一、实验材料

1. 实验动物 清洁级健康 Wistar 大鼠 64 只,由甘肃中医学院科研实验中心提供[合格号:SCXK(甘)2004-2006],雌雄各半,体重 200~220 g。实验前室内饲养环境通风良好,温度 20~25℃、湿度 45%~55%,光照周期为 12 h 日间-12 h 夜间,自由摄食、饮水,每只大鼠单笼饲养。

2. 实验仪器 睡眠剥夺箱参照文献[6]方法自行制备。2 型 Morris 水迷宫购自北京硕林苑科技有限公司。JEM-1230 型透射电子显微镜由日本电子株式会社提供。

二、实验方法

1. 动物分组及处理 采用成组设计的随机方法将 64 只大鼠随机分为可可西里组(青海大学可可西里高原医学研究基地,海拔 4767 m)和兰州组(兰州,海拔 1520 m),然后根据睡眠剥夺时间再将两组大鼠分为正常睡眠组、睡眠剥夺 1 d 组、睡眠剥夺 3 d 组、睡眠剥夺 5 d 组 4 个亚组,每组各 8 只大鼠。所有大鼠进入实验环境后均于次日上午 8 时开始计时,除正常睡眠组外,其余大鼠同时进入睡眠剥夺箱,睡眠剥夺 1、3 和 5 d 组大鼠均于实验结束即刻进行 Morris 水迷宫实验。

2. 睡眠剥夺模型制备 采用小平台水环境法(flower pot)制备大鼠睡眠剥夺模型。参照文献[6]方法,制作大小为 30 cm×30 cm×30 cm 鼠箱,中央放置直径 6.50 cm、高 8 cm 平台。睡眠剥夺箱内注水,使水面低于平台 2 cm,水温维持在约 20℃;大鼠

可在平台上自由摄食、饮水,进入快速眼动睡眠期(REM)时,因骨骼肌松弛掉入水中而惊醒,形成睡眠剥夺。

3. 行为学观察 不同处理组大鼠在正常睡眠或睡眠剥夺后,以及进行 Morris 水迷宫实验前均进行行为学观察,观察项目包括一般状态,毛发,低头时间,对声、光、触觉刺激反应等项内容。

4. Morris 水迷宫实验 (1) Morris 水迷宫组成:包括直径 150 cm、高 60 cm 的圆形不锈钢水池,内壁黑色,内置直径 15 cm、高 25 cm 的透明有机玻璃平台和 Morris 水迷宫系统。实验时平台隐藏于水面之下 2 cm,水温维持在(22.00±0.50)℃;池壁标注的东、南、西、北入水点将水池划分为 4 个象限,在任一象限中间放置平台,平台隐藏于水面下 2 cm。水池四周围上窗帘,尽量消除外界影响,池壁水面上贴有不同颜色、不同形状纸片。实验过程中保持环境安静。(2)行为学实验:分为定位航行实验(PNT)和空间探索实验(SPT)两部分。①定位航行实验。模型制备前 3 d 行实验前水迷宫训练,第 1~3 天 8:00~11:00 对每只大鼠进行训练,不选择有机玻璃平台所在象限作为入水点,按顺时针方向将大鼠面向池壁放入水中,测定大鼠逃避潜伏期。如果大鼠在规定的最长时间(120 s)内未到达平台,则由实验者将其引至平台,逃避潜伏期为 120 s,大鼠在平台上休息 20 s 后进行下一次实验。观察并记录大鼠寻找到并爬上平台的逃避潜伏期、游泳路程和游泳轨迹。训练 3 d 后所有大鼠按组别放入睡眠剥夺箱,至睡眠剥夺时间点进行最后一次定位航行实验。②空间探索实验。不同处理组大鼠最后一次定位航行实验后撤掉平台,将大鼠从最后一次入水点面向池壁放入水中,使其在 Morris 水迷宫中连续游泳,并记录 120 s 内穿越原平台平面的次数。

