

·生物磁学·

电磁辐射对大鼠内皮祖细胞和肾脏组织学的影响*

赵洪雯¹ 张广斌² 王 源² 杨学森² 余争平^{2△}

(1 第三军医大学西南医院肾科 重庆 400038; 2 第三军医大学预防医学院劳动卫生学教研室 重庆 400038)

摘要 目的:研究电磁辐射对体外培养骨髓来源的内皮祖细胞(EPCs)增殖、迁移、黏附能力的影响,并探讨其与肾脏疾病的可能关系。方法:密度梯度离心法获取大鼠骨髓单个核细胞(MNCs),接种至纤维连接素包被的培养板上,培养6d后进行免疫细胞化学和免疫荧光鉴定EPCs。采用MTT比色法、Transwell小室和黏附能力测定实验,观察平均功率密度为65 mW/cm²,时间20 min的电磁辐射对EPCs的增殖、迁移、黏附能力的影响;同等剂量全身照射大鼠,光镜和透射电镜观察大鼠肾脏组织学和超微结构的变化。结果:从大鼠骨髓能成功分离培养获得EPCs。EPCs的增殖、迁移、黏附能力较对照组显著下降;大鼠接受全身照射后各时相点无明显组织学改变,但超微结构显示在照射后3h后开始出现肾小球毛细血管袢足突肿胀,12h后出现部分足突融合。结论:电磁辐射导致EPCs生物功能显著减弱,肾小球超微结构改变,电磁辐射可能与起肾脏疾病的发生有关。

关键词:内皮祖细胞;电磁辐射;肾脏病

中图分类号:Q64, Q95-3, R692 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2011)02-262-05

The Effects of Electromagnetic Radiation on Endothelial Progenitor Cells and Renal Histology*

ZHAO Hong-wen¹, ZHANG Guang-bin², WANG Yuan², YANG Xue-sen², YU Zheng-ping^{2△}

(1 Department of Kidney, Southwest Hospital Chongqing, 400038 China; 2 Department of Occupational Hygiene, College of Military Preventive Medicine, Third Military Medical University, Chongqing, 400038, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the effects of electromagnetic radiation on proliferation, migration, adhesion of endothelial progenitor cells (EPCs) cultured in vitro derived from rats bone marrow, and to investigate the relationship between electromagnetic radiation and kidney disease. **Methods:** Mononuclear cells (MNCs) were obtained from rats' bone marrow by density gradient centrifugation, cultured with EGM-2 complete medium on plate coated by fibronectin. After 6 days, the cells were identified by immunocytochemistry and immunofluorescence. The effects of electromagnetic radiation with 65 mW/cm² for 20 minutes on EPCs proliferation, migration, adhesion were detected by MTT colorimetric method, Transwell assay and adherence ability tests, and rats' kidney histological and ultrastructural changes of irradiating rats was detected. **Results:** EPCs could be obtained successfully by culture the MNCs from rats bone marrow. Compared with the control group, EPCs proliferation, migration and adhesion ability decreased remarkably. There was no obvious histological change when the rats received the irradiation at any time point. But the ultrastructure showed that there were podocytes swelling after irradiation of 3 hours and fusion after 12 hours in glomeruli capillary loops. **Conclusions:** Electromagnetic radiation can remarkably depress EPCs biological function and change glomeruli ultrastructure. Electromagnetic radiation probably caused the occurrence of kidney diseases.

Key Words: Endothelial Progenitor Cells (EPCs); Electromagnetic Radiation; Kidney Disease

Chinese Library Classification(CLC): Q64, Q95-3, R692 **Document code:** A

Article ID:1673-6273(2011)02-262-05

前言

随着生活电气化水平迅速提高,无线电广播、电视以及微波技术的发展,射频设备的功率成倍提高,地面上的电磁辐射(pulsed electromagnetic fields, PEMF)大幅度增加,已达到可以直接威胁人身健康的程度^[1,2]。PEMF的敏感器官之一是骨髓,成体的内皮祖细胞(endothelial progenitor cells, EPCs)主要来源于骨髓,并对肾脏固有细胞的更新与修复尤其是内皮细胞(en-

dothelial cells, ECs)有重要作用,但是PEMF对EPCs的影响及其与肾脏的关系未见报道。本课题拟以大鼠髓源性EPCs为研究对象,观察PEMF对EPCs增殖能力、迁移功能和黏附能力的影响,并观察电磁辐射后大鼠肾脏组织学和超微结构的变化,以期对电磁辐射对髓源性EPCs的影响和与肾脏病的关系提供理论依据。

