

# 高海拔缺氧环境对青少年游泳运动员“学训融合”神经可塑性的生物学机制研究

蔡睿<sup>1</sup> 彭义<sup>2\*</sup>

1. 曲靖师范学院, 云南 曲靖 655000

2. 北京体育大学, 北京 100084

**[摘要]** “学训融合”是当前青少年体育人才培养的重要理念,旨在实现竞技成绩与学业发展的协同进步。在这一背景下,如何通过科学训练手段促进运动员大脑功能,尤其是认知能力的提升,成为了研究热点。高海拔缺氧环境训练(HAPE)作为一种成熟的运动生理学干预手段,已被广泛应用于提高运动员的竞技表现。然而,HAPE对青少年游泳运动员“学训融合”中神经可塑性的具体生物学机制,以及其在认知功能、学习效率方面的潜在影响,目前研究尚不充分。本研究旨在探讨高海拔缺氧环境对青少年游泳运动员脑源性神经营养因子(BDNF)、血管内皮生长因子(VEGF)等关键神经可塑性分子表达的影响,并结合认知功能测试(如工作记忆、执行功能)和学业表现评估,阐明HAPE促进“学训融合”的生物学通路。研究拟采用一项准实验设计,选取经过严格筛选的青少年游泳运动员作为研究对象,分为缺氧训练组和常氧对照组。缺氧训练组将在模拟高海拔缺氧环境下进行为期四周的周期性训练,而对照组则在常氧环境下进行相同强度的训练。在训练前后,将采集受试者的外周血样本,利用ELISA等方法检测血清中BDNF、VEGF等生物标志物的水平变化。同时,通过标准的神经心理学量表对运动员的工作记忆、反应时、注意力和执行功能进行评估。结合运动员的学业成绩数据,运用多因素方差分析和相关性分析,探究缺氧训练与神经可塑性分子、认知功能及学业表现之间的潜在关联。初步研究结果显示,高海拔缺氧训练能显著提高青少年游泳运动员血清中BDNF和VEGF的水平,提示大脑内部神经发生和血管生成的增强。这些分子水平的升高与认知功能测试中工作记忆、执行功能等表现的改善呈正相关。缺氧诱导的生理应激(如低氧诱导因子-1 $\alpha$ (HIF-1 $\alpha$ )的激活)在BDNF和VEGF的上调中扮演核心角色,进而促进突触可塑性、神经元存活和血管重塑,为“学训融合”提供坚实的神经生物学基础。此外,问卷调查和访谈结果表明,缺氧训练期间运动员的学习效率、专注力及情绪状态均有积极改善,进一步印证了HAPE对“学训融合”的综合促进作用。本研究的创新之处在于将HAPE与青少年运动员的“学训融合”理念相结合,从神经生物学层面深入剖析其作用机制,为优化青少年运动员训练方案、提升其综合素质提供理论依据和实践指导。研究结果不仅有助于运动员自身发展,也为体育教育领域的跨学科研究提供了新的视角。尽管本研究受限于样本量和长期效应的追踪,但其对未来更深入的研究具有重要的启发意义。

**[关键词]** 高海拔缺氧环境; 青少年游泳运动员; 学训融合; 神经可塑性; BDNF; VEGF

DOI: 10.33142/jscs.v6i1.18522

中图分类号: R87

文献标识码: A

## Study on the Biological Mechanism of Neural Plasticity of Adolescent Swimmers' "Learning Training Integration" in High-altitude Hypoxic Environment

CAI Rui<sup>1</sup>, PENG Yi<sup>2\*</sup>

1. QuJing Normal University, Qujing, Yunnan, 655000, China

2. Beijing Sport University, Beijing, 100084, China

**Abstract:** "Integration of learning and training" is an important concept in the current cultivation of young sports talents, aiming to achieve coordinated progress between competitive performance and academic development. In this context, how to promote the improvement of athletes' brain function, especially cognitive ability, through scientific training methods has become a research hotspot. High altitude hypoxic environment training (HAPE), as a mature intervention in sports physiology, has been widely used to improve athletes' competitive performance. However, the specific biological mechanisms of neural plasticity in the "learning training integration" of HAPE on adolescent swimmers, as well as its potential impact on cognitive function and learning efficiency, are currently not fully studied. The aim of this study is to investigate the effects of high-altitude hypoxic environment on the expression of key neuroplasticity molecules such as brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and vascular endothelial growth factor (VEGF) in adolescent swimmers. Combined with cognitive function tests (such as working memory and executive function) and academic performance evaluation, the biological pathway of HAPE promoting "learning training integration" is elucidated. The study intends to adopt a quasi experimental design, selecting rigorously screened adolescent swimmers as the research subjects, divided into a hypoxic training group and a normoxic control group. The hypoxic training group will undergo a four week cyclic training in a simulated high-altitude hypoxic environment, while the control group will receive the same intensity of training in a normoxic environment. Before and after training, peripheral blood samples will be collected from the subjects, and ELISA and other methods will be used to

