

远红外在生物医学临床上的应用及其作用机制

王阳¹, 水珊珊², 王霞¹

1. 合肥工业大学医学工程学院, 合肥 230009
2. 合肥工业大学生物与食品工程学院, 合肥 230009

摘要 远红外是一种具有强热作用的放射线。作为物理治疗的一种, 远红外用于辅助治疗心血管疾病、糖尿病、慢性肾病等多种疾病, 表现出良好的临床效果, 但是其作用的分子机制尚不清楚。本文从分子信号通路视角, 分析远红外与细胞周期、细胞自身保护、第二信使和后转录调控因子等的关系, 提出远红外治疗诸多疾病的可能的分子机制, 并总结了近年来远红外在生物医学临床中的应用。

关键词 物理治疗; 远红外; 分子信号通路

中图分类号 R332

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.30.014

Molecular Mechanism of Far-infrared Therapy and Its Applications in Biomedicine

WANG Yang¹, SHUI Shanshan², WANG Xia¹

1. School of Medical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China
2. School of Biotechnology and Food Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract Physical therapy is an integrating domain of medicine resorts to physical modalities for the work-up, diagnosis, and treatment of disorders and defects. As a representative physical therapy, far-infrared radiation (FIR), an invisible electromagnetic wave with wavelength ranges 3–1000 μm , has been an adjuvant treatment for various diseases with good clinical effects, including cardiovascular disease, diabetes mellitus, chronic kidney disease; however, the molecular mechanism through which FIR works remains elusive. In the present study, by systematic literature review and text mining, we analyzed the effects of FIR on signaling transduction networks including cell cycle, cellular self-defense, second messages and post-transcriptional regulators. The results showed that the possible mechanisms of FIR therapy were closely associated with the inhibition of growth, invasion and metastasis of cancer cells, increased nitric oxide production and modulation of the expression profiles of some circulating miRNAs and heat shock proteins, and through which, it may be a beneficial complement to some chronic diseases without any side effects. Finally, we summarized the application of FIR therapy in the field of biomedicine.

Keywords physical therapy; far-infrared radiation; molecular signaling transduction

红外线是一种具有强热作用的放射线, 波长范围大约是 0.75~1000 μm 。远红外(Far-infrared Radiation, FIR)是波长较长的红外线光谱, 波长在 3~1000 μm 之间, 波长不同, 穿透

能力也不同。医学上应用远红外光的波长范围介于 4~400 μm 之间, 可以穿透 3~5 mm 的组织, 但不会对人体造成伤害。远红外疗法作为物理疗法中的一种, 通过远红外辐射使

收稿日期: 2014-08-05; 修回日期: 2014-09-02

基金项目: 校企联合技术研发项目(13-240)

作者简介: 王阳, 硕士研究生, 研究方向为生物医学仪器, 电子信箱: 331524718@qq.com; 王霞(通信作者), 讲师, 研究方向为基于时间生物学的药物和疾病研究, 电子信箱: wangx@hfut.edu.cn

引用格式: 王阳, 水珊珊, 王霞. 远红外在生物医学临床上的应用及其作用机制[J]. 科技导报, 2014, 32(30): 80-84.

血管内部分子产生共振,产生热量、加快血液循环,进而促使血管通畅^[1](图1)。通畅的血管会带走很多血管废物,降低血管类疾病的发生率^[2]。此外,远红外辐射不仅可以促进细胞的代谢,还可以促进毒素与废物排泄,使细胞更加健康。远

红外可以在不用药物的情况下,改善血液循环以及深入皮肤内部调节机体内部机制达到良好的辅助治疗效果,且具有一定的持久性和安全性^[3,4]。本文主要综述远红外作为辅助治疗在生物医学上的应用,并探讨其可能的作用机制。