1 材料与方法

* 基金项目:第三军医大学电磁辐射医学防护教育部重点实验室开放基金资助

作者简介:赵洪雯(1970-),女,副主任医师,副教授,主要从事慢性肾脏病的研究,发表论文20余篇。

E-mail: zhaohongwen@medmail.com.cn

△通讯作者:余争平,电话:(023) 68752290, Email: yuzping@yahoo.com

(收稿日期:2010-10-09 接受日期:2010-10-31)

1.1 实验动物

细胞来源为健康 Wistar 大鼠, 体质量(100 ± 20)g, 由第三军医大学实验动物中心提供。

1.2 主要仪器及试剂

微波辐照源(由第三军医大学劳动卫生学教研室微波生物效应研究中心提供), 显微镜照相系统(Olympus), 台式低温高速离心机(Heraeus), 深低温冰箱(Sanyo), 恒温培养箱(Beckman, 美国), TECNAI-10 透射电子显微镜(荷兰 Philips), Transwell 小室(Costar); EGM-2 完全培养基(Cambrex, 美国), 人纤维连接蛋白(R&D, 美国), 密度梯度为 1.077 的淋巴细胞分离液(天津灏洋生物制品公司)。DiI 标记的乙酰低密度脂蛋白(DiI-acLDL, Molecular probe), FITC 标记的荆豆凝集素 -1 (FITC-UEA-1, Vector), 血管内皮生长因子受体 -2 (VEGFR-2, Abcam, 英国) 和 vWF (Abcam, 英国)

1.3 细胞培养与辐照

大鼠骨髓源性 EPCs 的分离培养与鉴定依照文献和本组前期的工作进行^[3]: 大鼠处死后立即用生理盐水冲洗股骨骨髓, 密度梯度离心法获得骨髓单个核细胞, 接种在提前包被了人纤维连接素的培养板, EGM-2 完全培养液, 37°C 、5% CO_2 饱和湿度贴壁法培养。第 3 天全量换液, 洗去非贴壁细胞, 继续培养至第 6 天。免疫细胞化学检测贴壁细胞 VEGFR-2 和 vWF 的表达, 激光共聚焦显微镜下观察 DiI-acLDL 和 FITC-UEA-1 荧光双标, 鉴定贴壁培养第 6 天的细胞为 EPCs。

将培养第 6 天的 EPCs 在反射系数近似零的微波暗室接受均匀辐照 20 min, 辐照平均功率密度为 65 mW/cm^2 。假辐照组在相同条件下不接受微波辐照。

1.3.1 EPCs 增殖实验 培养第 6 天的 EPCs 照射后用 0.25% 胰蛋白酶消化收集, 悬浮在定量的培养基中计数。再将等量 EPCs 接种在包被了人纤维连接蛋白的 24 孔板, 培养 24h 后每孔加 $10 \mu\text{L}$ MTT (5 g/L), 培养 6 小时后, 吸弃上清液, 再加入二甲亚砜 ($150 \mu\text{L}$ / 孔), 于微量振荡器充分振荡 10min, 置酶标仪于波长 490nm 处测吸光度值 (D_{490}), 计算 EPCs 增殖能力。

1.3.2 EPCs 迁移实验 改良的 Boyden 小室的下室加培养基。用 0.25% 胰蛋白酶消化收集培养第 6 天的贴壁细胞, 悬浮在定量的培养基中计数。再将等量 EPCs 用于迁移实验, 1×10^5 照射或对照组的 EPCs 悬浮在 $50 \mu\text{L}$ 培养液注入上室培养 6 小时, 刮去滤膜上面的未移动细胞, 用甲醇固定, 苏木精染色, 选择 3 个高倍显微镜视野 ($\times 400$), 计数迁移的细胞。