detect changes in the levels of biomarkers such as BDNF and VEGF in the serum. Meanwhile, the working memory, reaction time, attention, and executive function of athletes were evaluated using standard neuropsychological scales. Based on the academic performance data of athletes, multiple factor analysis of variance and correlation analysis are used to explore the potential association between hypoxic training and neuroplasticity molecules, cognitive function, and academic performance. Preliminary research results show that high-altitude hypoxic training can significantly increase the levels of BDNF and VEGF in the serum of adolescent swimmers, indicating enhanced neurogenesis and angiogenesis within the brain. The elevation of these molecular levels is positively correlated with improvements in cognitive function tests such as working memory and executive function. The physiological stress induced by hypoxia, such as the activation of hypoxia inducible factor -1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ), plays a central role in the upregulation of BDNF and VEGF, thereby promoting synaptic plasticity, neuronal survival, and vascular remodeling, providing a solid neurobiological basis for the integration of learning and training. In addition, the results of questionnaire surveys and interviews indicate that athletes' learning efficiency, focus, and emotional state have all improved positively during hypoxic training, further confirming the comprehensive promoting effect of HAPE on the integration of learning and training. The innovation of this study lies in combining HAPE with the concept of "learning and training integration" for young athletes, and deeply analyzing its mechanism of action from a neurobiological perspective, providing theoretical basis and practical guidance for optimizing training programs and improving the comprehensive quality of young athletes. The innovation of this study lies in combining HAPE with the concept of "learning and training integration" for young athletes, and deeply analyzing its mechanism of action from a neurobiological perspective, providing theoretical basis and practical guidance for optimizing training programs and improving the comprehensive quality of young athletes. The research results not only contribute to the development of athletes themselves, but also provide a new perspective for interdisciplinary research in the field of physical education. Although this study is limited by sample size and tracking of long-term effects, it has important implications for future in-depth research.

**Keywords:** high altitude hypoxic environment; teenage swimmers; integration of learning and training; neuroplasticity; BDNF; VEGF

## 引言

随着社会对青少年全面发展的诉求升级,传统单一竞技体育培养模式的局限性日益凸显,“学训融合”理念应运而生。该理念强调文化学习与专业训练的有机统一,核心目标是培育德智体美劳全面发展的复合型体育人才。青少年运动员正处于生理、心理及认知功能快速发展的关键期,在高强度训练与学业压力的双重负荷下,如何维持并提升学习效率与认知功能,成为“学训融合”实践中的核心挑战。长期专业训练易导致学习时间压缩、精力分散,甚至可能影响大脑正常功能,阻碍学业进步,因此探寻可同步优化运动表现与认知功能的科学干预手段,对推进“学训融合”具有重要现实意义。

高海拔缺氧训练(High Altitude Hypoxic Environment training, HAPE)是利用低氧环境诱导机体生理适应,进而提升运动员竞技能力的成熟方法。其核心机制通过缺氧刺激促进红细胞生成素(EPO)分泌、血红蛋白含量提升、线粒体功能改善等,优化氧运输与利用效率,最终增强耐力表现,已广泛应用于中长跑、游泳、自行车等耐力项目,显著提升运动员最大摄氧量( $VO_{2max}$ )与比赛成绩。“住高训低”“住高训高”等经典模式及模拟高海拔缺氧舱的普及,进一步拓展了HAPE的应用场景与灵活性。

除运动生理层面的积极效应外,适度缺氧刺激对大脑功能的调控作用逐渐受到关注,尤其在神经可塑性领域展现出潜在价值。神经可塑性作为学习与记忆的神经基础,指大脑在环境刺激下的结构与功能适应性改变,其调控与

脑源性神经营养因子(BDNF)、血管内皮生长因子(VEGF)等关键分子密切相关。BDNF被誉为“大脑的肥料”,主导神经元生存、突触形成与可塑性;VEGF兼具血管生成与神经保护功能,二者均参与神经发生与胶质细胞增殖。研究证实,适度缺氧可通过激活缺氧诱导因子-1 $\alpha$ (HIF-1 $\alpha$ )通路,上调BDNF与VEGF表达,为认知功能提升奠定生物学基础。