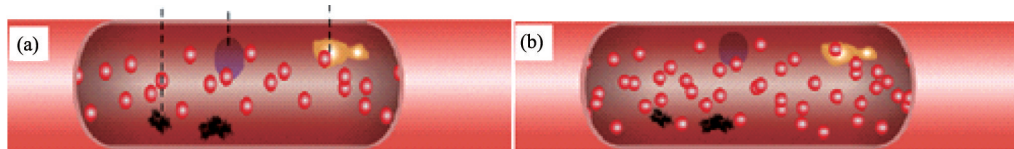


图1 远红外照射前(a)和照射后(b)血管血流量对比

Fig. 1 Vascular blood flow before (a) and after (b) treatment of far infrared radiation

注:图中红色圆球代表血流,远红外照射后的血管血流量明显增大

1 远红外作用的分子机制

1.1 远红外与细胞周期

细胞周期调控是一个精细的生物学过程并涉及复杂的信号网络调控系统,决定了细胞的生长、分裂和死亡。细胞周期调控失调会导致基因组的不稳定性,通常表现为基因突变、基因缺失,基因重排和易位,以及中心体扩增和染色体畸形,最终引起细胞的恶性转化和癌变^[5]。核转录因子(NF- κ B)是哺乳动物 Rel 蛋白家族成员,属 DNA 结合蛋白,是炎症致癌过程中的主要调节因子。静息状态下,NF- κ B 二聚体在胞浆内与核因子 kappaB(I κ B)结合,活性被抑制,在炎症的刺激下,I κ B 发生磷酸化从而失去抑制作用,这使得自由的 NF- κ B 进入细胞核,靶向启动子,激活下游靶基因,包括转录炎症有关基因(如细胞因子和趋化因子)^[6]。此外,NF- κ B 是细胞分裂和生存的关键调节因子,调节细胞周期的调控子 c-Myc、cyclin Ds、cyclin E、E2F3,参与细胞凋亡(apoptosis)、细胞周期(cell cycle)、细胞分化(cell differentiation)和细胞迁移(cell migration)等过程,从而影响癌症的发生^[7]。例如,Bergsagel 等^[8]研究表明,约 40% 的多发性骨髓瘤(multiple myeloma, MM)患者肿瘤细胞中,cyclin D1 表达失调。最近的远红外治疗实验表明,远红外照射不仅能促进血液循环^[1],还能激活促炎因子,如 NF- κ B 的表达^[9]。NF- κ B 是 cyclin D 的惟一转录调控子。当细胞处于静止期时,Cyclin Ds (D1、D2、D3)表达水平低,受到生长因子刺激,在增殖细胞中,NF- κ B 诱导 cyclin D1 表达,pRb 高度磷酸化,促进细胞周期 G1 向 S 期转化^[7]。

Yamashita 等^[10]远红外照射 5 种癌症细胞系(A431,外阴;HSC3,舌头;Sa3,牙龈;A549,肺;MCF7,乳腺)研究发现,远红外能通过增加 ATF3 基因的表达抑制癌细胞生长、入侵和转移。这是由于远红外照射促进 ATF3 基因的表达,可以抑制预凋亡因子 p53 的活性,继而抑制参与细胞入侵的基质金属蛋白酶(MMP)的表达。Chen 等发现^[11],远红外处理能够通过 PI3K/Akt 信号通路降低脱水处理的角质形成细胞的凋亡。此外,远红外还具有抗炎作用,远红外可以促进细胞产生血红素加氧酶-1(Heme Oxygenase-1, HO-1),抑制肿瘤坏