1.3.3 黏附实验 培养第 6 天的 EPCs 照射后, 用 0.25% 胰蛋白酶消化 2.0~3.0 min 后, 加入 2 倍 EGM-2 培养基终止, 将细胞悬液收集于离心管中, 于 800 rpm 离心 5min, 弃上清, 悬浮在 $500 \mu\text{L}$ 培养液中并计数, 然后将相同数目的细胞接种于提前包被有人纤维链蛋白的 24 孔板, 37°C 、饱和湿度、5% CO_2 培养箱培养 30min, 弃上清, 用 Hanks 液轻洗 2 次后, 计数贴壁细胞数。

1.4 大鼠电磁辐射肾脏组织学和超微结构检测

1.4.1 动物分组与辐照 大鼠随机分为正常对照组合电磁辐射组。照射大鼠照射前在清洁环境中适应性喂养 1 周, 基本状态良好即开始实验。大鼠接受接受均匀辐照 20 min, 辐照平均功率密度为 65 mW/cm^2 。对照组在相同条件下放置于电磁辐射室

内未接受照射。

1.4.2 观察指标 各组均于照射后 0h、3h、6h、12h、24h 和 48h 取血自动生化分析仪检测血清肌酐; 取肾组织用 10% 甲醛固定, 常规石蜡切片, HE、MASSON 和 PAS 染色观察肾脏组织学改变; 同时取肾组织用 4°C 的 2.5% 戊二醛固定, 锇酸后固定、环氧树脂包埋、超薄切片、钨铅双染、透射电镜观察超微结构。

1.5 统计学分析

计量资料用均数 $\pm$ 标准差表示, 所有数据均采用 SPSS 16.0 进行统计分析, 以 $P < 0.05$ 为存在统计学差异。

2 结果

2.1 EPCs 的体外培养及鉴定

骨髓来源的单个核细胞贴壁培养 3 天时倒置显微镜观察, 可见细胞开始增殖, 呈 "集落" 样生长为梭形细胞, 其后细胞增殖速度加快, 至第 6 天细胞数显著增加 (图 1)。免疫细胞化学分析显示, vWF (图 2) 和 VEGFR-2 染色阳性 (图 3), 同时激光共聚焦结果显示, 细胞呈 DiI-acLDL 和 FITC-UEA-1 免疫双荧光阳性 (图 4), 提示在含有 FGF、VEGF、R3- 胰岛素生长因子、维生素 C 和人表皮生长因子的 EGM-2 完全培养基中贴壁培养 6d 的细胞为正在分化的 EPCs^[4]。

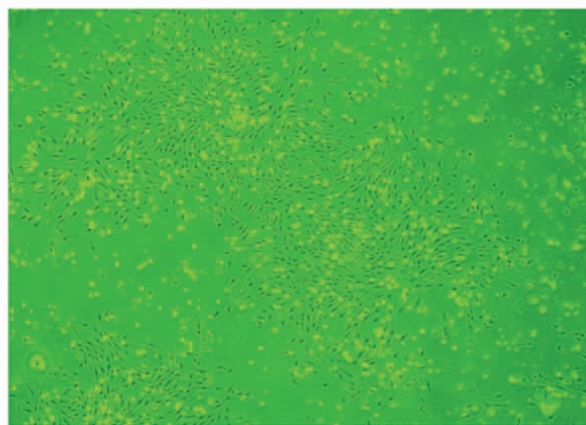


图 1 培养第 6d, 细胞数显著增加, 呈纺锤形或梭形 ($\times 100$)

Fig.1 After 6 days culture, cells increased remarkably, and presenting fusiform or fusiformis

