

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 1-0185-05

低水平激光的健康促进作用

袁建琴¹ 刘承宜¹ 吴 敏¹ 刘晓光¹ 徐晓阳¹ 刘颂豪²

(¹ 华南师范大学激光运动医学实验室, 广东 广州 510006; ² 华南师范大学信息光电子科技学院, 广东 广州 510006)

摘要 光生物调节作用(PBM)是健康维护的绿色方法之一,通常用于疾病的预防和治疗。讨论了 PBM 在健康促进方面的应用,并重点探讨了鼻腔内低强度激光疗法对运动性疲劳的康复作用。功能内稳态(FSH)利用负反馈机制稳定生物系统功能。人体的系统可以分为 FSH 必需的系统(FSH-essential system, FES)和非必需的系统(FSH-non-essential system, FNS),各自都存在功能特异的内稳态(FESH 和 FNSH)。FSH 的品质可以通过学习或训练(SOT)予以提高。超常 SOT 打破原有 FSH 建立 FESH。常规 SOT 维持 FESH 并建立 FNSH 和新的 FSH,并进一步维持新的 FSH。低水平激光的细胞康复作用可以促进 FESH, FNSH 和 FSH 的建立,缩短 SOT 时间,具有健康促进作用。

关键词 医用光学; 健康促进; 内稳态; 低水平激光

中图分类号 Q631; Q253 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL200936s1.0185

Health-Enhancing Low Level Laser Irradiation

Yuan Jianqin¹ Liu Chengyi¹ Wu Min¹ Li Xiaoguang¹ Xu Xiaoyang¹ Liu Songhao²

¹ *Laboratory of Laser Sports Medicine, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006, China*
² *School for Information and Optoelectronic Science and Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006, China*

Abstract Photobiomodulation (PBM) is a green approach to maintain human health, and is often used in disease prevention or treatment. Its health enhancement, especially exercise-induced fatigue treatment with intranasal low intensity laser therapy, will be discussed. Function-specific homeostasis (FSH) is a negative-feedback response of a biosystem to maintain the function-specific conditions inside the biosystem. An individual system might be classified as FSH-essential system (FES) and FSH-non-essential system (FNS) which homeostasis can be written as FESH and FNSH for short, respectively. FSH quality might be enhanced by study or training (SOT). Extraordinary SOT disrupts the formal FSH and establishes FESH. Ordinary SOT maintains FESH and establishes FNSH and then a new FSH, and then maintains the new FSH. The cellular rehabilitation of low level laser irradiation or monochromatic light might promote the establishment of FESH, FNSH and FSH, shorten SOT period and then promote health.

Key words medical optics; health-enhancing; homeostasis; low level laser irradiation

1 引言

光生物调节作用(PBM)是健康维护的绿色方法之一。疾病的治疗、预防和健康促进是健康维护的三大策略,各自的境界逐级提高。健康促进是维护健康最有效的方法。PBM 通常用于疾病的预防和治疗。本文主要讨论 PBM 在健康促进方面的应用。

早在上世纪大萧条的 30 年代,哈佛生理学家坎农

就在他的《身体的智慧》一书中构建了内稳态理论^[1]。坎农认为处于环境变化中的生物系统是利用补偿机制维持自身稳定性的。本文应用内稳态理论总结 PBM 和人体健康,揭示了 PBM 的健康促进作用。

2 功能内稳态

本文应用内稳态概念研究了运动员的训练,发现运动员的内稳态是项目特异的,称为项目内稳态

基金项目: 国家自然科学基金(60878061)、国家博士后科学基金(20070420143)和国家 973 计划(2005CB523502)资助课题。

作者简介: 袁建琴(1969—),女,博士后,副教授,主要从事激光运动医学方面的研究。E-mail: jianqinyuan01@163.com

导师简介: 刘承宜(1963—),男,教授,博士生导师,主要从事光生物调节作用方面的研究。E-mail: liutcy@scnu.edu.cn

(通信联系人)