死因子(TNF α)介导的 E-选择素,血管细胞黏附分子-1,单细胞化学吸引子蛋白-1,白细胞介素-8 等,从而达到调节血管内皮炎症作用^[12]。

1.2 远红外与细胞自身保护

热休克蛋白(heat shock protein, HSP)是一种能对细胞产生损伤的在多种外在刺激下(如高热、感染、缺血、缺氧及化学物质等)产生的应激蛋白,并通过与细胞内部分变性的蛋白质结合,协助其复性或将其运送至溶酶体降解而发挥细胞保护功能,以对抗严重的应激损伤,因而可以认为应激时 HSP 在细胞内的出现标志着细胞自身保护机制的启动^[13]。HSP 是一种强大的免疫系统刺激因子,它们能够储存正常细胞免疫系统活性,帮助机体识别和破坏感染源^[14]。当 HSP 遭遇肿瘤碎片时,它们将其打包,并输送给免疫系统的巨噬细胞,启动一系列反应识别肿瘤。然后,体内的杀伤 T 细胞杀死肿瘤细胞^[15]。Ishibashi 等^[16]利用远红外照射 5 种癌症细胞系(A431, HSC3, Sa3, A549 和 MCF7)研究表明,经过远红外处理后, A431 和 MCF7 细胞系中 HSP70A mRNA 的基础表达水平要高于远红外敏感的 HSC3、Sa3 和 A549 细胞系中的。研究还发现,过表达的 HSP70 能够抑制远红外诱导的 HSC3 细胞系的生长阻滞。这些结果暗示,一些癌细胞的增殖与体内的 HSP 基础表达水平密切相关,当用远红外桑拿治疗使得体温升高时,会促使体内 HSP70 的表达水平增加,从而抑制某些癌细胞的增殖。此外,通过测量癌症患者体内的 HSP70 的表达水平可能预测 FIR 治疗效果。

1.3 远红外与第二信使

一氧化氮(NO)是一种气态的具有高度弥散性的不稳定的自由基,在体内发挥着第二信使的作用。NO 是一种血管松弛剂,在血管内皮细胞中由精氨酸分解经 NO 合成酶(NOS)作用形成,NO 扩散进入血管平滑肌,通过增加环磷酸鸟苷(cGMP)含量促使血管平滑肌松弛和血管扩张^[17],NO 也可以抑制血小板聚集降低血管中有形成成分形成几率。远红外的穿透作用可以直接作用于心脑血管,促使血管内皮细胞产生 NO^[18],增加血流量^[19],减少因血流不畅造成的危害,从而改善

心律失常患者的心率和调节血管内皮功能。同时,还可以恢复在高糖情况下受到抑制的内皮祖细胞功能^[20,21],增强内皮祖细胞的增殖能力、促使细胞生成NO、促进血液循环和减缓细胞衰老。除此之外,长期的远红外的照射还能促使细胞内的钙离子/钙调素依赖性蛋白激酶水平提高,导致其介导的eNOS-Ser1179磷酸化水平增加,促进NO的产生^[22]。

值得注意的是,周细胞是神经血管单元和血脑屏障的重要细胞成分,与毛细血管内皮细胞紧密相连。作为微血管的构成成分之一,周细胞不仅是大脑血流量的主要控制因子,中风之后它们还收缩并死在毛细血管的周围。这显著地损害了长期的血流量,对脑细胞造成持久的破坏。周细胞和内皮细胞一样可以产生NO,但在周细胞中NO并不是通过产生cGMP来起作用,而是通过阻止血管收缩效应物20-HETE的形成来促进舒张作用^[23]。因此,我们推测远红外治疗也可能通过调控周细胞的功能,促使血管舒张。

1.4 远红外与后转录调控因子

microRNAs(miRNAs)是一类在转录后基因调控中发挥功能的非编码小RNA。它们在生物体内控制着基因表达过程,在发育、免疫、心脏功能、细胞增殖、凋亡及其病毒致病等诸多方面发挥重要作用。研究表明,在小鼠和斑马鱼中敲除miRNA加工过程中的Dicer酶,会导致血管损伤^[24,25]。而且多种miRNA与血管发生信号、血管炎症、动脉粥样硬化和血管