5. 海马超微结构观察 不同处理组大鼠于最后一次 Morris 水迷宫实验完成后,以质量分数为 3% 的戊二醛溶液灌注固定,断头处死,快速切取海马组织、固定液中固定,再以质量分数为 1% 的四氧化锇溶液后固定,常规 Epon812 包埋,经半薄组织切片定位后制备 60 nm 超薄组织切片, JEM-1230 型透射电子显微镜下观察海马超微结构变化。

三、统计分析方法

采用 SPSS 16.0 统计软件进行数据处理与分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多个样本均数的比较采用单因素方差分析,两两比较行

LSD-*t* 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

一、行为学变化

兰州组正常睡眠大鼠 Morris 水迷宫实验后无异常变化。睡眠剥夺大鼠早期表现为兴奋性增加,轻度易激惹,轻微声、光刺激即出现惊恐状态;睡眠剥夺 3 d 后,大鼠于安静状态下低头思睡,声、光刺激后极度易激惹,头面部肌肉轻微抽动并伴须动、全身竖毛,不时跌落水中,并出现乱咬等攻击行为;睡眠剥夺 5 d 时,大鼠转为抑制状态,蜷缩在平台上低头思睡,刺激后出现激惹状态但程度较前明显减弱。随着睡眠剥夺时间的延长,可可西里组大鼠行为学变化规律与兰州组基本一致,但程度减弱,低头思睡时间明显增加。

二、海马神经元形态及超微结构变化

1. 海马神经元形态变化 兰州组正常睡眠大鼠海马 CA1 区神经元呈梭形紧密排列,细胞轮廓清晰,胞质透明。与兰州组相比,可可西里组大鼠不同观察时间点海马 CA1 区神经元数目明显减少,排列紊乱,细胞轮廓模糊,胞质内可见大量空泡。

2. 海马神经元超微结构变化 (1) 正常睡眠兰州组:正常睡眠大鼠海马 CA1 区神经元核膜、胞膜完整,核仁明显,染色质均匀、无聚集,细胞器丰富,线粒体无肿胀,血-脑脊液屏障结构清晰,突触结构完整(图 1)。(2) 可可西里组:随着睡眠剥夺时间的延长,大鼠海马 CA1 区神经元超微结构损伤渐趋严重。睡眠剥夺 1 d 时,神经元结构基本正常,但细胞器数目相对减少,尤以粗面内质网减少为主,部分胞质内有空泡形成。睡眠剥夺 3 d 时,神经元胞体肿胀,胞质密度降低,核膜模糊不清,核周隙增宽,核质肿胀;细胞器数目明显减少,线粒体肿胀呈球形、嵴模糊,粗面内质网扩张,表面核糖体脱落;神经胶质细胞肿胀严重,线粒体减少、嵴断裂,部分呈空泡状;突触数目减少,突触间隙增宽,突触囊泡减少,突触后致密物质变薄。睡眠剥夺 5 d 时,神经元胞体明显肿胀,核膜消失,胞核缩小、出现“核袋”,染色质在核膜周围明显浓缩、聚集,呈“半月”形,甚者胞核结构完全消失;细胞器数目进一步减少、肿胀加剧;周围髓鞘变性,神经胶质细胞增生,微血管周围胶质足板肿胀、破裂,微血管腔受压变形;突触间隙消失,线粒体嵴融合消失,突触囊泡极少,典型

突触结构消失(图 2)。(3) 睡眠剥夺兰州组:随着睡眠剥夺时间的延长,大鼠海马 CA1 区超微结构变化规律与可可西里组基本一致,睡眠剥夺 1 d 时大鼠神经元结构无明显变化,3 d 时海马损伤程度较轻,以 5 d 时海马损伤程度最严重(图 3)。

