·临床研究·

近红外光谱技术用于运动和运动想象时大脑皮质血氧反应监测的研究*

顾丽燕[1] 姚丽华[2] 尤桂杰[1] 赵娜娜[1] 梁丹丹[3]

摘要

目的:使用近红外光谱技术监测运动和运动想象时大脑血氧反应的变化以探讨运动和运动想象运用于脑卒中偏瘫患者康复治疗和评价的理论依据。

方法:选取64名健康大学生,随机分为两组:运动组32名,运动想象组32名。运用近红外光谱技术监测运动组受试者安静时和运动时大脑皮质的血氧代谢相应变化情况,以及运动想象组受试者安静时和运动想象时大脑皮质的血氧代谢相应变化情况,并将监测结果进行统计学比较和分析。

结果:①运动时,大脑氧合血红蛋白和总血红蛋白明显增加,而还原血红蛋白下降。②运动想象时,也呈现大脑氧合血红蛋白和总血红蛋白增加,而还原血红蛋白下降。与安静时进行比较,差异均有显著性意义。

结论:运动想象与实际运动同样会提高大脑皮质血氧饱和度,改善相应区域大脑皮质血氧供应。

关键词 运动想象;近红外光谱技术;脑卒中

中图分类号:R743.3, R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2011)-08-0724-04

Study of near infrared spectroscopy in blood oxygenation of the cerebral cortex during movement and motor imagery/GU Liyan, YAO Lihua, YOU Guijie, et al.//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2011, 26(8): 724—727

Abstract

Objective: To monitor the changes of cerebral blood oxygen reactions during movement and motor imagery with near infrared spectroscopy, to explore the theoretical basis of movement and motor imagery used in rehabilitation of patients with cerebral-vascular accident.

Method: Sixty-four healthy college students were randomly divided into two groups: movement group and motor imagery group. Near infrared spectral technology was used to monitor the cerebral cortex cerebral blood oxygen metabolism during quiet and movement or motor imagery in both groups and the monitor results were compared and statistically analysed.

Result: ①During movement oxy-Hb and total-Hb increased significantly, while deoxy-Hb decreased obviously. ②During motor imagery oxy-Hb and total-Hb increased, and deoxy-Hb decreased also. Compared to during quiet the monitor results during movement and motor imagery were statistically significant different.

Conclusion: Motor imagery and exercises can efficiently cause increasing of blood oxygen saturation of cerebral cortex and improve the corresponding regional cerebral blood oxygen supply.

Author's address Capital Institute of Physical Education, Beijing, 100088

Key word motor imagery; near infrared spectroscopy; stroke

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2011.08.007

*基金项目:北京市市属市管高校北京市重点实验室开放研究课题

1 首都体育学院康复教研室,北京,100088; 2 北京大学临床肿瘤学院; 3 安徽巢湖职业技术学院

作者简介:顾丽燕,女,副教授;收稿日期:2010-11-19

运动想象是指在内心反复地模拟、排练运动活动,而不伴有明显的身体运动。即在暗示语的指导下,在头脑中反复想象某种运动动作或运动情境[1—2],没有任何运动输出。根据运动记忆在大脑中激活某一活动的特定区域,从而达到提高运动功能的目的[3]。

运动疗法、作业疗法等是脑卒中偏瘫患者运动功能障碍康复功能训练最常用的方法,而近年运动想象对于脑卒中偏瘫患者运动功能的恢复和改善的应用和研究逐渐引起人们的关注[4—7]。研究证明,运动想象能激活大脑正常运动信号,再将运动信号经效应器传达到肌肉。这种刺激经过反复训练形成相应的条件反射,从而达到改善神经功能和神经支配肌肉功能的作用。

本研究运用近红外光谱技术对64名普通大学生安静、运动和运动想象时大脑皮质血氧反应变化进行测试,并将这些数据进行统计学分析,以期为运动疗法和运动想象疗法在脑卒中偏瘫患者康复临床中的应用提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