重塑相关^[26,27]。例如,miR-31通过靶向FAT非典型钙黏蛋白4(FAT4)和血栓A2受体(TBXA2R)调节内皮祖细胞的活性。Wang等^[20]发现心血管病患者的血浆和内皮祖细胞中的miR-31表达水平均很低。体内和体外实验证明,在血管病患者的内皮祖细胞中过表达的miR-31均能够挽救血管发生和生成。通过远红外照射内皮祖细胞发现,远红外治疗能上调内源性miR-31和miR-720的表达,并下调FAT4和TBXA2R。其作用机制可能是远红外照射能促进血液循环,增加血流,导致血管内皮剪切应力增加,进而调节miRNA的功能和表达^[28]。该实验暗示远红外照射能够有效地治疗心血管疾病。

2 远红外在医学上的应用

远红外部分波长范围的振动频率与人体内细胞分子的振动频率接近,通过分子之间摩擦生热形成热反应,促使皮下深层组织温度上升从而使微血管扩张加速血液循环,有利于清除血管囤积物、体内有害物质和妨害新陈代谢的障碍物,使血管血液流畅,恢复或重新建立原有组织或器官的功能。此外,远红外还可以促进体内一些酶的活性,使细胞自身产生有益血管和器官的物质,如NO等。远红外也可促进酵素生成从而达到活化组织细胞、防止老化、强化免疫系统的目的^[2]。表1总结了国内外学者研究远红外在医学上应用主要对象、方法和检测参数等。

表1 远红外在慢性疾病中的应用

Table1 Far infrared applications in chronic diseases

疾病种类	受试对象	治疗方式	治疗时间	检测参数	作用结果	参考文献
心血管疾病	人类	远红外桑拿	2周	血流介导的血管扩张	血管有明显扩张	[30]
心血管疾病	人类	远红外桑拿	2周	8-异构-前列腺素F _{2α} 收缩压	降低氧化应激反应,预防动脉粥样硬化	[31]
慢性心脏衰竭	仓鼠	远红外桑拿	4周	内皮型一氧化氮合酶 一氧化氮生成量	增加酶的表达和促进一氧化氮生成	[32]
慢性心脏衰竭	人类	远红外桑拿	3周	血流介导的血管扩张	血管有明显扩张	[33]
糖尿病	人类	局部远红外照射	2周	8-异构-前列腺素F _{2α}	该前列腺素含量降低,氧化还原反应降低	[34]
糖尿病	人类	局部远红外照射	4周	血糖 胰岛素 血流量	血糖降低和血清胰岛素下降	[35]
糖尿病	老鼠	远红外桑拿	5周	EPC功能 氧化应激反应	增加血流量、增强EPC功能以及降低氧化应激反应	[21]
终末期肾病	人类	局部远红外照射	1年	访问流量 动静脉瘘通畅度	血管访问血流量增大以及提高动静脉瘘通畅	[19]
慢性肾病	人类	局部远红外照射	1年	动静脉瘘通畅度	通畅度增加	[36]
下肢缺血	老鼠	远红外桑拿	5周	血流量 毛细血管密度 NO生成量	血流量增加、毛细血管密度增加以及增加NO的生成	[37]
外周动脉疾病	人类	远红外桑拿	10周	疼痛等级 血流量	疼痛降低同时 血流量增加	[38]

远红外对于血液循环和微循环障碍引起的多种疾病,如心脑血管疾病、高血糖、糖尿病、慢性肾脏疾病、皮肤疾病和肌肉损伤等,均具有改善和防治作用。目前,远红外辅助治疗已经应用于一些动物试验及医学临床试验中,通过检测一系列指标表征远红外对受试者的作用效果。