三、Morris 水迷宫定位航行实验和空间探索实验结果评价

不同处理组大鼠睡眠剥夺后 Morris 水迷宫实验逃避潜伏期延长、游泳路程增加(均 $P < 0.05$; 表 1, 2),但穿越平台次数并未减少($P > 0.05$, 表 3)。与兰州组相比,可可西里组大鼠逃避潜伏期延长、游泳路程增加(均 $P < 0.05$; 表 1, 2),组间差异随着睡眠剥夺时间的延长而逐渐增加,尤以睡眠剥夺 5 d 时逃避潜伏期($P = 0.026$)和游泳路程($P = 0.008$)差异最具统计学意义;而大鼠穿越平台次数减少($P < 0.05$, 表 3)。

讨 论

在高原环境和睡眠剥夺双重作用下,大鼠可出现明显的行为学改变。随着睡眠剥夺时间的延长,兰州组和可可西里组大鼠均呈现兴奋-激惹-抑制的变化过程。表明短时间睡眠剥夺可使机体兴奋性增加,可能与代偿机制有关;而随着睡眠剥夺时间的延长,这种代偿机制被打破,大鼠逐渐呈现抑制状态。与兰州组相比,可可西里组大鼠变化程度减弱,提示高原环境,尤其是缺氧可使机体处于明显的抑制状态。

本研究结果显示,在高原环境和睡眠剥夺的双重应激条件下,大鼠学习记忆能力明显下降,表现为 Morris 水迷宫实验逃避潜伏期延长、游泳路程增加、穿越平台次数减少,而且这种损害随高原环境暴露和睡眠剥夺时间的延长而逐渐加重。Morris 水迷宫定位航行实验主要评价大鼠空间分辨学习能力,而空间探索实验主要评价大鼠记忆保持能力和工作记忆,表明高原环境对睡眠剥夺大鼠空间参考记忆和工作记忆均有明显损害。高原环境和睡眠剥夺均可损害大鼠学习记忆能力,但这两项因素之间是简单的叠加还是相互协同或抑制关系,尚待进一步研究。