(Sport-specific homeostasis, SSH)^[2]。运动员按照一定的训练方案训练,运动成绩逐渐提高,但会进入一个平台期,形成 SSH。进一步用核磁共振(Nuclear magnetic resonance, NMR)研究了即将参加 2006 年亚运会的游泳运动员的晨辰^[3]。对数字化的 NMR 的主成份(Principal component, PC)分析发现,根据稳定的第 3 主成份(3rd PC, PC3)和 PC25 可以准确预测运动员的亚运会比赛名次(前 3 名或前 7 名)。这个研究发现,游泳运动员的 SSH 所稳定的实际上是运动员的游泳功能。

内稳态是生理学的经典概念,它所强调的是内环境稳定^[4]。根据对 SSH 的研究,这里将内稳态严格定义为功能内稳态(FSH)。处于 FSH 的生物系统功能不但稳定,而且可以得以充分发挥。FSH 的品质 Q 由功能的难度和功能发挥的稳定性来表征。一个人同时有多少个 FSH ($\{FSH_i, i = 1, 2, \dots, n\}$) 就有多少个品质 ($\{Q_i, i = 1, 2, \dots, n\}$), 其中的最高值用 Q_{\max} 表示 ($Q_{\max} = \max\{Q_i, i = 1, 2, \dots, n\}$)。专项运动员的主要功能就是从事项目训练和比赛,其主要的 FSH 就是 SSH。百米运动员的主要功能就是百米径赛。百米成绩越高,其 SSH 的品质越高。

正如 SSH 可以通过训练提升品质一样^[2], FSH 也可以通过学习或训练(SOT)来提升品质。人体的系统可以分为 FSH 必需的系统(FSH-essential system, FES)和非必需的系统(FSH-non-essential system, FNS),各自的内稳态分别简写为 FESH 和 FNSH。建立 FSH 的 SOT 也可以分为超常 SOT (Extraordinary SOT, ESOT) 和常规 SOT (Ordinary SOT, OSOT)。ESOT 打破原有 FSH 建立 FESH。OSOT 前期(OSOT A)维持 FESH 并建立 FNSH 和新的 FSH。OSOT 后期(OSOT B)维持新的 FSH。

对于外语单词学习来说,FSH 就是记忆内稳态。只要学生能够正确给出一个问题的正确答案,相关的学习就算完成。在 Karpicke 等^[5]最近的研究中,学生分为 4 组。第 1 组学生按照学习考试的循环学习外语词汇。一旦学生能够正确背诵某些单词,第 2 组学生重复考试,但没有进一步学习这些词汇;第 3 组学生只学习这些词汇,但不列入进一步考试;第 4 组学生既不学习这些词汇也不考试这些词汇。他们在最后的考试成绩中发现,第 1 组和第 2 组没有显著性差异,但成绩显著高于第 3 组和第 4 组。他们的结果表明,第一次学习单词后重复学习

对于记忆延迟没有任何效应,但重复考试有正面效应。这里第一次学习是 ESOT,第二次学习是 OSOT,正确给出答案标志记忆功能的初步形成。随后的学习考试 OSOTB-Testing(OBT)和学习考试的循环 OBT1-OBT2...可以建立和维持记忆内稳态。

Karpicke 等^[5]的研究表明,重复考试对于记忆内稳态的维持是至关重要的。参考学习过程,可将 FSH 的一个 SOT 周期设计为 ESOT-OSOTA-OBT1-OBT2...-Testing(EST),其中最后一个考试是参加检验阶段性 SOT 成绩的正式考试。SOT 的阶梯设计为 EST1-EST2...。

3 低水平激光的细胞康复作用

生物系统内外存在两类调节因素:一类是内稳态调节,如果生物系统处于 FSH,它没有调节作用;如果生物系统远离 FSH,它可以调节 FSH 所维持的功能。一类是发展调节,它可以破坏 FSH。每个 FSH 都维持各自的功能。发展调节可以将一种功能改变为另一种功能,因此,又可以称为非内稳态调节。从这个角度,PBM 可以分为作为内稳态调节的内稳态 PBM (FSH-specific PBM, fPBM)和作为发展调节的发展 PBM (Developmental PBM, dPBM)。后者也可以称为非内稳态 PBM。