3 展望

血管微循环对大部分患者的病症影响较大,同时也是给患者带来血管类疾病的重要原因。血管微循环病症的治疗需要长期的、坚持不懈的进行。长期的药物治疗通常会伴随一定的副作用,使身体机能下降,严重时还会使机体功能完全紊乱,导致机体无法进行自我调节。远红外治疗属于物理治疗,优点在于其可以长时间的深入皮肤和皮下组织,直接作用于血管,使血管的机制发生相应的变化,尤其是对血管微循环的治疗作用效果较大,且对人体不会造成伤害,因此,很多血管类疾病都可以利用远红外来辅助治疗^[28,29]。随着社会发展人们对远红外治疗越来越感兴趣,因为它不像药物治疗那样会对身体造成很大影响,同时在日常生活中可以进行治疗器件的携带,在治疗过程中具有持久性并且不会给我们的生活带来不便。但人们对远红外治疗身体疾病的分子机制尚不完全清楚,比如血液透析患者在长期的透析生活中易得抑郁症,同时还伴随着强烈的疲劳感,通过远红外对其穴位的刺激可以降低患者的压力以及减轻患者的疲劳程度。利用远红外辅助治疗血液透析患者,可以改善患者的血液流量和提高动静脉瘘的通畅度^[29],所以人类在远红外治疗对身体作用的具体机制上仍需努力。

参考文献(Reference)

- [1] Yu S, Chiu J, Yang S, et al. Biological effect of far-infrared therapy on increasing skin microcirculation in rats[J]. Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine, 2006, 22(2): 78-86.
- [2] 谢鹏辉, 林招彪, 刘威忠, 等. 远红外线在医学上之应用及其作用机制[J]. 台湾应用辐射与同位素杂志, 2007, 3(3): 333-340.
- [3] Xie Yingye, Lin Zhaopeng, Liu Weizhong, et al. Medical applications and the action mechanisms of far-infrared ray[J]. Taiwanese Journal of Applied Radiation and Isotopes, 2007, 3(3): 333-340.
- [3] Su L, Wu K, Lee L, et al. Effects of far infrared acupoint stimulation on autonomic activity and quality of life in hemodialysis patients[J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2009, 37(2): 215-226.
- [4] Matsumoto S, Shimodono M, Etoh S, et al. Effects of thermal therapy combining sauna therapy and underwater exercise in patients with fibromyalgia[J]. Complementary Therapies in Clinical Practice, 2011, 17(3): 162-166.
- [5] Malumbres M, Barbacid M. Cell cycle, CDKs and cancer: A changing paradigm[J]. Nature Reviews Cancer, 2009, 9(3): 153-166.
- [6] Napetschnig J, Wu H. Molecular basis of NF- κ B signaling[J]. Annual Review of Biophysics, 2013, 42: 443-468.
- [7] Hoesel B, Schmid J. The complexity of NF- κ B signaling in inflammation and cancer[J]. Molecular Cancer, 2013, 12: 86.
- [8] Bergsagel P, Kuehl W, Zhan F, et al. Cyclin D dysregulation: An early and unifying pathogenic event in multiple myeloma[J]. Blood, 2005, 106(1): 296-303.
- [9] Boon R, Horrevoets A. Key transcriptional regulators of the vasoprotective effects of shear stress[J]. Hamostaseologie, 2009, 29(1): 39-40, 1-3.
- [10] Yamashita K, Dalkhsuren S, Ishikawa T, et al. Far infrared ray radiation inhibits the proliferation of A549, HSC3 and Sa3 cancer cells through enhancing the expression of ATF3 gene[J]. Journal of Electromagnetic Analysis and Applications, 2010, 2(6): 382-394.
- [11] Chen Y, Lai L, Tu Y, et al. Far infrared ray irradiation attenuates apoptosis and cell death of cultured keratinocytes stressed by dehydration[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 2012, 106: 61-68.
- [12] Lin C, Liu X, Peyton K, et al. Far infrared therapy inhibits vascular endothelial inflammation via the induction of heme oxygenase-1[J]. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 2008, 28(4): 739-745.
- [13] Fishelson Z, Hochman I, Greene L, et al. Contribution of heat shock proteins to cell protection from complement-mediated lysis[J]. International Immunology, 2001, 13(8): 983-991.
- [14] Stewart G, Young D. Heat-shock proteins and the host-pathogen interaction during bacterial infection[J]. Current Opinion in Immunology, 2004, 16(4): 506-510.
- [15] Blachere N, Udono H, Janetzki S, et al. Heat shock protein vaccines against cancer[J]. Journal of Immunotherapy with Emphasis on Tumor Immunology, 1993, 14(4): 352-356.
- [16] Ishibashi J, Yamashita K, Ishikawa T, et al. The effects inhibiting the proliferation of cancer cells by far-infrared radiation (FIR) are controlled by the basal expression level of heat shock protein (HSP) 70A[J]. Medical Oncology, 2008, 25(2): 229-237.
- [17] Buchwalow I, Schneckeburger J, Tiemann K, et al. L-arginine-NO-cGMP signalling pathway in pancreatitis [J]. Scientific Reports, 2013, 3: 1899.
- [18] Ikeda Y, Biro S, Kamogawa Y, et al. Repeated sauna therapy increases arterial endothelial nitric oxide synthase expression and nitric oxide production in cardiomyopathic hamsters[J]. Circulation Journal, 2005, 69(6): 722-729.
- [19] Lin C, Chang C, Lai M, et al. Far-infrared therapy: A novel treatment to improve access blood flow and unassisted patency of arteriovenous fistula in hemodialysis patients[J]. Journal of the American Society of Nephrology, 2007, 18: 985-992.
- [20] Wang H, Huang T, Lo H, et al. Deficiency of the microRNA-31-microRNA-720 pathway in the plasma and endothelial progenitor cells from patients with coronary artery disease[J]. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 2014, 34: 857-869.
- [21] Huang P, Chen J, Lin C, et al. Far infra-red therapy promotes ischemia-induced angiogenesis in diabetic mice and restores high glucose-suppressed endothelial progenitor cell functions[J]. Cardiovascular Diabetology, 2012, 11: 99.
- [22] Park J, Lee S, Cho D, et al. Far-infrared radiation acutely increases nitric oxide production by increasing Ca^{2+} mobilization and Ca^{2+} /calmodulin-dependent protein kinase II-mediated phosphorylation of endothelial nitric oxide synthase at serine 1179[J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2013, 436: 601-606.
- [23] Hall C, Reynell C, Gesslein B, et al. Capillary pericytes regulate cerebral blood flow in health and disease[J]. Nature, 2014, 508(7494): 55-60.
- [24] Yang W, Yang D, Na S, et al. Dicer is required for embryonic angiogenesis during mouse development[J]. The Journal of Biological Chemistry, 2005, 280: 9330-9335.