海马是大脑边缘系统的组成部分,具有参与调节行为反应、内脏活动和生物节律等功能。其中,海马 CA1 区是缺氧易感区,CA3 区为缺氧抵抗区。

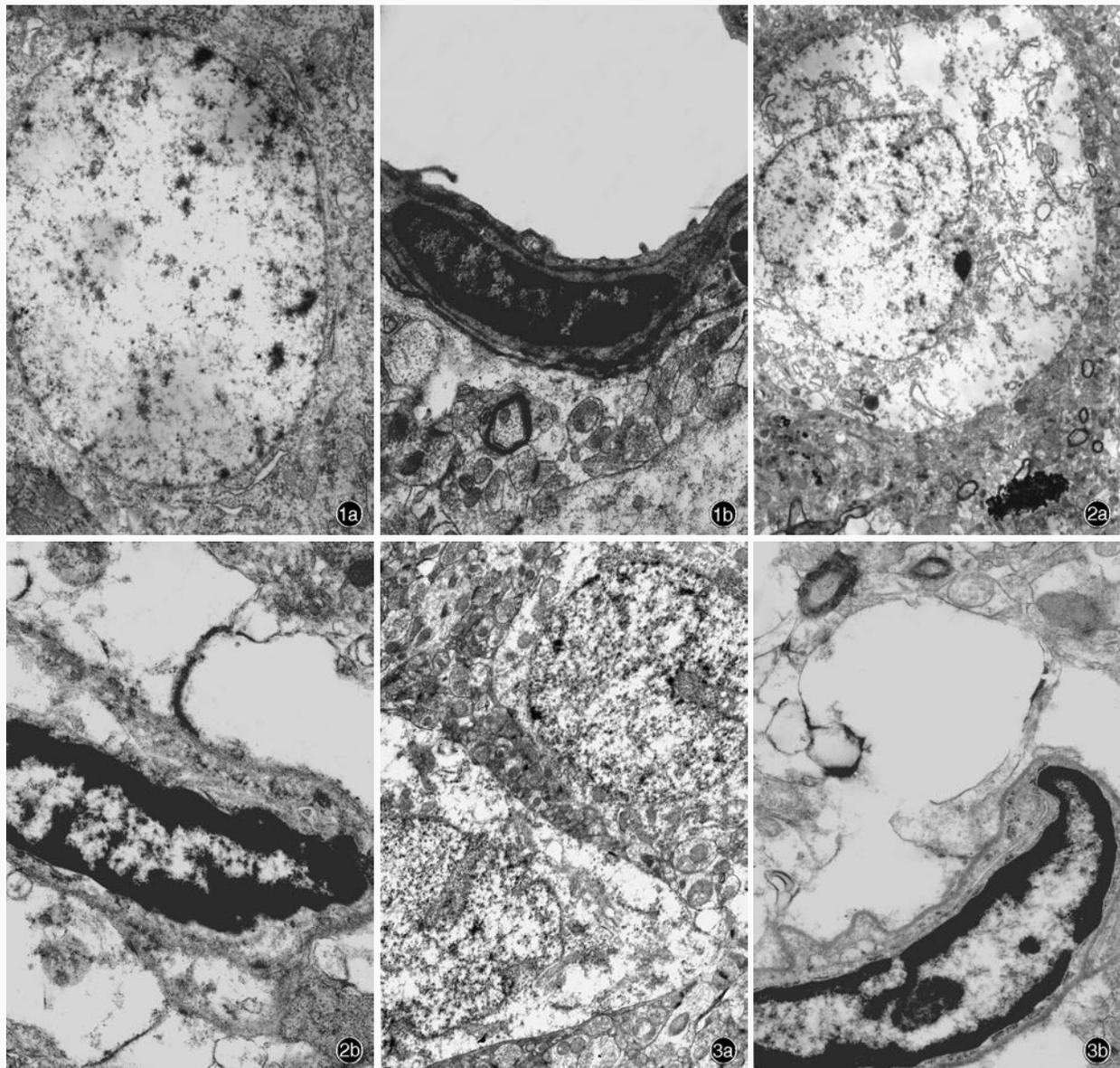


图 1 兰州组正常睡眠大鼠海马 CA1 区神经元透射电子显微镜观察所见 醋酸铅染色 1a 核膜、胞膜完整,核仁明显,染色质均匀、无聚集,细胞器丰富,线粒体无肿胀 $\times 5000$ 1b 突触结构完整、间隙正常、囊泡数目正常 $\times 12000$ **图 2** 可可西里睡眠剥夺 5 d 组大鼠海马 CA1 区神经元透射电子显微镜观察所见 醋酸铅染色 2a 胞体明显肿胀,核膜消失,核核缩小,出现“核袋”,染色质在核膜周围明显浓缩、聚集,呈“半月”形 $\times 5000$ 2b 突触间隙消失,线粒体嵴融合消失,突触囊泡极少,典型突触结构消失 $\times 12000$ **图 3** 兰州睡眠剥夺 5 d 组大鼠海马 CA1 区神经元透射电子显微镜观察所见 醋酸铅染色 3a 细胞器数目相对减少,尤以粗面内质网减少明显,部分胞质内可见空泡形成 $\times 5000$ 3b 胞体肿胀,胞质密度降低,核膜模糊不清,核周间隙增宽,核质肿胀;细胞器数目明显减少,线粒体肿胀呈球形、嵴模糊,粗面内质网扩张,表面核糖体脱落;神经胶质细胞肿胀严重,线粒体减少、嵴断裂,部分呈空泡状 $\times 12000$

