

正常日本大耳白兔同步 12 导联心电图分析

衡紫微, 闫书妹, 常 超, 刘桂芝

(郑州大学第一附属医院物理诊断科, 郑州 450052)

【摘要】 目的 揭示正常日本大耳白兔同步 12 导联心电图特征, 为心血管疾病的实验研究提供心电图基本数据。**方法** 雄性日本大耳白兔 55 只, 20 % 乌拉坦腹腔麻醉, 描记兔同步 12 导联心电图, 并拍胸部 X 线正位片。**结果** 心电图: ① 日本大耳白兔心电图波形与人类相似, 均为窦性心律。心率较快, 265.5 ± 36.8 次/min, 未见心律失常发生; ② 仰卧位平均心电轴: $19^\circ \sim 250^\circ$, 波动范围较大; ③ P 波: 形态钝圆或略尖, 均符合窦性 P 波规律, 在肢体 II、aVF 导联及胸导联较为明显; ④ P-R 间期: (0.063 ± 0.007) s; ⑤ QRS 波: QRS 波时间为 (0.040 ± 0.005) s, 主波在 II、III、aVF 导联多数向上, 胸导联与人类相似, R/S 比值逐渐递增; ⑥ ST 段: 较短, 均位于等电位线; ⑦ T 波: T 波形态多圆顿, 部分双峰, 多数导联 T 波直立, 部分倒置, 平坦或双向。T 波在肢体 II、III、aVR、aVF 及胸导联较为明显; ⑧ QT 间期: QT 间期 (0.142 ± 0.015) s, QTc (0.306 ± 0.034) s。胸部 X 线正位片: 心影大多位于胸腔正中及右侧。**结论** 获得了兔标准 12 导联心电图波形及其各波段的正常值范围, 在心血管疾病的实验研究中具有一定的应用价值。

【关键词】 日本大耳白兔; 12 导联心电图; 正常值

【中图分类号】 R-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856(2016) 12-0020-07

doi: 10.3969/j.issn.1671-7856.2016.12.005

Synchronous 12-lead electrocardiogram analysis of normal Japanese white rabbits

HENG Zi-wei, YAN Shu-mei, CHANG Chao, LIU Gui-zhi

(Department of Physical Diagnosis, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China)

【Abstract】 Objective To observe the 12-lead ECG (electrocardiogram) characteristics of Japanese rabbits, and provide basic ECG data for cardiovascular disease research. **Methods** The 12-lead ECG and X-rays of 55 male Japanese rabbits were recorded in supine position after intraperitoneal injection of 20% urethane. **Results** ECG: ① The 12-lead ECG characteristics of male Japanese rabbits were similar to humans. The rabbit heart rate was 265.5 ± 36.8 beats/min, faster than that of humans. No arrhythmia was found in all the 55 rabbits. ② The supine position average ECG axis was between 19° to 250° , varying a lot. ③ P wave: The shape of P wave was blunt round or a little bit sharp. P waves were all in accordance with the sinus P wave rules, which were more obvious in lead II, aVF and all chest leads. ④ The PR interval was 0.063 ± 0.007 s. ⑤ The QRS duration was 0.040 ± 0.005 s. The main waves were mostly upward in leads II, III, and aVF. The same as humans, the R/S ratios were increased by degrees in chest leads. ⑥ The ST segment was short, and was located in the equipotential line. ⑦ The shapes of T wave were mostly round, partly had twin peaks. T waves were more obvious in leads II, III, aVR, and aVF and chest leads. ⑧ The QT interval was 0.142 ± 0.015 s, and QTc was 0.306 ± 0.034 s. In the X-rays, most heart shadows were in the center and right chest. **Conclusions** The

[基金项目] 河南省医学科技攻关计划项目(编号:2011020016)。

[作者简介] 衡紫微(1988-), 男, 硕士, 研究方向: 心脏电生理。E-mail: hzw32425@sina.com。

[通讯作者] 刘桂芝(1962-), 女, 副主任医师, 研究方向: 心脏电生理。E-mail: 15838023091@163.com。

normal values of 12-lead ECG characteristics of Japanese rabbits are obtained in this study, which are of certain application value in experimental studies of cardiovascular diseases.