随机选取普通大学生64名,年龄20—25岁。分为运动组和运动想象组,每组男、女各16名。入选标准:均为右利手,身体健康,既往无心脑血管、神经、精神系统及遗传疾病史[8—10]。

1.2 测试内容与方法

1.2.1 测试内容。采用脑功能定量成像装置ETG-4000(近红外光谱仪)测试安静时、指定运动时和指定运动想象时,大脑额部还原血红蛋白、氧合血红蛋白和总血红蛋白浓度的相对变化量。本系统所测结果为血红蛋白浓度相对变化量而非血红蛋白绝对值,故所测值单位为mmol·mm。

1.2.2 测试方法。在普通室内进行监测,测试过程中要求保持环境安静,每次测试只有测试者与受试者在场。监测之前,对受试者进行半小时的实验任务训练,训练结束休息5min后开始测试:受试者取端坐位,尽量放松,保持头部不动,将探头以3—4cm的间距固定在大脑的额部,调试探头,待通道全部显示信号接通后开始正式测试。整个测试过程中受试者闭眼,不思考任何其他事情[11—13]。

监测方法[14—16]如下:①运动组:第1min测试:安静、无思考状态;第2min测试:右上肢运动(受试者右手从左侧膝部开始匀速向上,同时屈肘、并外展肩关节至90°,手至口的位置。重复做此动作1min,频率约30次/min)。②运动想象组:第1min测试:安静、无思考状态;第2min测试:右上肢想象运动(想象动作同运动组动作)。全程连续监测受试者,第2min开始时以语言引导受试者进行实际动作和想象动作。

1.3 统计学分析

运用SPSS 12.0统计软件,将所测数据进行统计学分析。计算各组安静时、运动时和运动想象时还原血红蛋白、氧合血红蛋白和总血红蛋白浓度变化的平均值,并以此为指标进行方差分析。

2 结果

2.1 运动组安静时和运动时大脑额部血氧饱和度变化的比较

见表1—2。运动组的测试结果显示,安静时受试者大脑额部氧合血红蛋白、总血红蛋白和还原血红蛋白无显著变化。主动运动时受试者大脑额部氧合血红蛋白和总血红蛋白变化值逐渐上升,还原血红蛋白变化值逐渐下降。安静时和运动时大脑额部血氧饱和度变化差异有显著性意义($P<0.01$),而男女之间无显著性差异($P>0.05$)。

2.2 运动想象组安静时和运动想象时大脑额部血氧饱和度变化的比较

见表3—4。运动想象组测试结果显示,安静时

表1 男性安静和运动时大脑额部血氧饱和度变化量的比较 ($\bar{x}\pm s$, mmol·mm, n=16)

	安静时	实际运动时
还原血红蛋白	−0.08377±0.013753	−0.19439±0.020321
氧合血红蛋白	0.191360±0.039006	0.395925±0.060102
总血红蛋白	0.109835±0.069538	0.238985±0.059787

表2 女性安静和运动时大脑额部血氧饱和度变化量的比较 ($\bar{x}\pm s$, mmol·mm, n=16)

	安静时	实际运动时
还原血红蛋白	0.049857±0.0092850	0.023590±0.0079281
氧合血红蛋白	0.210282±0.0113754	0.331790±0.0295210
总血红蛋白	−0.013519±0.0020158	0.025251±0.0076932

受试者大脑额部氧合血红蛋白、总血红蛋白和还原血红蛋白无显著变化。运动想象时受试者大脑额部氧合血红蛋白和总血红蛋白的值逐渐上升，还原血红蛋白浓度变化逐渐下降。安静时和运动想象时血氧饱和度变化差异有显著性意义（$P<0.05$），而男女之间无显著性差异（$P>0.05$）。

2.3 运动组和运动想象组大脑额部血氧饱和度变化的比较

见表5。将运动组受试者运动时的大脑额部还原血红蛋白、氧合血红蛋白和总血红蛋白变化差值（运动时与安静时的差值）与运动想象组想象动作时大脑额部还原血红蛋白、氧合血红蛋白和总血红蛋白的变化差值（运动想象时与安静时的差值）分别进行比较，无显著性差异（$P>0.05$）。