Figure 1 Transmission electron microscope (TEM) findings of neurons in hippocampal CA1 region of Lanzhou normal sleep group. Lead acetate staining The nuclear membrane and cytomembrane were all intact. Nucleoli were distinct. Nuclear chromatin was homogenous without aggregation. There were abundant organelles without swelling mitochondria $\times 5000$ (Panel 1a). The synaptic structure was intact with normal spatium. The vesicle number was normal $\times 12000$ (Panel 1b). **Figure 2** TEM findings of neurons in hippocampal CA1 region of Kekexili SD 5 d group. Lead acetate staining The cyton was obviously swelling. Nuclear membrane disappeared and nuclei were shrunken. "Nuclear bag" appeared. The chromatin around nuclear membrane was obviously concentrated and aggregated appearing as semilunar in shape $\times 5000$ (Panel 2a). Synaptic cleft and mitochondrial crista fusion were not seen, and synaptic vesicle was few. Typical synaptic structure disappeared $\times 12000$ (Panel 2b). **Figure 3** TEM findings of neurons in hippocampal CA1 region of Lanzhou SD 5 d group. Lead acetate staining The number of organelles was relatively decreased, especially the rough surfaced endoplasmic reticulum significantly reduced. Vacuolation was seen in part of the cytoplasm $\times 5000$ (Panel 3a). Neuron swelling could be seen. Cytoplasm density decreased. The nuclear membrane was blurred and the karyoplasm was swelling. Perinuclear space was widened. Organelles decreased significantly. Mitochondria was spherically swelling, and the crista was indistinct. Rough surfaced endoplasmic reticulum was extended, and surface ribosome exfoliated. Serious neuroglial cell swelling with mitochondrian reduction and crista fragmentation was seen. Some cells presented as vacuole $\times 12000$ (Panel 3b).

表 1 不同处理组大鼠各观察时间点 Morris 水迷宫实验逃避潜伏期的比较($\bar{x} \pm s, s$)

Table 1. Comparison of escape latency by Morris water maze test at each observation time among different groups ($\bar{x} \pm s, s$)

Group	N	Normal sleep	SD			F value	P value
			1 d	3 d	5 d		
Lanzhou	8	16.67 ± 1.50	24.18 ± 5.17	34.19 ± 4.72	41.43 ± 6.78	39.045	0.002
Kekexili	8	20.05 ± 2.58	31.38 ± 5.33	40.59 ± 4.46	49.69 ± 7.93	43.712	0.003
t value		2.834	2.742	2.791	2.248		
P value		0.041	0.032	0.035	0.026		

SD, sleep deprivation, 睡眠剥夺。The same as Table 2-3

表 2 不同处理组大鼠各观察时间点 Morris 水迷宫实验游泳路程的比较($\bar{x} \pm s, m$)

Table 2. Comparison of ability of distance exploration by Morris water maze test at each observation time among different groups ($\bar{x} \pm s, m$)

Group	N	Normal sleep	SD			F value	P value
			1 d	3 d	5 d		
Lanzhou	8	4.78 ± 0.78	5.88 ± 0.61	7.62 ± 0.83	8.91 ± 0.52	55.372	0.001
Kekexili	8	5.72 ± 0.82	6.67 ± 0.59	8.73 ± 0.81	10.20 ± 0.82	55.207	0.001
t value		2.352	2.594	2.733	3.729		
P value		0.031	0.037	0.024	0.008		

表 3 不同处理组大鼠各观察时间点 Morris 水迷宫实验穿越平台次数的比较($\bar{x} \pm s, 次$)

Table 3. Comparison of times across plot by Morris water maze test at each observation time among different groups ($\bar{x} \pm s, time$)

Group	N	Normal sleep	SD			F value	P value
			1 d	3 d	5 d		
Lanzhou	8	6.00 ± 1.20	5.63 ± 1.06	5.50 ± 1.20	5.38 ± 1.06	0.457	0.216
Kekexili	8	4.13 ± 1.46	3.88 ± 0.99	3.75 ± 1.04	3.63 ± 1.06	0.275	0.258
t value		2.811	3.414	3.135	3.308		
P value		0.027	0.020	0.028	0.009		