PBM 是激光或单色光(LI)对生物系统的一种调节作用,它刺激或抑制生物功能,但不会产生不可逆损伤。用于 PBM 的 LI 通常是低强度 LI (Low intensity LI, LIL) ($\sim 10 \text{ mW/cm}^2$)。但是,只要辐射时间足够短,不会损伤细胞或细胞器,中等强度 LI (Moderate intensity LI, MIL) ($10^{2\sim 3} \text{ mW/cm}^2$) 也具有 PBM。LIL 和 MIL 的 PBM 分别简写为 LPBM 和 MPBM。

LPBM 是一种 fPBM。LPBM 很弱,无法打破 FSH,因此,LIL 对处于 FSH 的生物系统没有调节作用。Karu^[6]指出,如果细胞具有可以正常发挥功能的氧化还原电位,LIL 对细胞没有 PBM;细胞的氧化还原电位越低,LPBM 越强。细胞可以正常发挥功能就是处于 FSH。Tunér 等^[7]对大量现象的总结表明,只有被需要的光能才能发挥最大作用。

MPBM 是由活性氧(Reactive oxygen species, ROS)介导的。MPBM 对 FSH 的调节作用实际上就是 ROS 对 FSH 的调节作用。MPBM 属于 fPBM 或 dPBM 依赖于 ROS 的水平和细胞的敏感性。较高强度的 MIL 的较长作用所产生的 PBM 应该属于

dPBM。血管内低能量激光照射治疗 (Intravascular low energy laser therapy, ILELT) 是 MIL 在血管内的应用。对于 ILELT 来说, 光纤用中空的针头引入静脉血管, 激光功率大约 1 mW。国内所用光纤的直径为 0.2 mm, 光纤末端的输出强度大约 10^3 mW/cm^2 。静脉血管中血液的流速为 1~10 cm/s, 血细胞接受激光作用的时间大约 10 ms, 因此, 相应的激光剂量为 100 J/m^2 , 属于低剂量。因此, ILELT 可以产生 ROS, 但 ROS 的水平不足以打破 FSH, ILELT 仍然属于 fPBM。

如果 PBM 属于 fPBM, 相应的 LI 统一称为低水平 LI 或弱 LI (Low level LI, LLL)^[7]。本文主要讨论 LLL 的健康促进作用。

4 健康促进

人的生长和衰老过程当然受遗传控制, 但也可以从 FSH 的角度来研究。衰老可以考虑为损伤累计造成的 FSH 衰退。人们在研究社会经济地位对健康的影响时, 提出了健康梯度 (Health gradient) 的概念^[8, 9]。健康梯度也可以用 Q_{\max} 表征, 成长期 Q_{\max} 逐渐变高, 衰老期 Q_{\max} 逐渐变低。 Q_{\max} 达到最高值对应的年龄称为最佳年龄 h 。假定成长和衰老是对称的, 一个人的最可几寿命 (几率最大的寿命) y 可以表示为 $y = 2h + 1$ ^[10]。实际寿命围绕最可几寿命形成正态分布^[10]。这个结果表明, 最佳年龄的 Q_{\max} 越高, 寿命就越长。FSH 的训练阶梯可以增加 Q_{\max} , 因此可以增加寿命。研究表明, 世界级优秀男运动员的寿命较长^[11]; 学历高者寿命较长^[10]; 社会经济地位高者比较长寿^[9]。Meara 等^[12]的研究发现, 相比起那些没有机会接受高等教育的人来说, 接受超过 12 年以上学校教育的人的预期寿命明显延长。

对于环境的变化或随机干扰, 处于 FSH 的系统可以产生同等大小但方向相反的修正。FSH 的品质越高, 抵抗干扰的能力越强。因此, 寿命越长, 抵抗干扰的能力越强, 抵抗慢性病的能力越强。研究表明, 优秀运动员的发病率风险较低, 生活质量较高^[13, 14]。Pinkston 等^[15]用蠕虫作为模型研究了衰老与癌症之间的联系。他们发现, 控制衰老的信号通路也会控制肿瘤发生, 具有更长寿命的突变可以抵抗引起寿命缩短的肿瘤。Kinsey 等^[16]发现, 发病率前 4 位的癌症 (肺癌、直肠结肠癌、前列腺癌和乳腺癌) 在美国 25 岁至 64 岁的不同教育程度的白人及黑人男性女性中死亡率显著下降主要是在教育程度较高人群中。