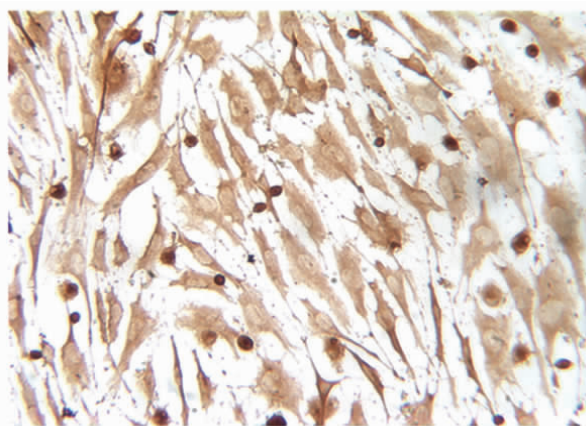


图 2 培养第 6d, EPCs 免疫细胞化学 vWF 阳性 ($\times 400$)

Fig.2 On day 6, the cultured cells immunocytochemistry of vWF positive ($\times 400$)

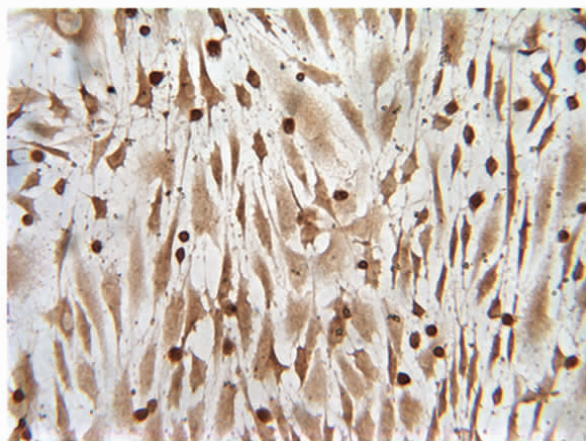


图3 培养第6d,EPCs免疫细胞化学 VEGF-R2 阳性($\times 400$)

Fig.3 On day 6, the cultured cells immunocytochemistry of VEGF-R2 is positive ($\times 400$)

2.2 电磁辐射对骨髓源 EPCs 增殖、迁移和黏附功能的影响

MTT 检测表明, 对照组和电磁辐射组的 A 值分别为

0.462 ± 0.027 、 0.218 ± 0.034 , 二组比较具有显著性差异($n=6$, $P<0.05$, 表 1)。Transwell 迁移实验表明, 对照组和电磁辐射组的迁移细胞数 / 视野分别为 38.42 ± 0.704 和 21.51 ± 0.532 , 二组比较有显著性差异($n=6$, $P<0.05$, 表 1)。0.25%胰酶消化体外培养的 EPCs, 重新接种 30min 后, PBS 洗掉未贴壁细胞, 显微镜下计数贴壁细胞, 结果显示对照组和电磁辐射组的黏附细胞个数 / 视野分别为: 33.19 ± 7.28 和 19.59 ± 5.37 , 二者比较也具有显著性差异($n=6$, $P<0.05$, 表 1)。

2.3 电磁辐射对大鼠肾功能的影响

电磁辐射组大鼠血清肌酐在各个时点与对照组比较, 均无显著性差异, 提示电磁辐射对大鼠总肾功能无明显影响。

2.4 电磁辐射对大鼠组织学和超微结构的影响

电磁辐射后各个时点大鼠肾脏组织学未见异常。但是透射电镜显示, 肾组织超微结构在照射后 3h 时即出现肾小球足突部分肿胀, 在照射后 12h 最明显, 出现足突部分融合, 有内皮细胞成对现象(图 5), 对照组大鼠透射电镜显示肾小球足突和内皮细胞未见异常(图 6)。

