

电针内关穴及列缺穴对心肌缺血大鼠心肌细胞蛋白激酶表达的影响

王颖 李迪 戴俭宇 刘昱甫 荆秦 王熙 王列

摘要 **目的** 研究电针内关穴及列缺穴对心肌缺血大鼠心肌细胞蛋白激酶表达的影响。**方法** 健康雄性 SD 大鼠按照随机数字表随机分为对照组、模型组、内关组、列缺组、非经非穴组, 每组 10 只。采用注射盐酸异丙肾上腺素(85 mg/kg) 制作大鼠心肌缺血模型, 针刺内关、列缺、非经非穴进行干预, 通过 Western blot 检测技术, 观察电针前后各组大鼠心肌细胞蛋白激酶 A (protein kinase A, PKA)、蛋白激酶 C (protein kinase C, PKC) 及蛋白激酶 G (protein kinase G, PKG) 表达量的变化情况。**结果** 与对照组比较, 模型组 PKA、PKC、PKG 的表达明显升高 ($P < 0.01$)。与模型组比较, 内关组和列缺组 PKA、PKC、PKG 蛋白表达量均降低 ($P < 0.01$, $P < 0.05$), 非经非穴组 PKA 蛋白表达量降低 ($P < 0.01$); 与内关组比较, 列缺组、非经非穴组 PKA、PKC、PKG 的表达量明显升高 ($P < 0.01$, $P < 0.05$); 与列缺组比较, 非经非穴组 PKA、PKC、PKG 表达量升高 ($P < 0.01$, $P < 0.05$)。**结论** 电针内关穴和列缺穴均可以降低心肌缺血大鼠心肌细胞蛋白激酶的表达量, 且内关穴的针刺效应优于列缺穴。

关键词 心肌缺血; 蛋白激酶 A; 蛋白激酶 C; 蛋白激酶 G; 内关穴; 列缺穴

Effect of Electro-acupuncture at Neiguan (PC6) and Lieque (LU7) on the Expression of Protein Kinases in Cardiomyocytes of Myocardial Ischemia Rats WANG Ying, LI Di, DAI Jian-yu, LIU Yu-fu, JING Qin, WANG Xi, and WANG Lie Faculty of Clinical Research on Acupuncture, Acupuncture and Massage College, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang (110032), China

ABSTRACT **Objective** To study the effect of electro-acupuncture (EA) at Neiguan (PC6) and Lieque (LU7) on the expression of protein kinases in cardiomyocytes of myocardial ischemia (MI) rats. **Methods** Healthy male SD rats were randomly divided into the control group, the model group, the Neiguan point group, the Lieque point group, and the non-meridian non-acupoint group, 10 in each group by random digit table. The MI rat model was established by injecting isoprenaline hydrochloride (85 mg/kg). EA at Neiguan (PC6), Lieque (LU7), and non-meridian non-acupoint were respectively performed. Changes of the expression of protein kinases [such as protein kinase A (PKA), protein kinase C (PKC), protein kinase G (PKG)] in rat cardiomyocytes were observed using Western blot. **Results** Compared with the control group, expression levels of PKA, PKC, and PKG increased obviously in the model group ($P < 0.01$). Compared with the model group, expression levels of PKA, PKC, and PKG decreased in the Neiguan point group and the Lieque point group ($P < 0.01$, $P < 0.05$). Expression levels of PKA decreased in the non-meridian non-acupoint group ($P < 0.01$). Compared with the Neiguan point group, expression levels of PKA, PKC, and PKG increased in the non-meridian non-acupoint group and the Lieque point group ($P < 0.01$, $P < 0.05$). Compared with the Lieque point group, expression levels of PKA, PKC, and PKG increased in the non-meridian non-acupoint group ($P < 0.01$, $P < 0.05$). **Conclusion** EA at Neiguan (PC6) and Lieque (LU7) could decrease protein expression levels of PKA, PKC and PKG in rat myocardial cells, and the effect of acupuncture at Neiguan (PC6) was better than that obtained by EA at Lieque (LU7).