在本研究中,透射电子显微镜观察显示,不同处理组大鼠随着睡眠剥夺时间的延长,逐渐出现海马 CA1 区神经元胞体肿胀,“核袋”形成,染色质浓缩、聚集,呈“半月”形,线粒体肿胀、嵴断裂,微血管周围肿胀、破裂、变形,突触间隙消失,突触囊泡显著减少,典型突触结构消失,血-脑脊液屏障结构不明显。与兰州组相比,可可西里组大鼠海马 CA1 区超微结构改变更严重、肿胀更明显。以往研究显示,脑组织缺氧后神经元死亡的形式是坏死,近年有文献报道,无论成年或新生大鼠,脑组织缺氧后神经元均存在凋亡改变^[7-8],二者较为一致的观点是严重缺氧可以导致细胞坏死,而轻微缺氧则可通过细胞凋亡引起神经元迟发性死亡^[7]。本研究结果显示,随着高原环境暴露和睡眠剥夺时间延长,大鼠海马 CA1 区神经元超微结构亦呈现正常-凋亡-坏死的变

化过程,与文献报道相一致^[8]。

突触是神经元间信息传递的特殊结构,突触前膜含大量突触囊泡,与神经递质的释放密切相关^[7];突触后膜主要为突触后致密物质,含微管蛋白、肌动蛋白、神经微丝蛋白、各种酶和兴奋性谷氨酸受体等^[9]。突触后致密物质厚度变化是突触功能改变的重要形态学基础,突触间隙内含有大量分解神经递质的降解酶,突触间隙越宽,神经递质传递所需时间越长,在传导过程中被降解的越多,从而导致神经传导和学习记忆能力下降。在高原环境和睡眠剥夺的双重作用下,海马 CA1 区神经元线粒体减少、肿胀,嵴断裂,能量代谢障碍,脑组织无氧酵解增加,组织中乳酸堆积,能量产生急剧减少,最终可因能量衰竭而出现一系列组织形态学损害表现,使学习记忆能力进一步下降,并导致神经元死亡的

“瀑布”样级联反应。有研究显示,海马 CA1 区损害患者存在严重的记忆力缺陷^[10],表明该区与人类记忆功能关系密切。

高原环境影响学习记忆能力的机制十分复杂,多方面、多系统参与其病理生理过程,对其进一步研究有助于深入阐明高原适应不全和急性高原疾病的分子机制。

参 考 文 献

- [1] Wang XY, Wang X, Huang CQ, Guo ZY, Qian YF, Yang Y, Tan M, Tan X, Tu QY, Wang L. Effects of sleep deprivation on the intelligence structure of school-age children in Changsha, China. *Zhongguo Dang Dai Er Ke Za Zhi*, 2013, 15:866-869.
- [2] Noguti J, Alvarenga TA, Andersen ML, Tufik S, Oshima CT, Ribeiro DA. The influence of sleep deprivation on expression of apoptosis regulatory proteins p53, bcl-2 and bax following rat tongue carcinogenesis induced by 4-nitroquinoline 1-oxide. *Dent Res J (Isfahan)*, 2013, 10:247-253.
- [3] Brunson KL, Chen Y, Avishai-Eliner S, Baram TZ. Stress and the developing hippocampus: a double-edged sword? *Mol Neurobiol*, 2003, 27:121-136.
- [4] Zhao ZX, Zhang HJ. Pay attention to study of the mechanism of

cognitive dysfunction caused by sleep deprivation using functional brain imaging techniques. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2013, 13:359-362. [赵忠新, 张红菊. 重视睡眠剥夺导致认知功能障碍机制的脑功能成像研究. *中国现代神经疾病杂志*, 2013, 13:359-362.]