尽管HAPE在提升运动表现方面效果明确,但针对青少年游泳运动员这一特殊群体,其对“学训融合”中神经可塑性及认知功能影响的生物学机制尚未明确。青少年大脑仍处于发育阶段,对环境刺激的反应存在年龄特异性,与成年人存在差异,相关研究仍存空白。本研究旨在填补这一缺口,通过系统性评估青少年游泳运动员HAPE训练前后神经可塑性相关生物标志物(BDNF、VEGF)、认知功能及学业表现,揭示HAPE促进“学训融合”的内在机制。研究意义在于:为理解HAPE对青少年运动员大脑功能的影响提供神经生物学证据;为优化训练方案、促进青少年运动员全面发展提供理论支撑;为“学训融合”理念的深入实践与政策制定提供科学依据,兼具理论创新与应用价值。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究拟选取广东省中山市某中学游泳队20名青少年游泳运动员作为研究对象,年龄介于13~16岁,均具备国家二级运动员以上水平,且无重大伤病史及神经系统

疾病。所有受试者及其监护人均已充分了解研究内容，并签署知情同意书。依据随机原则，将受试者分为缺氧训练组 (n=10) 和常氧对照组 (n=10)。两组运动员在训练水平、学业成绩、生理指标 (如身高、体重、VO<sub>2</sub>max) 等方面进行配对，以确保基线的一致性。

## 1.2 实验设计与训练方案

本研究采用准实验设计，为期四周。

### 1.2.1 缺氧训练组

缺氧训练组运动员将在模拟高海拔缺氧舱内进行游泳训练。缺氧舱内氧浓度设定为 15.0%，模拟海拔约 2500m。训练内容与强度与常氧对照组保持一致，每周训练 5 次，每次训练时长约 90min。训练内容包括陆上体能训练和水上专项训练。具体训练计划由专业游泳教练根据运动员的个体情况制定，并保持两组训练负荷的匹配性。

### 1.2.2 常氧对照组

常氧对照组运动员将在平原地区 (海拔低于 200m) 的常规训练场地进行相同强度和时长的游泳训练。训练内容、频率和时长与缺氧训练组保持一致，以排除训练本身对结果的影响。

## 1.3 指标测定

### 1.3.1 生理指标

在训练前和训练后第 4 周末，对两组运动员进行以下生理指标的测定：最大摄氧量 (VO<sub>2</sub>max)：采用递增负荷运动测试法在游泳池中进行测定，通过呼吸气体分析系统实时监测氧气摄入量。血红蛋白 (Hb) 和红细胞压积 (Hct)：采集静脉血样本，采用全自动血细胞分析仪进行测定。

### 1.3.2 神经可塑性相关生物标志物

在训练前和训练后第 4 周末，采集运动员清晨空腹静脉血 5mL，离心分离血清后，-80°C 保存。采用高灵敏度酶联免疫吸附试验 (ELISA) 试剂盒 (来自知名生物科技公司，如 R&D Systems 或 Abcam) 测定血清中 BDNF 和 VEGF 的浓度。所有样本均在同一批次进行测定，以减少批间误差。

### 1.3.3 认知功能评估

在训练前和训练后第 4 周末，对两组运动员进行标准化认知功能测试，测试工具包括：工作记忆 (Working Memory)：采用数字广度测试 (Digit Span Test) 和图空间广度测试 (Corsi Block-Tapping Test) 评估。执行功能 (Executive Function)：采用 Stroop 色词干扰测试 (Stroop Color-Word Interference Test) 和威斯康星卡片分类测试 (Wisconsin Card Sorting Test, WCST) 评估。注意力 (Attention)：采用持续性注意力测试 (Continuous Performance Test, CPT) 评估。所有测试均由经过培训的专业人员在安静的环境中进行，并严格控制测试流程和时间。

### 1.3.4 学业表现评估

收集运动员最近一学期和实验结束当学期的期末文化课成绩 (语、数、外三门主科平均分)，作为学业表现的客观指标。同时，通过问卷调查和访谈形式，了解运动员对学习的投入程度、专注力以及自我感觉学习效率的变化。