基金项目: 国家 973 计划资助项目 (No. 2012CB518500)

作者单位: 辽宁中医药大学针灸推拿学院针灸临床教研室 (沈阳 110032)

通讯作者: 王颖, Tel: 024-31207140, E-mail: wangying@126.com

DOI: 10.7661/CJIM.2015.03.0338

KEYWORDS myocardial ischemia; protein kinase A; protein kinase C; protein kinase G; Neiguan (PC6); Lieque (LU7)

心血管疾病是当今世界导致人类死亡的三大疾病之一,心肌缺血是引发该类疾病的关键病理环节^[1],与《内经》中所描述的“真心痛”、“厥心痛”和“胸痹”相似,其主要病因为“脉不通”。经络系统是联系体表与脏腑的通路,心包又是心之外膜起到保护作用,因此临床常针刺心包经经穴来治疗心脏疾病。近年来,内关穴对心肌缺血动物心功能影响的实验研究已广泛开展^[2-4],其作用机制主要体现在对中枢神经系统、心血管活性物质以及能量代谢等方面的影响。随着分子生物学的发展,内关穴对缺血心肌细胞基因表达的影响也在逐渐被发现^[5,6],但对蛋白表达的影响却鲜见报道。本实验拟通过 Western blot 检测技术,观察蛋白激酶中影响细胞功能较大的 PKA、PKC、PKG,循经取穴对心肌缺血的治疗作用。

材料与方 法

1 实验动物 健康 SPF 级雄性 SD 大鼠 72 只,6 月龄,体重(200 ± 25)g,由辽宁长生生物技术有限公司提供,生产许可证号:SCXH(辽)2010-0001,使用许可证号:SYXH(辽)2010-0001,室温(24 ± 1)℃、相对湿度(50% ± 5%),适应性饲养 1 周。

2 试剂及仪器 戊巴比妥钠(北京博奥拓达科技有限公司,批号:P11011);盐酸异丙肾上腺素(美国 SIGMA 公司,批号:I5627-5G);生理盐水(吉林省广春药业有限公司,批号:B12050802);三羟甲基氨基甲烷(北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司,批号:22Q103150);十二烷基硫酸钠(北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司,批号:10D10143);甘氨酸(北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司,批号:21F101162);考马斯亮蓝(浙江黄岩人民化工厂,批号:270023);Anti-PKA antibody(美国 Abcam 公司,批号:20120910-01);ti-PKC antibody(美国 Abcam 公司,批号:20120916-01);Anti-PKG antibody(美国 Abcam 公司,批号:20120919-01);Anti-GAPDH Monoclonal antibody(美国 Abcam 公司,批号:20120912)。

BL-420S 生物机能实验系统(成都泰盟科技有限公司);6805-D 电针仪(汕头市医用设备有限公司);电子天平(RS223 北京赛多利斯仪器系统有限公司);华佗牌无菌针灸针(25 mm × 0.25 mm 苏州医疗用品厂有限公司);-80℃超低温冰箱(日本 SANYO 电

器集团);EPS300 电泳仪(上海天能科技有限公司);TGL-20M 高速台式冷冻离心机、恒温振荡器、JB-2 型恒温磁力搅拌器(上海雷磁新泾仪器有限公司);AX-II X 射线摄影暗匣(广东粤华医疗器械厂有限公司);BCA 蛋白定量测定试剂盒(北京鼎国昌盛生物技术有限责任公司)。

3 模型制备、分组及干预方法 采用 0.3% 戊巴比妥钠(30 mg/kg)经大鼠左下腹腔注射进行麻醉,然后仰卧位固定于操作台上,连接心电图仪,描述正常状态下心电图,按照随机数字表随机抽取 10 只大鼠作为对照组,四肢根部内侧皮下一次性多点位注射生理盐水(85 mg/kg),其余 62 只大鼠同样方式注射异丙肾上腺素(85 mg/kg),均间隔 24 h 第 2 次注射相应试剂后再次描述心电图。经过两次注射后,当心电图出现 T 波由正变负或双相,并伴有 S-T 段抬高、QRS 波增宽、窦性心动过速、期前收缩或其他心律失常等现象,提示造模成功^[7,8]。造模成功率为 64.5%。将符合标准的 40 只大鼠纳入研究对象,随机分成模型组、内关组、列缺组、非经非穴组,每组 10 只。于实验第 3 天开始进行针刺干预。

内关穴及列缺穴根据《实验针灸学》^[9]中大鼠针灸穴位的定位方法并参照人体腧穴定位方法进行定位,非经非穴定位于大鼠腹部神阙与天枢连线的中点,针灸针顺经斜刺入各组相应穴位皮下 2 mm。待大鼠稳定后接电针仪施以疏密波,频率 2 ~ 20 Hz,电流为 2 ~ 3 mA,电流强度以大鼠前肢出现与电针频率相一致的轻微颤动为宜。刺激 20 min,每天 1 次,连续 7 天。对照组与模型组不进行针刺。