7 年的研究发现^[17], 体适能是决定男性糖尿病

患者寿命的关键因素。研究对象为 2690 名退伍男性糖尿病老兵。体重指数是利用身高体重计算体脂的方法。根据体重指数, 这些老兵大部份属于超重或肥胖。老兵的体适能水平根据标准的踏板忍耐试验分为高、中和低。研究发现, 体适能水平越高, 研究期间死亡的可能性越小。例如, 无论是身体超重或正常, 只要体适能处于高水平, 死亡的危险可以降低 40%。值得一提的是, 体适能高的肥胖者比体适能低的对照组死亡率降低 52%。这里的体适能是一种 FSH。体适能越高, FSH 的品质越高, 寿命就越长。

显然, 健康促进的本质是提高 Q_{\max} 。fPBM 可以用于促进 FSH 的建立。在 ESOT/OSOTA 期间, 可能存在运动性疲劳/慢性疲劳综合症。在 ESOT 期间, fPBM 可以用于促进 FESH 的建立, 缩短 ESOT 周期。在 OSOTA 期间, fPBM 可以用于促进 FNSH 和 FSH 的建立, 缩短 OSOT 周期。FSH 对应于中医的阴平阳秘^[18]。fPBM 促进 FSH 的建立与中医调理异曲同工。因此, fPBM 可以通过促进 FSH 的建立促进健康。这里主要讨论鼻腔内 LIL 照射疗法 (Intranasal low intensity laser therapy, ILILT) 在运动性疲劳方面的可能应用。

5 鼻腔内低强度激光照射疗法

国际上许多鼻腔内 PBM 工作研究的是 PBM 对局部炎症的作用。在中国大陆, 鼻腔内 PBM 用于处理内科疾病, 并称之为 ILILT^[19], 属于中医鼻疗^[20]的范畴。中医鼻疗由嗅觉神经、鼻粘膜下毛细血管中的血细胞、鼻腔附近的经络和植物神经等可能的途径产生治疗作用^[20]。这里主要讨论 ILILT 在运动性疲劳中可能的治疗作用。

张世明等^[21]以中医基础理论为指导, 对 169 名国家及省级优秀运动员出现的运动性疲劳证候进行深入调查分析研究, 总结出 5 种常见的运动性疲劳证候: 筋肉疲劳酸痛证、运动性失眠证、运动性脾胃功能失调证、肾气不足证及月经失常证, 并结合运动性疲劳证候的生理特性, 制订出诊断标准。他们认为运动性疲劳证与内伤虚劳病的发生密切相关, 其本质主要与脾、肾根本机能变化或受损密切相关。研究也发现, ILILT 可以治疗失眠症^[22], 应该可以用于治疗运动性失眠症。

脾主四肢肌肉, 人体肌肉丰满健壮和四肢的正常活动皆与脾的运化功能有密切关系^[23]。脾胃互为表里。ILILT 可以通过鼻腔附近的足阳明胃经用

于治疗肌肉疲劳酸痛证和运动性脾胃功能失调证。

阴跷脉为足少阴肾经的别脉,通于足少阴肾经^[23]。ILILT可以通过鼻腔附近的阴跷脉治疗肾气不足证。

督脉症候包括成年人癫痫、小儿癫痫、痔疾和生殖机能减退等,与足少阴肾经和手少阴心经症候有关^[24]。郑建的研究表明^[25],无排卵型继发闭经引起督脉命门电位信号消失。调治督脉可以用于治疗月经不调和痛经等^[26]。ILILT可以通过鼻腔附近的督脉治疗女运动员的月经失常证。

张世明等^[21]认为运动性疲劳证的本质主要与脾、肾根本机能变化或受损密切相关。肺、脾和肾的虚损进一步引起免疫功能低下。ILILT不但可以通过鼻腔附近的足阳明胃经和阴跷脉调节脾和肾,缓解运动性疲劳,而且可以通过鼻腔附近的手阳明大肠经、足阳明胃经和阴跷脉同时滋补肺、脾和肾,卫护正气,康复免疫功能。