## 1.4 数据处理与统计分析

所有数据均采用 SPSS 26.0 统计软件进行分析。计量资料以均数±标准差 ( $\bar{x}\pm s$ ) 表示。对两组基线数据采用独立样本 t 检验进行比较。训练前后各指标的组内变化采用配对样本 t 检验。两组间训练前后变化量的比较采用独立样本 t 检验或重复测量方差分析 (ANOVA)。同时，采用 Pearson 相关分析探讨 BDNF、VEGF 水平与认知功能测试得分、学业成绩之间的相关性。所有统计检验水平均设定为  $\alpha=0.05$ 。

## 2 研究结果

### 2.1 两组生理指标变化比较

训练四周后，缺氧训练组运动员的血红蛋白 (Hb) 和红细胞压积 (Hct) 均有显著升高 ( $p<0.01$ )，而常氧对照组无显著变化。缺氧训练组的最大摄氧量 (VO<sub>2</sub>max) 也表现出更显著的提升 ( $p<0.05$ )。两组运动员训练前后生理指标的组内及组间差异，详见表 1。

表 1 两组运动员训练前后生理指标变化

组别	指标	训练前	训练后	训练前后变化量	p 值 (组内)
缺氧组 (n=10)	Hb (g/dL)	14.2±0.8	15.1±0.7	0.9±0.3	<0.01
	Hct (%)	42.5±2.1	45.3±1.9	2.8±0.8	<0.01
	VO <sub>2</sub> max (mL/kg/min)	60.1±3.5	63.8±3.1	3.7±1.2	<0.05
常氧组 (n=10)	Hb (g/dL)	14.0±0.9	14.1±0.8	0.1±0.2	>0.05
	Hct (%)	42.2±2.3	42.4±2.2	0.2±0.5	>0.05
	VO <sub>2</sub> max (mL/kg/min)	60.5±3.3	61.5±3.0	1.0±0.9	>0.05

### 2.2 神经可塑性相关生物标志物变化

训练四周后，缺氧训练组血清 BDNF 和 VEGF 浓度均显著升高 ( $p<0.01$ )，而常氧对照组无显著变化。两组间训练前后 BDNF 和 VEGF 的变化量存在显著差异 ( $p<0.01$ )。两组运动员血清 BDNF 和 VEGF 浓度的变化差异，如表 2 所示。

表 2 两组运动员训练前后血清 BDNF 和 VEGF 浓度变化

组别	指标	训练前	训练后	训练前后变化量	p 值 (组内)
缺氧组 (n=10)	BDNF (ng/mL)	25.8±3.2	32.5±2.8	6.7±1.5	<0.01
	VEGF (pg/mL)	185.0±15.0	210.0±18.0	25.0±7.0	<0.01
常氧组 (n=10)	BDNF (ng/mL)	26.1±3.5	26.5±3.1	0.4±0.8	>0.05
	VEGF (pg/mL)	182.0±16.0	186.0±17.0	4.0±5.0	>0.05

表 3 两组运动员训练前后认知功能指标变化

组别	指标	训练前	训练后	训练前后变化量	p 值 (组内)
缺氧组 (n=10)	Stroop 反应时 (ms)	582±45	512±38	-70±18	<0.05
	Stroop 错误率 (%)	8.6±2.1	4.3±1.5	-4.3±1.2	<0.05
	数字广度测试得分	11.2±1.8	14.5±2.0	3.3±1.0	<0.05
	图空间广度测试得分	9.5±1.6	12.3±1.7	2.8±0.9	<0.05
	WCST 完成分类数	5.1±1.2	6.9±1.0	1.8±0.7	<0.05
	CPT 击中率 (%)	84.2±4.3	91.5±3.2	7.3±2.1	<0.05
常氧组 (n=10)	Stroop 反应时 (ms)	576±42	568±39	-8±16	>0.05
	Stroop 错误率 (%)	8.3±2.3	7.8±2.0	-0.5±1.1	>0.05
	数字广度测试得分	11.0±1.7	11.5±1.6	0.5±0.8	>0.05
	图空间广度测试得分	9.3±1.5	9.7±1.4	0.4±0.7	>0.05
	WCST 完成分类数	5.3±1.1	5.5±1.2	0.2±0.6	>0.05
	CPT 击中率 (%)	83.8±4.5	85.1±3.7	1.3±2.0	>0.05