[25] Giraldez A, Cinalli R, Glasner M, et al. MicroRNAs regulate brain morphogenesis in zebrafish[J]. Science, 2005, 308(5723): 833-838.

[26] Thum T. MicroRNA therapeutics in cardiovascular medicine[J]. EMBO Molecular Medicine, 2012, 4(1): 3-14.

[27] Boon R, Dimmeler S. MicroRNAs and aneurysm formation[J]. Trends in Cardiovascular Medicine, 2012, 21(6): 172-177.

[28] Boon R, Hergenreider E, Dimmeler S. Atheroprotective mechanisms of shear stress-regulated microRNAs[J]. Thrombosis and Haemostasis, 2012, 108(4): 616-620.

[29] 王蓉花, 马逊, 朱亚梅, 等. 宽谱治疗仪在血液透析患者新建动静脉内瘘成熟中作用[J]. 实用临床医药杂志, 2013, 17(22): 70-71.

Wang Ronghua, Ma Xun, Zhu Yamei, et al. The role of wide spectrum of therapeutic instrument in hemodialysis patients with arteriovenous fistula[J]. Journal of Clinical Medicine in Practice, 2013, 17(22): 70-71.

[30] Imamura M, Biro S, Kihara T, et al. Repeated thermal therapy improves impaired vascular endothelial function in patients with coronary risk factors[J]. Journal of the American College of Cardiology, 2001, 38(4): 1083-1088.

[31] Masuda A, Miyata M, Kihara T, et al. Repeated sauna therapy reduces urinary 8-epi-prostaglandin F(2alpha) [J]. Japanese Heart Journal, 2004, 45(2): 297-303.