6 讨 论

在各种动物中复杂行为过程都存在关键期(Sensitive period)^[27]。关键期是开展ESOT/OSOTA的最佳时期,当然也是fPBM介入的最佳时期。Moriceau等^[28]的研究提示,应激会严重干扰关键期的学习。无论是教育上的低学历^[12,16],还是社会经济上的低地位^[9],都容易造成应激,引起关键期的抑制或中止,抑制 Q_{max} 的提升,导致患病率的增加,影响寿命。除了心理干预外,应激行为可以用fPBM调理。Novoselova等^[29]用NMRI小鼠开展的研究发现,低强度He-Ne激光可以通过诱导热休克蛋白的产生抑制脂多糖诱导的毒性应激效应。延迟性肌肉酸痛(Delayed-onset muscle soreness, DOMS)是运动员提高运动水平的关键期。用SD大鼠开展的研究表明^[30],低强度He-Ne激光可以通过抗氧化改善DOMS。

参 考 文 献

- W. B. Cannon. The Wisdom of the Body[M]. New York: WW Norton, 1932. 30~40
- Liu Chengyi, Yuan Jianqin, Fu Derong *et al.*. Homeostatic studies on performance-enhanced competition[J]. *J. Physical Education*, 2008, **15**(5): 81~84
刘承宜,袁建琴,付德荣等.以赛带练的内稳态研究[J].体育学刊,2008,**15**(5):81~84
- Li Jianghua, Liu Chengyi, Xu Xiaoyang *et al.*. Metabolic study on sprint swimmer participating in the 15th doha Asian games[J]. *Sports Science*, 2008, **28**(2): 42~46
李江华,刘承宜,徐晓阳等.2006多哈亚运会短距离游泳男运
- 动员代谢组学研究[J].体育科学,2008,**28**(2):42~46
- G. Recordati, T. G. Bellini. Definition of internal constancy and homeostasis in the context of non-equilibrium thermodynamics[J]. *Exp. Physiol.*, 2004,**89**(1): 27~38
- J. D. Karpicke, H. L. 3rd Roediger. The critical importance of retrieval for learning[J]. *Science*, 2008, **319**(5865): 966~968
- T. Karu. The Science of Low-Power Laser Therapy [M]. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 1998. 40~80
- J. Tunér, L. Hode. Low Level Laser Therapy [M]. Graengesberg: Prima Books in Sweden AB,1999. 50~80
- N. E. Adler, T. Boyce, M. A. Chesney *et al.*. Socioeconomic status and health. The challenge of the gradient [J]. *Am. Psychol.*, 1994, **49**(1): 15~24
- M. Marmot. The Status Syndrome: How Social Standing Affects Our Health and Longevity[M]. New York: Times Books, 2004. 100~130
- Liu Chengyi. Optimum age and lifespan [J]. *Chinese J. Gerontology*, 1996, **96**(s1): 279~280
刘承宜. 1996. 最佳年龄与寿命[J]. 中国老年学杂志, 1996, **96**(s1): 279~280
- S. Sarna, T. Sahi, M. Koskenvuo *et al.*. Increased life expectancy of world class male athletes[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1993, **25**(2): 237~244
- E. R. Meara, S. Richards, D. M. Cutler. The gap gets bigger: changes in mortality and life expectancy, by education, 1981~2000[J]. *Health Aff (Millwood)*, 2008, **27**(2): 350~360
- U. M. Kujala, P. Marti, J. Kaprio *et al.*. Occurrence of chronic disease in former top-level athletes. Predominance of benefits, risks or selection effects[J]. *Sports Med*, 2003, **33**(8): 553~561
- N. A. Lynch, A. S. Ryan, J. Evans *et al.*. Older elite football players have reduced cardiac and osteoporosis risk factors[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2007, **39**(7): 1124~1130
- J. M. Pinkston, D. Garigan, M. Hansen *et al.*. Mutations that increase the life span of *C. elegans* inhibit tumor growth[J]. *Science*, 2006, **313**(5789): 971~975
- T. Kinsey, A. Jemal, J. Liff *et al.*. Secular trends in mortality from common cancers in the United States by educational attainment, 1993~2001[J]. *J. Natl. Cancer. Inst.*, 2008, **100**(14): 1003~1012
- <http://www.dxy.cn/bbs/post/view?bid=116&id=12087076&sty=1&tpg=1&age=0>
- T. C. Y. Liu, J. L. Jiao, X. Y. Xu *et al.*. Process theory-the bridge of the eastern and western culture[R]. in: Jandl M J and Greiner K. Science, Medicine and Culture Festschrift for Fritz G. Wallner. Frankfurt: Peter Lang GmbH. 2005. 165~175
- Zhu Jian, Liu Chengyi. Intranasal low intensity laser therapy: its advances[J]. *Chinese J. Laser Med. Surg.*, 2007, **16**(6): 390~393
朱健,刘承宜.鼻腔内低强度激光疗法研究进展[J].中国激光医学杂志,2007,**16**(6):390~393
- Gao Shuzhong. Nose-Mediated Therapeutics [M]. Beijing: Huaxia Publishing House, 1994. 8~32
高树中.中医鼻疗法全书[M].北京:华夏出版社,1994.8~32
- Zhang Shiming, Yu Yaming, Ma Jian *et al.*. Classification and diagnosis of exercise fatigue by traditional Chinese medicine sports science[J]. *Sports Medicine*, 1998, **18**(6): 59~63
张世明,虞亚明,马健等.运动性疲劳的中医分型与诊断研究[J].体育科学,1998,**18**(6):59~63
- Xu Changchun, Wu Zhenyu, Wang Lili *et al.*. Change of polysomnograms in insomniac patients treated with hypoenergy He-Ne laser by brain orientation[J]. *Prac. J. Med. & Pharm.*, 2002, **19**(6): 407~408
许长春,仵震宇,王黎荔等.低能量He-Ne激光治疗失眠症对睡眠脑电图的影响[J].实用医药杂志,2002,**19**(6):407~408
- Wang Qi, Luo Xi, Li Yun *et al.*. Phenomenology of Traditional Chinese Medicine [M]. Beijing: People's Publishing House of