4 检测指标及方法

4.1 取材及组织蛋白提取 取材:将各组大鼠断脊处死后,在冰袋上迅速分离出心脏组织,冰生理盐水冲洗干净,剪去心房及大血管,沿室间隔剪开左右心室。取左心室放入已编号的 EP 管中,转至 -80℃超低温冰箱保存待测。蛋白提取:取出大鼠心肌组织称重后放置于玻璃匀浆器中,放入 10% (10 mL/100 g) 裂解液冰上充分研磨,裂解 30 min 后,用移液枪将裂解液移至 1.5 mL 无菌 EP 管中,放入离心机,在 4℃条件下 12 000 r/min 离心 10 min,取出上清液分装于 1.5 mL EP 管中,-80℃冰箱保存待测。

4.2 Western blot 检测 PKA、PKC、PKG SDS 蛋白表达 凝胶电泳:配置 12% 分离胶缓慢平稳注入

两层玻璃板中至胶高约 6 cm, 24 °C 室温下放置约 0.5 h 至胶聚合完全后制备浓缩胶, 剩余空间灌满后立即将梳子插入浓缩胶中且使梳子保持水平, 同时取出提取好的蛋白与 SDS 上样缓冲液按 2:1 比例混合, 加到 1.5 mL 离心管中以 12 000 r/min 离心 2 min, 沸水煮 5 min 使蛋白完全变性。将制备好的凝胶放入到电泳槽中, 加入电泳缓冲液(胶槽内高于胶槽外), 缓慢拔出梳子, 吸取蛋白样品 50 μg/孔上样。盖盖, 打开电源(电源参数: 浓缩胶 80 V, 约 15 min, 分离胶 120 V, 以不跑出胶外为主)。

电转移: 转膜前制备足够转膜缓冲液充满转移槽, 准备 PVDF 膜剪成合适大小, 甲醇浸泡 5 min, 缓冲液浸泡 30 min, 滤纸与膜等大, 自然沉降, 缓冲液浸泡 30 min。从玻璃板上取下凝胶, 去除所有浓缩胶后浸入转膜缓冲液中, 在缓冲液中按阴极→滤纸→胶→膜→滤纸→阳极的顺序放置在转膜仪上, 赶压气泡, 接通电源(电源参数: 80 mA, 20 V, 3 h)。

免疫反应: 将转移膜取下, 用 TBST 从下向上浸湿后转至含有封闭液(5%脱脂奶粉)的平皿中, 37 °C 水浴震荡 1 h。对照标准 Marker 将膜上的目标蛋白剪下, 同时将一抗用封闭液稀释到适当浓度, 一起放入杂交袋中, 37 °C 水浴震荡 1 h 后 4 °C 过夜。用 TBST 在室温下脱色摇床上液洗 3 次, 每次 5 min。同样方法封闭液配置二抗并与膜接触, 37 °C 水浴震荡孵育 1 h 后, TBST 在室温下脱色摇床上液洗 4 次, 每次 5 min。

ECL 化学发光、显影、定影: 在暗室中, 将膜按顺序上下左右放到黑板上, 赶去杂交膜气泡, 均匀的滴加 ECL 发光液, 赶去杂交膜气泡后开始计时, 根据信号的强弱适当调整曝光时间。完成后取出 X 光片, 迅速浸入显影液中显影, 出现明显显影后马上浸入定影液中, 定影 5~10 min, 以胶片透明为止。

凝胶图像分析: 将胶片进行扫描, 用凝胶图案处理系统分析目标条带和内参条带的净光密度值以及其比值。

5 统计学方法 采用 SPSS 17.0 统计学软件, 实验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 蛋白净光密度值进行单样本方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1 各组大鼠干预期间一般状态比较 实验前各组大鼠饮食、饮水及二便正常, 精神状态良好, 毛色光润, 反应敏捷, 体重增加, 无死亡。对照组大鼠注射生理盐水后, 生理状态与实验前无异常改变。模型组、内关穴组、列缺穴组和非经非穴组注射 ISO