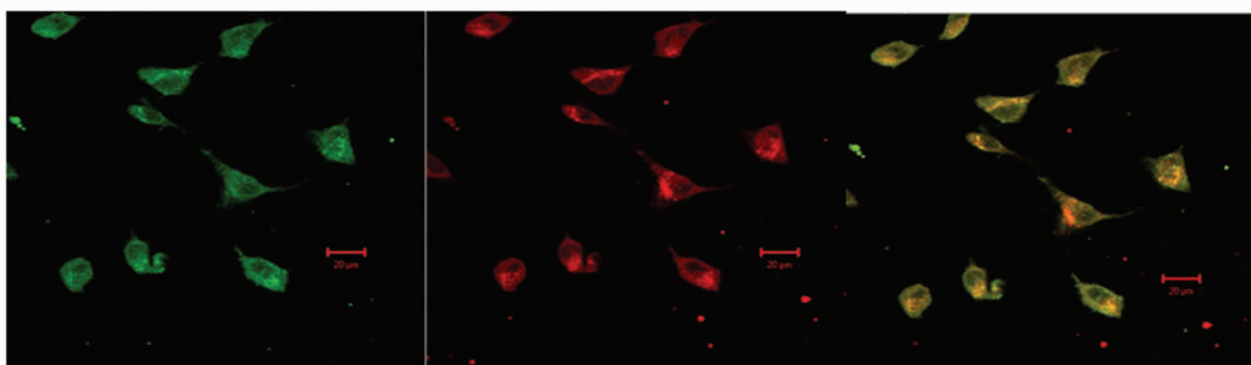


图4 激光共聚焦检测, 培养第6d 细胞与 FITC-UEA-1 结合显示绿色荧光(绿色荧光), 同时内吞 DiI-acLDL(红色荧光), 重合后为黄色免疫双荧光阳性细胞($\times 400$)

Fig.4 On day 6, the cultured cells showed yellow double-immunofluorescence positive of DiI-acLDL and FITC-UEA-1 By CFLM, ($\times 400$)

表 1 电磁辐射后大鼠髓源性 EPCs 的增殖、迁移和黏附功能变化

Table1 The changes of proliferation, migration, and adhesion of EPCs cultured in vitro

Groups	Proliferation[D(490)	Migration/HP ($\times 400$)	Adhesion/HP ($\times 200$)
Control group	0.462 ± 0.027	38.42 ± 0.704	33.19 ± 7.28
PEMF group	$0.218 \pm 0.034^*$	$21.51 \pm 0.532^*$	$19.59 \pm 5.37^*$

*: $P<0.05$, 与对照组比较 *: $P<0.05$, vs control

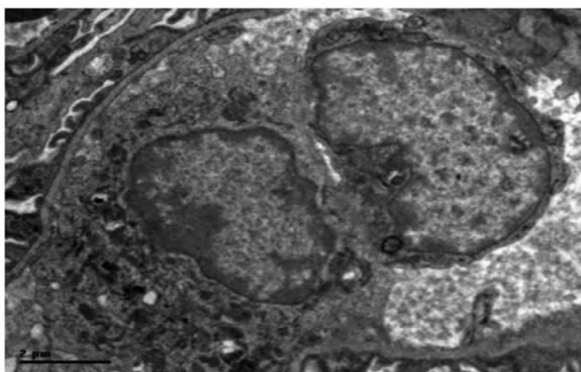


图5 透射电镜显示大鼠辐照 12h 时肾小球足突细胞部分融合, 内皮细胞成对

Fig.5 Transmission electron microscope showed when rats were irradiated for 12 hours, part of glomeruli podocytes fused, endothelial cells paired

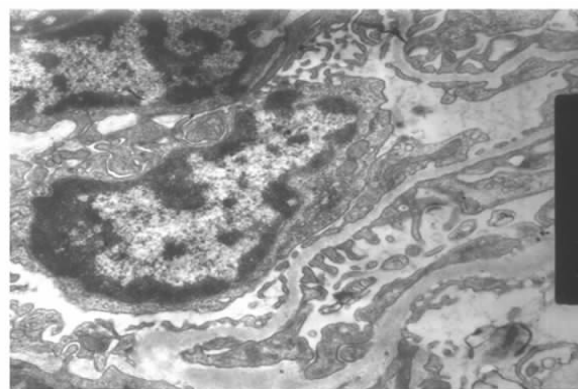


图6 对照组大鼠透射电镜显示肾小球足突和内皮细胞未见异常

Fig.6 Transmission electron microscope showed rats in control group after 12 h, the glomeruli podocytes and endothelial cells were normal