- Public Health, 1997. 353~633
- 王琦,罗夕,黎云等. 中医藏象学[M]. 北京:人民卫生出版社, 1997. 353~633
- 24 Lin Yungui. Meridian Atlas[M]. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1991. 80~90
- 蔺云桂. 经络图解[M]. 福州:福建科技出版社, 1991. 80~90
- 25 Zheng Jian. Electric change of Ren and Du meridians and menstrual dysfunction[J]. *J. Zhejiang College of Traditional Chinese Medicine*, 1999, **23**(5): 48~50
- 郑建. 任督脉经穴电学变化与无排卵型继发闭经关系的探讨[J]. 浙江中医学院学报, 1999, **23**(5): 48~50
- 26 Zhang Ceping. Clinical guidance from Du channel theory[J]. *J. Clinical Acupuncture and Moxibustion*, 2004, **20**(7): 5
- 张策平. 督脉理论对临床的指导[J]. 针灸临床杂志, 2004, **20**(7): 5
- 27 J. G. Nicholls, A. R. Martin, B. G. Wallace *et al.*. From Neuron to Brain [M]. 4th ed., Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. Chap. 2001. 25
- 28 S. Moriceau, R. M. Sullivan. Corticosterone influences on Mammalian neonatal sensitive-period learning [J]. *Behav Neurosci.*, 2004, **118**(2): 274~281
- 29 E. G. Novoselova, O. V. Glushkova, M. O. Khrenov *et al.*. Protective effect of low-power laser radiation in acute toxic stress [J]. *Biofizika*, 2007, **52**(1): 137~140
- 30 Zhou Yongjian. The effect of low level laser irradiation on muscle inflammation and free radicals metabolism after eccentric exercise [D]. Guangzhou: South China Normal University, 2008. 50~80
- 周永健. 低强度激光对大鼠离心运动后肌肉炎症和自由基代谢的影响[D]. 广州: 华南师范大学硕士论文, 2008. 50~80