之后, 大鼠精神萎靡, 体毛枯燥无光泽, 反应迟钝, 体重降低, 各组出现不同程度死亡。针刺干预 7 天后, 内关穴组和列缺穴组大鼠精神状态好转, 毛色较光润, 体重有所增加, 但内关穴组比列缺穴组生理状态好; 模型组和非经非穴组生理状态在干预过程中无明显改善。

2 各组大鼠心电图 T 波电压变化(表 1) 实验过程中, 对照组大鼠心电图无明显变化; 造模后, 模型组、非经非穴组、内关组 and 列缺组大鼠心电图 T 波电压变化有统计学意义($P < 0.01$)。与造模后比较: 针刺后的内关组和列缺组大鼠心电图 T 波电压变化有统计学意义($P < 0.01$, $P < 0.05$), 且内关组大鼠心电图 T 波电压升高幅度明显大于列缺组; 非经非穴组大鼠心电图 T 波电压变化无统计学意义($P > 0.05$)。

表 1 各组大鼠心电图 T 波电压的比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	造模前	造模后	针刺后
对照	10	0.14 ± 0.06	0.13 ± 0.05	0.15 ± 0.04 **
模型	10	0.13 ± 0.07	0.04 ± 0.03 **	0.04 ± 0.03 **
内关	10	0.14 ± 0.03	0.04 ± 0.01 **	0.12 ± 0.04 *△△▲▲
列缺	10	0.12 ± 0.03	0.04 ± 0.02 **	0.08 ± 0.05 *△▲○
非经非穴	10	0.13 ± 0.03	0.04 ± 0.02 **	0.05 ± 0.02 **○○●

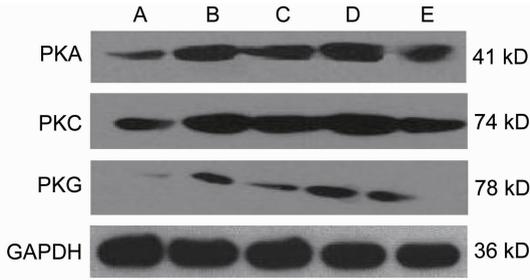
注: 与本组造模前比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与本组造模后比较, △ $P < 0.05$, △△ $P < 0.01$; 与模型组同期比较, ▲ $P < 0.05$, ▲▲ $P < 0.01$; 与内关组同期比较, ○ $P < 0.05$, ○○ $P < 0.01$; 与列缺组比较, ● $P < 0.05$

3 各组大鼠心肌细胞 PKA、PKC、PKG 表达比较(表 2) 三种蛋白激酶的变化趋势呈现一致性。与对照组比较, 模型组 PKA、PKC、PKG 表达量均显著升高, 差异有统计学意义($P < 0.01$)。与模型组比较, 内关穴组、列缺穴组 PKA、PKC、PKG 表达量显著降低, 差异有统计学意义($P < 0.01$, $P < 0.05$)。与内关组比较, 列缺组、非经非穴组 PKA、PKC、PKG 表达量显著升高, 差异有统计学意义($P < 0.01$, $P < 0.05$)。与列缺组比较, 非经非穴组 PKA、PKC、PKG 表达量显著升高, 差异有统计学意义($P < 0.01$, $P < 0.05$)。

表 2 各组大鼠心肌细胞 PKA、PKC、PKG 相对表达比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	PKA	PKC	PKG
对照	10	1.307 ± 0.100 **	1.34 ± 0.16 **	0.190 ± 0.016 **
模型	10	1.926 ± 0.137	2.09 ± 0.18	0.347 ± 0.032
内关	10	1.479 ± 0.015 **	1.58 ± 0.06 **	0.240 ± 0.013 **
列缺	10	1.644 ± 0.038 **△	1.82 ± 0.08 *△	0.289 ± 0.009 *△△▲
非经非穴	10	1.806 ± 0.075 **△△▲	2.04 ± 0.11△△▲	0.336 ± 0.036△△▲▲

注: 与模型组比较, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与内关组比较, △ $P < 0.05$, △△ $P < 0.01$; 与列缺组比较, ▲ $P < 0.05$, ▲▲ $P < 0.01$