[32] Ikeda Y, Biro S, Kamogawa Y, et al. Repeated sauna therapy increases arterial endothelial nitric oxide synthase expression and nitric oxide

production in cardiomyopathic hamsters[J]. Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society, 2005, 69(6): 722-729.

[33] Sobajima M, Nozawa T, Ihori H, et al. Repeated sauna therapy improves myocardial perfusion in patients with chronically occluded coronary artery-related ischemia[J]. International Journal of Cardiology, 2013, 167(1): 237-243.

[34] Kawaura A, Tanida N, Kamitani M, et al. The effect of leg hyperthermia using far infrared rays in bedridden subjects with type 2 diabetes mellitus[J]. Acta Medica Okayama, 2010, 64(2): 143-147.

[35] Ryotokuji K, Ishimaru K, Kihara K, et al. Preliminary results of pinpoint plantar long-wavelength infrared light irradiation on blood glucose, insulin and stress hormones in patients with type 2 diabetes mellitus [J]. Laser Therapy, 2013, 22(3): 209-214.

[36] Lin C, Yang W, Chen M, et al. Effect of far Infrared therapy on arteriovenous fistula maturation: An open-label randomized controlled trial[J]. American Journal of Kidney Diseases, 2013, 62(2): 304-311.

[37] Akasaki Y, Miyata M, Eto H, et al. Repeated thermal therapy up-regulates endothelial nitric oxide synthase and augments angiogenesis in a mouse model of hindlimb ischemia[J]. Circulation Journal: Official Journal of the Japanese Circulation Society, 2006, 70(4): 463-470.

[38] Tei C. Waon therapy: Soothing warmth therapy[J]. Journal of Cardiology, 2007, 49(6): 301-304.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



中国科学技术协会

《科技导报》8 篇论文入选科学技术部 2013 年度“领跑者 5000——中国精品期刊顶尖论文”

2014 年 9 月 26 日,2014 中国科技论文统计结果发布会在北京召开,2013 年度“领跑者 5000——中国精品期刊顶尖论文”揭晓,《科技导报》8 篇论文入选。

为了进一步提升“中国精品科技期刊”的品牌价值,巩固精品期刊学术影响力,构建展示精品期刊最高学术水准的舞台,促进学术交流和知识传播,2012 年 10 月中国科学技术信息研究所在国家科技部立项开展“精品期刊顶尖论文平台——领跑者 5000(F5000)”项目研究和平台建设。

2013 年度 F5000 提名论文是以定量分析方法,从 2008—2012 年发表在“中国精品科技期刊”上的原创性研究论文择优选取,以及由精品期刊主编和编委会参照选取标准文件推荐 2 篇 2013 年发表的最具影响的高水平论文,共计 5000 篇。

此次入选的论文将发布在 Web of Knowledge 国际检索系统平台上,即与 SCI 数据库在同一平台内实现文献链接和国际引文检索。《科技导报》编辑部向 F5000 论文作者表示祝贺及感谢,并真诚希望科研人员继续将最新、最优秀的论文投至《科技导报》!

第一作者	论文题目	作者单位	年(期):页码
陈运泰	汶川特大地震的震级和断层长度	中国地震局地球物理研究所	2008(10):26-27
汪 玉	舰艇抗冲击整体冲击隔离新概念及其机理研究	中国人民解放军海军装备研究院	2009(3):19-24
许 冲	汶川地震诱发滑坡灾害的数量与面积	中国科学院地质与地球物理研究所	2009(11):79-81
李 瑜	红芪染色体数目及核型分析	甘肃农业大学	2010(1):40-43
雍龙泉	绝对值等式问题的一个求解方法	陕西理工学院	2010(5):60-62
许 冲	玉树地震滑坡影响因子敏感性分析	中国地震局地质研究所	2012(1):18-24
叶小榕	基于增强现实和位置服务的手机广告系统	中国科学技术信息研究所	2013(4):67-73
卢 芸	高频超声法纳米纤维素纤维素的制备与表征	东北林业大学	2013(15):17-22