表3 男性安静和运动想象时大脑额部血氧饱和度变化量的比较 ($\bar{x}\pm s$, mmol·mm, n=16)

	安静时	想象运动时
还原血红蛋白	−0.07825±0.0019375	−0.09258±0.052184
氧合血红蛋白	0.084726±0.021643	0.097389±0.068302
总血红蛋白	0.082220±0.025828	0.128090±0.020119

表4 女性安静和运动想象时大脑额部血氧饱和度变化量的比较 ($\bar{x}\pm s$, mmol·mm, n=16)

	安静时	想象运动时
还原血红蛋白	−0.10988±0.0108495	−0.17333±0.0102293
氧合血红蛋白	−0.09158±0.0178420	0.019157±0.0096054
总血红蛋白	−0.09076±0.0137296	−0.04585±0.0170950

表5 运动与运动想象时大脑额部血氧饱和度相对变化量比较 ($\bar{x}\pm s$, mmol·mm, n=32)

	实际运动时	想象运动时
还原血红蛋白	−0.09276±0.01020	−0.077950±0.00391
氧合血红蛋白	0.091323±0.029035	0.086074±0.01908
总血红蛋白	0.071110±0.009039	0.067956±0.01220

3 讨论

近年来，功能性核磁共振(fMRI)和正电子发射计算机断层扫描(PET)等技术的发展及应用，为研究运动想象康复疗法的生理机制提供了可能。但是由于fMRI和PET等大型医疗设备应用成本高昂的局限性，使运动想象康复疗法生理机制的研究很难开展，对运动想象康复疗法的疗效很难进行定性定量分析。

近红外光谱技术是利用近红外光在700—900nm的光谱范围内时生物组织具有高散射、低吸收的特性，可以穿过头皮和颅骨深入脑组织，并由漫射光携带出反映大脑皮质激活状况的血氧代谢变化信息。近红外光谱技术是基于氧合血红蛋白（HbO_2）和还原血红蛋白（Hb）对多个波长的近红外光的不同吸收，测量氧合血红蛋白和还原血红蛋白浓度变化的一种光学方法[17—19]。其以快速、非介入和无创等独特的优点，在大脑功能活动的检测领域表现出了巨大潜能，成为生物医学领域中很有潜力的分析方法。例如近红外光谱技术已开始运用在神经元活动，包括认知活动期间脑部血氧反应和血流动力学变化的评价[11—13]；近红外成像技术应用于脑血流量和脑功能的研究[20—21]；近红外脑功能成像已应用于脑损伤及康复、癫痫疾病以及大脑语言优势的研究等[22—23]。但是运用近红外光谱技术对脑卒中偏瘫康复患者进行运动疗法和运动想象疗法的研究还少有涉及。

本研究采用近红外光谱技术实时监测年轻健康人群活动时大脑局部血氧反应和血流动力学改变，客观评价脑组织的血氧代谢情况。结果表明：安静无运动和无运动想象时，大脑处于静息状态，脑组织维持基本的有氧代谢；在运动及运动想象任务期间，大脑相应部位处于激活状态使此部位的血氧饱和度发生明显变化，大脑皮质氧合血红蛋白及总血红蛋白升高、而还原血红蛋白相对下降，这提示运动及运动想象激活后，脑局部血流量有所增加，并且运动时氧利用率增加，为运动疗法以及运动想象疗法应用于临床康复提供了理论依据。即表明运动想象疗法可以作为运动作业疗法的补充，应用于临床康复治疗，但是两种康复疗法作用的比较，还需要更多的针对运动疗法与运动想象疗法的研究予以补充论证。

参考文献

[1] Porro CA, Francescato MP, Cettolo V, et al. Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study [J]. J Neurosci, 1996, 16(23):7688—7698.

[2] 李继刚,田宝.运动想象的理论模式生理机制与应用研究[J].武汉体育学院学报,2005,39(5):64—67.

[3] Duncan PW, Zorowitz R, Bates B, et al. Management of adult

stroke rehabilitation care: a clinical practice guideline[J]. Stroke, 2005, 36:e100—143.