3 讨论

PEMF 是一种高能、超宽频谱(几乎包含电磁波谱的所有频段)的电磁波,在平时属于电磁污染的一种。研究发现,PEMF 可造成广泛的生物损伤效应,如与儿童白血病^[9]、成人脑瘤及乳腺癌发病率增高密切相关^[9]。骨髓是电磁辐射最敏感的器官之一。目前的研究显示电磁辐射对骨髓造血组织有显著损害,并与辐射剂量、辐照时间、平均功率密度等密切相关,不同强度的电磁波暴露可引起不同程度的外周血变化。长期接触电磁波骨髓造血组织呈现不同的病理变化。彭瑞云等^[6]采用辐射场强为 $6 \times 10^4 \text{V/m}$ 电磁脉冲辐照健康猕猴,照前骨髓中造血细胞含量丰富,各系统各阶段造血细胞均可见到,电磁辐照暴露后 1-14 天,骨髓中造血细胞进行减少,尤以各系统幼稚细胞减少为显著,暴露 28 天后骨髓中可见大量粒细胞和巨核细胞等成熟细胞而幼稚细胞偶见。同一研究发现电磁脉冲辐照健康猕猴,3 天后,凋亡细胞明显增多,以幼稚红细胞为主;照后 28 天-3 月,骨髓中造血细胞数量、形态逐渐恢复正常。PEMF 研究还包括对间充质干细胞的影响^[7],但是 PEMF 对骨髓 EPCs 的影响,及其与肾脏病的关系未见报道。

EPCs 最早由 Asahara 等于 1997 年发现并报道^[9]。它是一群具有游走特性和向受损内皮细胞(endothelial cells, ECs)处"归巢"的特性,尚未表达成熟 ECs 表型,能增殖并分化为血管 ECs 的前体细胞。成体的 EPCs 主要存在于骨髓,外周血中也有极少量存在。EPCs 不仅参与人胚胎血管生成,在出生后的血管新生过程中也具很强的促血管生成作用,并以血管发生的方式形成新生血管。除了促进缺血心肌、缺血肢体、损伤角膜、损伤皮肤的修复等方面的作用^[8-12],EPCs 在肾脏损伤修复作用的研究也日益增多。国外的研究显示,慢性肾功能不全时存在内皮祖细胞(endothelial progenitor cells, EPCs)功能不全,无法正常修复受损的肾小球 ECs 和小管间质血管的 ECs^[13],而肾动脉内给予体外培养的骨髓源性 EPCs,可以降低抗体诱导的 ECs、足细胞损伤并减轻系膜细胞的活化^[14],我们前期的实验中,经尾静脉移植体外诱导培养获得的 EPCs 给阿霉素诱导的进展期局灶节段性肾小球硬化(progressive focal segmental glomerulosclerosis, FSGS)模型大鼠的结果显示,EPCs 可以延缓 FSGS 的慢性化进展,电镜结果提示 EPCs 移植组的肾小球足细胞损伤修复出现早,内皮细胞损伤轻微,原位杂交结果显示外源性细胞掺入肾小球,这些结果说明 EPCs 对肾脏固有细胞,尤其是 ECs 的更新与修复具有重要作用^[15]。同时,流行病学研究显示近年肾脏疾病有逐渐增加的趋势,是否与电磁辐射影响骨髓 EPCs,进而影响肾脏固有细胞的更新与修复,尚未见报道,随着 PEMF 在各个领域的应用,亟待研究获得 PEMF 对大鼠骨髓 EPCs 及其对肾脏的影响的结果。

本研究发现,20min 平均功率密度为 65mW/cm^2 的电磁辐射可以显著抑制体外培养的大鼠骨髓源性 EPCs 的增殖、分化和黏附等生物学特性,而大鼠接受同等剂量电磁照射后,虽然肾功能(血清肌酐)未受影响,而且组织学也未见显著改变,但是超微结构却在辐照后 3h 时即出现改变,表现为部分足突肿胀,至 12h 时出现部分足突融合,EC 成对现象,提示辐照可能造成大鼠肾脏的损伤,在损伤中包括内皮细胞和与之有密切关