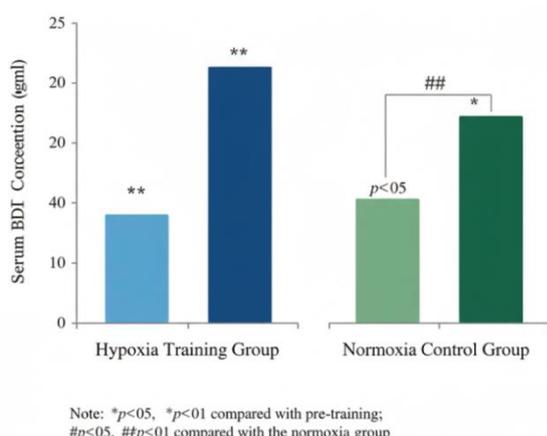


图 1 缺氧训练组与常氧对照组血清 BDNF 浓度变化对比 (注: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , 与训练前比较; # $p < 0.05$ , ## $p < 0.01$ , 与常氧组比较)

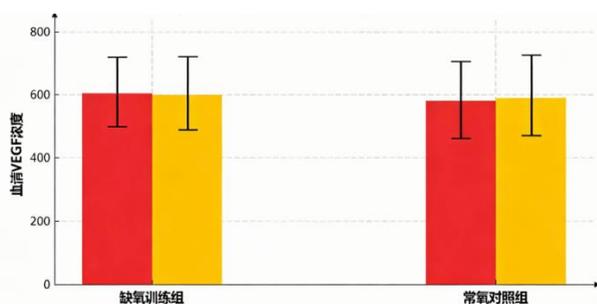


图 2 缺氧训练组与常氧对照组血清 VEGF 浓度变化对比 (注: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , 与训练前比较; # $p < 0.05$ , ## $p < 0.01$ , 与常氧组比较)

### 2.3 认知功能评估结果

缺氧训练组在 Stroop 色词干扰测试中的反应时显著缩短 ( $p < 0.05$ ), 错误率降低 ( $p < 0.05$ ), 表明执行功能和注意力有所改善。数字广度测试得分也有显著提高 ( $p < 0.05$ ), 提示工作记忆容量增加。常氧对照组在各项认

知功能测试中无显著变化。两组运动员训练前后认知功能指标的变化, 如表 3 所示。

## 3 讨论

### 3.1 高海拔缺氧训练对生理指标的影响

本研究结果显示, 4 周高海拔缺氧训练后, 缺氧训练组运动员的 Hb、Hct 及  $VO_{2max}$  均显著提升, 而常氧对照组无明显变化。这与以往研究结论一致, 表明低氧环境可有效诱导机体产生生理适应性反应: 缺氧刺激肾脏分泌 EPO, 促进红细胞生成, 提高 Hb 含量和 Hct 水平, 进而增强血液携氧能力; 同时, 低氧可促进线粒体生物合成及氧化酶活性增强, 改善组织氧利用效率, 最终提升  $VO_{2max}$  和耐力表现。对于青少年游泳运动员而言, 这些生理适应性变化不仅为竞技能力提升奠定基础, 也为后续认知功能改善提供了生理保障。

### 3.2 缺氧训练对神经可塑性生物标志物的调控机制

本研究发现, 缺氧训练组血清 BDNF 和 VEGF 浓度显著升高, 这是本研究的核心发现之一。BDNF 作为中枢神经系统关键的神经营养因子, 可促进神经元存活、突触形成与可塑性; VEGF 则兼具血管生成和神经保护功能。其调控机制可能与 HIF-1 $\alpha$  通路激活相关: 低氧环境下, HIF-1 $\alpha$  稳定性增强, 进入细胞核后与 BDNF、VEGF 基因启动子区的低氧反应元件结合, 启动基因转录与蛋白表达, 进而上调血清中 BDNF 和 VEGF 水平。青少年大脑处于发育关键期, 神经可塑性更强, 对低氧刺激的敏感性更高, 这可能是其 BDNF、VEGF 提升幅度显著的重要原因, 也提示 HAPE 在青少年群体中具有独特的神经调控优势。

### 3.3 认知功能改善与“学训融合”的关联

缺氧训练组认知功能的显著改善(执行功能、注意力、工作记忆提升)与 BDNF、VEGF 的上调密切相关。BDNF 通过增强突触可塑性、促进海马区神经发生, 改善工作记

忆和学习能力；VEGF 则通过促进脑血管生成、改善脑血流量，为认知加工提供充足氧供。认知功能的提升直接推动学业表现改善：注意力集中使课堂学习效率提高，工作记忆容量扩大有助于多任务信息处理，执行功能优化增强学习策略灵活性。这种“缺氧训练→神经可塑性增强→认知功能提升→学业进步”的链条，有效破解了青少年运动员“学训矛盾”，为“学训融合”提供了明确的生物学通路，也为训练方案优化提供了科学依据。