- [5] Fan SY, Li ZF, Sun BB, Yang WX. A functional MRI study of the influence of sleep deprivation on digital memory in human brain. *Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2013, 13:405-410. [樊双义, 李志方, 孙彬彬, 杨维晰. 睡眠剥夺影响数字记忆的功能磁共振成像研究. *中国现代神经疾病杂志*, 2013, 13:405-410.]
- [6] Youngblood BD, Zhou J, Smagin GN, Ryan DH, Harris RB. Sleep deprivation by the "flower pot" technique and spatial reference memory. *Physiol Behav*, 1997, 61:249-256.
- [7] Edwards AD, Yue X, Cox P, Hope PL, Azzopardi DV, Squier MV, Mehmet H. Apoptosis in the brains of infants suffering intrauterine cerebral injury. *Pediatr Res*, 1997, 42:684-689.
- [8] Han SF, Ge RL. Neuroglobin and neuroprotection mechanisms under hypoxia. *Sheng Li Ke Xue Jin Zhan*, 2008, 39:145-147.
- [9] Triller A, Choquet D. Synaptic structure and diffusion dynamics of synaptic receptors. *Biol Cell*, 2003, 95:465-476.
- [10] Lehotský J, Burda J, Danielisová V, Gottlieb M, Kaplán P, Saniová B. Ischemic tolerance: the mechanisms of neuroprotective strategy. *Anat Rec (Hoboken)*, 2009, 292:2002-2012.

(收稿日期:2014-01-03)

· 小 词 典 ·

中英文对照名词词汇(七)

人类白细胞抗原 human leukocyte antigen(HLA)
 人类免疫缺陷病毒 human immunodeficiency virus(HIV)
 人类疱疹病毒 human herpes virus(HHV)
 人脐带间充质干细胞
 human umbilical cord-derived mesenchymal stem cells
 (hUC-MSCs)
 人乳头状瘤病毒 human papillomavirus(HPV)
 朊蛋白 prion protein(PrP)
 朊蛋白病 prion disease(PrD)
 上皮膜抗原 epithelial membrane antigen(EMA)
 神经干细胞 neural stem cells(NSCs)
 神经炎性斑 neuritic plaques(NPs)
 [老年斑 senile plaques(SPs)]
 神经原纤维缠结 neurofibrillary tangles(NFTs)
 生活满意度调查问卷 Life Satisfaction Questionnaire(LSQ)
 生活质量 quality of life(QoL)
 生长相关蛋白-43 growth-associated protein 43(GAP-43)
 视觉模拟评分 Visual Analogue Scale(VAS)
 视野 field of view(FOV)
 Epworth嗜睡量表 Epworth Sleepiness Scale(ESS)
 受控词语联想测验
 Controlled Oral Word Association Test (COWAT)
 睡眠剥夺 sleep deprivation(SD)

睡眠呼吸暂停综合征
 sleep apnea hypopnea syndrome(SAHS)
 糖尿病周围神经病变 diabetic peripheral neuropathy(DPN)
 梯度回波序列 gradient echo sequence(GRE)
 2条目广泛性焦虑量表
 The 2-Item Generalized Anxiety Disorder Scale(GAD-2)
 7条目广泛性焦虑量表
 The 7-Item Generalized Anxiety Disorder Scale(GAD-7)
 同步听觉系列加法测验
 Paced Auditory Serial Addition(PASAT)
 统一帕金森病评价量表
 Unified Parkinson's Disease Rating Scale(UPDRS)
 透射电子显微镜 transmission electron microscope(TEM)
 α -突触核蛋白 α -synuclein(α -Syn)
 突触后致密物95 post synaptic density 95(PSD95)
 突触体相关蛋白-25
 synaptosomal-associated protein 25(SNAP-25)
 韦氏成人智力量表
 Wechsler Adult Intelligence Scale(WAIS)
 韦氏成人智力量表修订版
 Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised(WAIS-R)
 韦氏记忆量表 Wechsler Memory Scale(WMS)
 稳态构成干扰
 constructive interference in the steady state(CISS)