系的足细胞。正常情况下足细胞合成的血管内皮生长因子(Vascular endothelial growth factor, VEGF),以旁分泌的形式作用于临近 EC 表面的 VEGF 受体,是维持肾小球毛细血管袢完整的必要条件。EC 损伤修复的来源之一是骨髓源性的 EPCs。电磁辐射可以显著抑制 EPCs 的增殖、迁移及黏附等生物学特性,同时电磁辐射导致肾脏足细胞和内皮损伤,可能是电磁辐射导致肾脏损伤的部分原因。

磁场对生物体的作用,不是简单的物理过程,在不同强度、不同时间、针对不同的细胞或组织会产生完全不同的效果。生物体是一个高度复杂的有序结构,在一定的程度上可以修复自身的损伤,但是如果修复损伤所需要的细胞来源也受到磁场的损伤,累积达到一定程度时可能导致疾病的发生,如肾脏,电磁辐射导致肾脏超微结构的改变以及电磁辐射抑制 EPCs 生物学效应的关系研究可能为肾脏病的发病机制提供了新的理论依据。

参考文献(References)

- [1] Maes A, Van Gorp U, Verschaeve L. Cytogenetic investigation of subjects professionally exposed to radiofrequency radiation[J]. *Mutagenesis*, 2006, 21(2): 139-42
- [2] 孟旭英, 高春记. 电磁辐射与血液系统肿瘤发生的研究现状 [J]. *中国预防医学杂志*, 2009, 10(4): 314-316
Meng Xu-ying, Gao Chun-ji. The study situation of the electromagnetic radiation on tumorigenic of hematological system [J]. *Chin Prev Med*, 2009, 10(4): 314-316
- [3] Asahara T, Murohara T, Sullivan A, et al. Isolation of putative progenitor endothelial cells for angiogenesis [J]. *Science*, 1997, 275(5302): 964-967
- [4] Michelozzi P, Capon A, Kirchmayer U, et al. Adult and childhood leukemia near a high-power radio station in Rome, Italy[J]. *Am J Epidemiol*, 2002, 155(12): 1096-103
- [5] McElroy JA, Egan KM, Titus-Ernstoff L, et al. Occupational exposure to electromagnetic field and breast cancer risk in a large, population-based, case-control study in the United States [J]. *J Occup Environ Med*, 2007, 49(3): 266-274
- [6] 彭瑞云, 王德文, 高亚兵, 等. 电磁脉冲辐射对猕猴凝血机制的影响 [J]. *中国医学物理学杂志*, 2002, 19(3): 161-162
Peng Rui-yun, Wang De-wen, Gao Ya-bing, et al. The effects of pulse electromagnetic radiation on macaque clotting mechanism[J]. *Chinese Journal of Medical Physics*, 2002, 19(3): 161-162
- [7] 周娅蕾, 罗二平, 申广浩, 等. 脉冲电磁场对大鼠骨髓间充质干细胞增殖及成骨分化的影响 [J]. *第四军医大学学报*, 2007, 28(13): 1234-1237
Zhou Ya-lei, Luo Er-ping, Shen Guang-hao, et al. Effects of pulsed electromagnetic fields on proliferation and differentiation of cultured rat mesenchymal stem cells[J]. *Journal of the Fourth Military Medical University*, 2007, 28(13): 1234-1237
- [8] Zhang ZG, Li Z, Quan J, et al. bone marrow-derived endothelial progenitor cells participate in cerebral neovascularization after focal cerebral ischemia in the adult mouse [J]. *Cir Research*, 2002, 90(3): 284-288
- [9] Friedrich EB, Walenta K, Scharlau J, et al. CD34-/CD133+/VEGFR-2+ endothelial progenitor cell subpopulation with potent vasoregenera-