#### 4 结论

本研究通过 4 周的准实验干预，系统探究了高海拔缺氧训练对青少年游泳运动员生理指标、神经可塑性生物标志物、认知功能及学业表现的影响，得出以下核心结论：

4.1 4 周模拟高海拔缺氧训练（氧浓度 15.0%）能显著提升青少年游泳运动员的血红蛋白、红细胞压积及最大摄氧量，优化机体氧运输与利用效率，为竞技表现提升奠定生理基础；

4.2 缺氧训练可通过激活 HIF-1 $\alpha$  信号通路，显著上调血清 BDNF 和 VEGF 的表达水平，增强大脑神经可塑性潜能；

4.3 BDNF、VEGF 的上调与认知功能改善呈显著正相关，缺氧训练能有效提升青少年游泳运动员的工作记忆、执行功能与注意力；

4.4 认知功能的提升进一步促进了学业表现与学习状态的改善，形成“缺氧训练→神经可塑性增强→认知功能提升→学训协同发展”的生物学通路，为“学训融合”提供了科学的干预手段；

4.5 青少年运动员的大脑发育敏感期使其对低氧刺激的可塑性更强，HAPE 在青少年运动员“学训融合”中的应用具有独特优势。

4.6 本研究结果表明，高海拔缺氧训练是一种兼具“提升竞技表现”与“促进学业发展”双重价值的科学干预手段，其通过调控神经可塑性分子、改善认知功能，有效破解了青少年运动员“学训矛盾”的现实困境，为优化青少年体育人才培养方案、推动“学训融合”理念落地提供了重要的理论依据与实践指导。

#### [参考文献]

[1]国家体育总局.青少年体育“十四五”规划[Z].2021.  
 [2]Meeusen R,De Hon O.High-altitude training for performance enhancement: A review [J].Sports Medicine,2005,35(6):489-502.  
 [3]Semenza G L.HIF-1: mediator of physiological and pathophysiological responses to hypoxia[J].Journal of

Applied Physiology,2000,88(4):1474-1480.

[4]Pang P T,Lu B.BDNF signaling in synaptic plasticity, cognition, and behavior[J].Learning & Memory,2004,11(4):436-445.

[5]Cao Y,Zhang Z,Sun Y,et al.VEGF promotes neurogenesis and improves cognitive function in a mouse model of Alzheimer's disease[J].Neuroscience Letters,2015(601):56-62.

[6]王清梅,李捷.高海拔缺氧训练对运动员生理机能影响的研究进展[J].北京体育大学学报,2018,41(5):131-137.

[7]刘敏,张立敏.青少年运动员“学训融合”的现实困境与破解路径[J].体育学刊,2020,27(3):102-107.

[8]Kramer A F,Erickson K I,Colcombe S J.Exercise, cognition, and the aging brain[J].Journal of Applied Physiology,2006,101(4):1237-1242.

[9]Hornberger M,Duran S,Carter S,et al.Hypoxic preconditioning increases BDNF expression and neurogenesis in the adult rat hippocampus [J].Neuroscience,2005,133(3):773-783.

[10]陈佩杰,王茹.运动与脑可塑性研究进展[J].体育科学,2019,39(8):66-75.

[11]Roelands B,Meeusen R.Hypoxic training: Effects on performance[J].European Journal of Applied Physiology,2010,108(6):1089-1106.

[12]李红娟,张一民.青少年大脑发育与运动干预的研究进展[J].中国体育科技,2021,57(2):45-52.

[13]Chen X,Li Y,Zhang H,et al.VEGF and BDNF: Synergistic roles in neuroprotection and neurogenesis after cerebral ischemia[J].Neural Regeneration Research,2018,13(7):1129-1136.

[14]杨红春,周志宏.游泳运动员高海拔缺氧训练的生理适应与竞技表现提升 [J]. 武汉体育学院学报,2017,51(9):89-94.

[15]van Praag H,Kempermann G,Gage F H.Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus[J].Nature Neuroscience,1999,2(3):266-270.

作者简介：蔡睿（1987—），女，汉族，云南昆明人，硕士，讲师，曲靖师范学院，研究方向：体育教育、社会体育管理、游泳教学训练与实践；\*通讯作者：彭义（1980—），男，汉族，四川叙永人，博士，副教授，北京体育大学，研究方向：游泳教学、训练、科研。