注:A 为对照组;B 为模型组;C 为内关组;D 为非经非穴组;E 为列缺组

图 1 各组大鼠心肌细胞 PKA、PKC、PKG 表达结果

讨 论

PKC 是依赖 Ca^{2+} 和磷脂而存在的蛋白激酶。在静息状态下,PKC 主要存在于胞质中,活性很低,当心肌细胞受到外界刺激时,细胞膜上的磷脂酶水解磷脂产生二酰甘油(diacylglycerol, DAG),并与 Ca^{2+} 协同活化 PKC^[10]。PKA、PKG 是依赖于环核苷酸的蛋白激酶。其中,PKA 主要依赖 cAMP 信息传导途径激活,即在三磷酸鸟苷(guanosine triphosphate, GTP)的参与下,外部信号与细胞膜上的特异受体结合,通过激活 G 蛋白,影响腺苷酸环化酶(adenylate cyclase, AC)的活化,使 ATP 转变为 cAMP,从而激活 PKA^[11]。PKG 主要依赖于 cGMP 信息传导途径,与 cAMP 传导途径不同的是,cGMP 的生成不需要 G 蛋白的介导,而是通过受体本身激活,即通过酶联型受体生成。三种蛋白激酶的激活途径完全不同,但均可通过使底物蛋白发生磷酸化,发挥调节心脏功能的作用。

一方面,PKA、PKC、PKG 均可以激活 K_{ATP} 通道^[12]。在正常状态下,心肌细胞中 ATP 合成充足时, K_{ATP} 通道活性很低,处于关闭状态^[13]。当心肌缺血时,由于 ATP 的合成不足,三种蛋白激酶分别与 K_{ATP} 通道上的多个磷酸化位点结合,使 K_{ATP} 通道蛋白发生磷酸化而大量激活开放, K^{+} 外流增加, Ca^{2+} 内流减少,心肌细胞内 Ca^{2+} 超负荷减轻,ATP 消耗减少,动作电位时程缩短,从而起到了改善心肌缺血的作用^[14,15]。另一方面,PKA、PKC、PKG 还可以参与心肌细胞膜和肌浆网上 L 型 Ca^{2+} 通道和 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATP 酶的调节。即三种蛋白激酶通过活化 Ca^{2+} - Mg^{2+} -ATP 酶,使肌浆网发生磷酸化,钙泵活性增强,摄取 Ca^{2+} 能力增加,从而抑制 L 型 Ca^{2+} 通道,减少 Ca^{2+} 内流,缩短动作电位 2 期(平台期)的时程,起到保护心肌细胞的作用^[12,16]。

“经脉所过,主治所及”,且心包为心之外膜,代心受邪,因此治疗心脏疾病时常循手厥阴心包经经穴进行针刺。内关穴既是手厥阴心包经的络穴,具有联络表里两经的作用,又是八脉交会穴之一,通阴维脉,“阴维为病苦心痛”(《难经·二十九难》)。因此,内关穴可调理气机、活血通络,为治疗心脏疾病的特效穴。而列缺穴是手太阴肺经的络穴,同样也是八脉交会穴之一,通任脉,但与心脏的关系不甚密切。本研究结果显示:电针内关穴、列缺穴 7 天均可以一定程度上降低蛋白激酶的表达,发挥保护心肌作用,并促进心脏功能的恢复,但内关穴的针刺效应明显高于列缺穴。非经非穴选取的是大鼠腹部神阙与双侧天枢连线中点,不属于任何经络,所以非经非穴在降低心肌缺血大鼠心肌细胞蛋白激酶的表达量方面几乎没有作用。因此,循经取穴在改善心肌缺血过程中发挥着重要作用,不容忽视。但是,本实验所选用的研究指标主要集中在 PKA、PKC、PKG 方面,需要进一步检测其他相关指标以完善针灸抗心肌缺血的机制。

参 考 文 献

- [1] 刘家岩,李光辉,杨欢.浅谈中国慢性非传染性疾病现状及防治[J].新疆医学,2013,43:5-6.
- [2] 胡玲,蔡荣林,吴子健,等.电针不同经穴对急性心肌缺血家兔心功能的影响[J].针刺研究,2008,33(2):88-92.
- [3] 李梦,胡玲,蔡荣林,等.电针“内关”“心俞”改善急性心肌缺血大鼠心率变异性的协同作用[J].中华中医药学刊,2008,36(8):1760-1761.
- [4] 蔡荣林,胡玲,汪克明,等.电针“内关”“太冲”穴对急性心肌缺血家兔心功能的影响[J].针刺研究,2010,35(2):104-107,123.
- [5] 谢芳,梁勋厂,吴红金,等.电针“内关”对急性心肌缺血大鼠心肌 c-fos 基因表达的影响[J].中国针灸,2005,25(5):355-358.
- [6] 梁宪如,席强,李晓梅,等.电针内关穴对急性心肌缺血大鼠缺血心肌基因表达的影响[J].天津中医药,2012,29(4):349-355.
- [7] Nandave M, Ojha SK, Joshi S, et al. Moringa oleifera leaf extract prevents isoproterenol-induced myocardial damage in rats: evidence for an antioxidant, anti-peroxidative, and cardioprotective intervention[J]. J Med Food, 2009, 12(1): 47-55.
- [8] Goyal SN, Arora S, Sharma AK, et al. Preventive effect of crocin of *Crocus sativus* on hemodynamic, biochemical, histopathological and ultrastructural alterations in isoproterenol-induced car-