- tive capacities[J]. *Cir Res*, 2006, 98(3): 20-25
- [10] Miyamoto M, Yasutake M, Takano H, et al. Therapeutic angiogenesis by autologous bone marrow cell implantation for refractory chronic peripheral arterial disease using assessment of neovascularization by ^{99m}Tc-tetrofosmin (TF) perfusion scintigraphy[J]. *Cell Trans*, 2004, 13(4): 429-437
- [11] Tateishi YE, Matsubara H, Murohara T, et al. Therapeutic angiogenesis for patients with limb ischaemia by autologous transplantation of bone-marrow cells: A pilot study and a randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2002, 360(9331): 427-435
- [12] Numaguchi Y, Sone T, Okumura K, et al. The impact of the capability of circulating progenitor cell to differentiate on myocardial salvage in patients with primary acute myocardial infarction [J]. *Circulation*, 2006, 114(S1): I114-I119
- [13] Rodriguez AE, Holmen C. Imbalance between Detached Circulating Endothelial Cells and Endothelial Progenitor cells in Chronic Kidney Disease[J]. *Blood Purif*. 2005, 24(2): 196-202
- [14] Uchimura H, Marumo T, Takase O, et al. Intrarenal injection of bone marrow-derived angiogenic cells reduces endothelial injury and mesangial cell activation in experimental glomerulonephritis[J]. *J Am Soc Nephrol*. 2005, 16(4): 997-1004
- [15] 赵洪雯, 余荣杰, 刘宏, 等. 内皮祖细胞移植对延缓进展性局灶节段性肾小球硬化的实验研究 [J]. 第三军医大学学报, 2007, 29(21): 2044-2048
- Zhao Hong-wen, Yu Rong-jie, Liu Hong, et al. Endothelial progenitor cells transplantation ameliorates the progression of progressive focal segmental glomerular sclerosis[J]. *Acta Acsademiae Medicinae Militaris Tertiae*, 2007, 29(21): 2044-2048

封面说明

共同的画卷 - 封面设计说明

自 1997 年第一只克隆羊多利的诞生拉开了人造生命的序幕,2010 年, 可谓是人造生命科学发展的一个新的里程碑。本刊 2011 年封面设计的灵感来自于人造生命技术的蓬勃发展:① 封面背景以第三代测序技术即基于纳米孔的单分子实时 DNA 测序技术的研制成功为契机(图中,偏下),这为人造生命及人类健康提供了强有力的技术支撑。② 封面图案以 2010 年诺贝尔生理与医学奖的体外受精技术(即试管婴儿),最强壮晶胚的筛选技术,人工卵巢及人类卵细胞的培育技术为主体(图上,右,中,左),这些不仅为不孕不育患者带来了福音,同时为社会的稳定与和谐贡献了力量。③ 封面图案同时也融合了人造生命的最新研究成果即首个能自我生长,繁殖的人造生命细胞 Synthia 的问世(六边形图,右),由干细胞培育出的肺脏(六边形图,左)等最新研究成果。④ 封面图案同时也展示了人造生命发展的伦理学争议与潜在的危机,关于艾滋病的研究取得了很多成就,但我们还没有攻克艾滋病,特别是 Superbug 耐药性超级细菌的出现,让无数人感到前所未有的恐慌(六边形,中)。⑤ 生命科学的一切研究成果,只不过是生物医学历史的长河中一朵浪花,因此图片采用波浪形设计,如河流奔涌向前,如画卷色彩缤纷,如电影胶片所有的成就与辉煌一闪而过,未来会更加让人期待。新技术新理论的发明与发展,需要有准备的大脑,也需要灵光突闪的思想火花。对于与人类密切相关的生物医学领域,我们如图中的小孩一样,睁大纯真的眼睛,好奇的观察、了解;我们也需要运用一系列的技术手段,面对未知的一个个“黑箱”问题,需要细心大胆的研究、推断;同时我们需要时刻警觉生命科学技术发展应用这把双刃剑潜伏的危机,应当科学探索并利用自然规律来更好的为人类服务。

我们坚信,《现代生物医学进展》正是为生物医学领域的科研工作者提供了这样一个可以充分挥洒展示画卷的平台,不断记录着生物医学领域最新最成功的成果。这是我们共同的画卷,让我们与你们共同分享灵感与喜悦,成功与辉煌!