[4] 刘惠宁,朱丽芳,谢冬玲,等.运动想象偏瘫患者结合运动再学习疗法对脑梗死上肢功能恢复的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2006,28(8):528—530.

[5] 尹明慧,李波,孟长军,等.足部运动想像改善脑卒中偏瘫下肢运动功能的临床研究[J].中国康复理论与实践,2009,15(7):660—661.

[6] 柯金河,杨冰霞.想象行走训练对脑血管意外偏瘫患者下肢功能恢复的影响[J].护理实践与研究,2009,6(19):8—10.

[7] 王艳,唐强,白震民,等.头穴丛刺、被动运动结合运动想象治疗早期脑卒中偏瘫患者的临床疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2007,29(9):635—637.

[8] Gerardin E, Sirigu A, Lehéricy S, et al. Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements[J]. Cerebral Cortex, 2000, 10(11):1093—1104.

[9] Hanakawa T, Immisch I, Toma K, et al. Functional properties of brain areas associated with motor execution and imagery[J]. J Neurophysiol, 2003, 89(2):989—1002.

[10] Naito E, Kochiyama T, Kitada R, et al. Internally stimulated movement sensations during motor imagery activate cortical motor areas and the cerebellum[J].J Neurosci, 2002, 22(9): 3683—3691.

[11] 谢欲晓,沈抒,孙启良,等.中风后非流畅型失语症患者语言激活时左前额皮质血氧反应及血流动力学变化NIRS的研究[J].中国康复医学杂志,2004,19(1):6—10.

[12] Kakimoto Y, Nishimura Y, Hara N, et al. Intrasubject reproducibility of prefrontal cortex activities during a verbal fluency task over two repeated sessions using multi-channel near-infrared spectroscopy[J]. Psychiatry Clin Neurosci, 2009, 63(4):491—499.

[13] 李成军.近红外光谱技术用于前额叶皮质工作记忆作用的研究[D].优秀博士学位论文库,2005.

[14] Oujamaa L, Relave I, Froger J, et al. Rehabilitation of arm function after stroke. Literature review[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2009, 52(3):269—293.

[15] Zhang Q, Strangman GE, Ganis G. Adaptive filtering to reduce global interference in non-invasive NIRS measures of brain activation: how well and when does it work[J] ? Neuroimage, 2009, 45(3):788—794.

[16] 靳晓坤.健康人手部三种运动方式脑fMRI研究[D].优秀硕士学位论文库,2008.

[17] Wallois F, Roche N, Aarabi A, et al. Co-recording of electrical (EEG) and hemodynamic (NIRS) activities in children and neonates[J]. Clin Neurophysiol, 2008, 84:119—120.

[18] Isobe K, Kusaka T, Nagano K, et al. Functional imaging of the brain in sedated newborn infants using near infrared topography during passive knee movement[J]. Neuroscience Letters, 2001, 299:221—224.

[19] Tamura M, Hoshi Y, Okada F. Localized near-infrared spectroscopy and functional optical imaging of brain activity [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1997, 352(1354):737—742.

[20] Sakatani K, Xie Y, Lichty W, et al. Language-activated cerebral blood oxygenation and hemodynamic changes of the left prefrontal cortex in poststroke aphasic patients: a near-infrared spectroscopy study[J]. Stroke, 1998, 29(7): 1299—1304.

[21] 郭丽娜,钱志余,李宽正,等.近红外光谱(NIRS)技术的大鼠胶质瘤活体在位检测研究[J].量子电子学报,2008,25(4):483—488.

[22] Watanabe E, Yamashita Y, Maki A, et al. Non-invasive functional mapping with multi-channel near infra-red spectroscopic topography in humans[J]. Nerouscience Letter, 1996, 205(1):41—44.

[23] Suda M, Takei Y, Aoyama Y, et al. Frontopolar activation during face-to-face conversation: an in situ study using near-infrared spectroscopy[J]. Neuropsychologia, 2010, 48(2): 441—447.