- diotoxicity in rats [J]. *Phytomedicine*, 2010, 17 (3-4): 227-232.
- [9] 李忠仁主编. 实验针灸学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007: 327-329.
- [10] Rybin VO, Steinbera SF. Protein kinase c isoform expression and regulation in the developing rat heart[J]. *Circ Res*, 1994, 74(2): 299-309.
- [11] Stuenkel JT, Bolling A, Ingvaldsen A, et al. Beta-adrenoceptor stimulation potentiates insulin-stimulated PKB phosphorylation in rat cardiomyocytes via cAMP and PKA [J]. *Br J Pharmacol*, 2010, 160(1): 116-129.
- [12] 张滕. 心肌缺血适应中的蛋白激酶[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2011, 9(4): 471-474.
- [13] Gribble FM, Ashfield R, Ammala C, et al. Properties of cloned ATP-sensitive K^+ currents expressed in *Xenopus* oocytes [J]. *J Physiol*, 1997, 1498(Pt 1): 87-88.
- [14] Billman GE. The cardiac sarcolemmal ATP-sensitive potassium channel as a novel target for antiarrhythmic therapy [J]. *Pharmacol Ther*, 2008, 120(1): 54-70.
- [15] Bao L, Hadjiolova K, Coetzee WA, et al. Endosomal KATP channels as a reservoir after myocardial ischemia: a role for SUR2 subunits [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2011, 300(1): H262-H270.
- [16] 张海霞, 杜冠华. 蛋白激酶 C 在心肌适应中的作用机制[J]. *中国药理学通报*, 2001, 17(4): 376-379.
- (收稿: 2013-05-28 修回: 2014-07-23)

34 个医药卫生类项目荣获 2014 年度国家科技奖

2015 年 1 月 9 日, 国家科学技术奖励大会在北京人民大会堂隆重举行。习近平、李克强等党和国家领导人出席大会并为获奖代表颁奖。李克强同志代表党中央、国务院在大会上发表重要讲话, 强调要促进科技创新与经济社会发展深度融合, 使创新成果转化为现实生产力, 要通过深化改革健全技术创新市场导向机制。

2014 年医药卫生领域共有 34 个项目获得国家科技奖。其中, 国家科技进步一等奖 2 项, 国家科技进步二等奖 24 项, 创新团队奖 1 项, 国家自然科学基金二等奖 4 项, 国家技术发明二等奖 3 项。由国家卫生计生委牵头组织实施的国家科技重大专项共有 11 项成果获得 2014 年国家科技奖励。

重大传染病防治科技重大专项支持的“我国首次对甲型 H1N1 流感大流行有效防控及集成创新性”获国家科技进步一等奖, 该项目由中国疾病预防控制中心病毒病预防控制所侯云德院士牵头完成, 采用“举国体制协同创新”组织模式, 在诊断试剂、预警预测、重症治疗、疫苗研发等方面取得了 8 项世界第一的研究成果, 为我国和全球的疫情控制做出了突出贡献。

由重大新药创制科技重大专项支持的“中成药二次开发核心技术体系创研及其产业化”也获国家科技进步一等奖, 该项目由天津中医药大学张伯礼院士牵头完成, 项目围绕临床用药和中成药产业发展重大需求, 建立系列中成药二次开发的重大核心技术体系, 并应用于全国近百家企业, 培育了中药大品种群, 推动中药企业技术升级换代, 为重大疾病防治提供了安全有效、质优价廉的药物, 并显著提高了经济和社会效益。

(转载自国家卫生和计划生育委员会网站 2015 年 1 月 20 日)