【Key words】 Japanese white rabbits; 12-lead electrocardiogram; Normal values

兔是进行心血管实验研究的常用动物,心电图是临床心血管研究中对心功能进行评价的一项重要指标。目前对于兔的心电图实验数据国内外已有报道,但由于各学者所采用的兔的种类、品系不同,对兔进行心电图描记时兔的体位、心电图各导联的安放位置及数目不同,对所采集到的心电图测量方法不一致,使测得的各项数据颇有差异。尤其兔的标准 12 导联心电图少有作者报道,但标准 12 导联心电图在兔心肌缺血与坏死的定位诊断中^[1-3]、在心室肥大的定性诊断中^[4]均具有无可替代的价值。为此,我们采集了 55 只正常雄性日本大耳白兔的同步 12 导联心电图,并结合 X 线结果进行分析,以期进一步了解日本大耳白兔心电图的各项正常数值及其变化范围,为心血管疾病的实验研究提供心电图基本数据。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 实验动物:12 周龄普通级健康雄性日本大耳白兔 55 只,体重(2.0~3.0) kg,由北京金牧阳实验动物养殖有限责任公司提供【SCXK(京)2010-0001】,饲养于河南省实验动物中心【SYXK(豫)2011-0001】,于自动冲洗式不锈钢兔笼中单笼常规饲养,喂饲全价营养颗粒饲料,自由饮水,并按实验动物使用的“3R”原则给予人道关怀。

1.1.2 实验药品及仪器:乌拉坦(购自上海伊卡生物技术有限公司,配置成浓度为 20% 的溶液备用);心电图机:日本光电株式会社 ECG-9130P;X 线机:通用电气 GE R500。

1.2 方法

1.2.1 心电图检查方法^[5]:

20% 乌拉坦 10 mL/kg 腹腔麻醉,待兔角膜反射和夹趾反射迟钝、四肢肌张力降低,取仰卧位,固定于兔台上。粗剪刀剪除胸部及四肢兔毛,并用电推刀剔除多余绒毛,备皮完成。将自制针型电极刺于四肢皮下,作为肢体导联;同时,分别刺于胸前皮下,位置大致与人体 V1~V6 导联相同,作为胸导联。将电极与心电图机连接,打开电源开机,调节走纸速度为 50 mm/s,定标电压 10 mm/mV 或 20 mm/mV,待基线平稳后,开始走纸记录兔心电图。

1.2.2 心电图各项指标的测量:

1.2.2.1 P 波和 QRS 波群振幅的测量:测量正向波的高度时,以参考水平线上缘垂直地测量至波的顶端;测量负向波的高度时,以参考水平线下缘垂直地测量至波的底端。P 波振幅的测量以 TP 段作为参考水平线,QRS 波振幅的测量,以 QRS 波起点作为参考点,过参考点划一水平线为参考水平线。

1.2.2.2 P 波和 QRS 波时限的测量:同步 12 导联心电图,以 P 波或 QRS 波最早起始导联的起点作为 P 波或 QRS 波的起点,最晚终止导联的终点作为 P 或 QRS 波的终点,P 波或 QRS 波起点到终点的时间即为测得的 P 波或 QRS 波时限。

1.2.2.3 QT 间期的测量:从 QRS 波起点至 T 波终点的时间。若 T 波和 U 波融合或 T 波终点难以判断时,以 T 波降支切线和 TP 段的交点为 T 波终点。

1.2.2.4 QTc:指心率校正后的 QT 间期,公式为 $QTc = QT / \sqrt{RR}$,RR 为心动周期时间。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件包进行数据处理,计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。两组独立样本的比较采用 *t* 检验。多组定量资料的比较选用单因素方差分析(One-Way ANOVA),多样本均数的两两比较用 LSD 法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

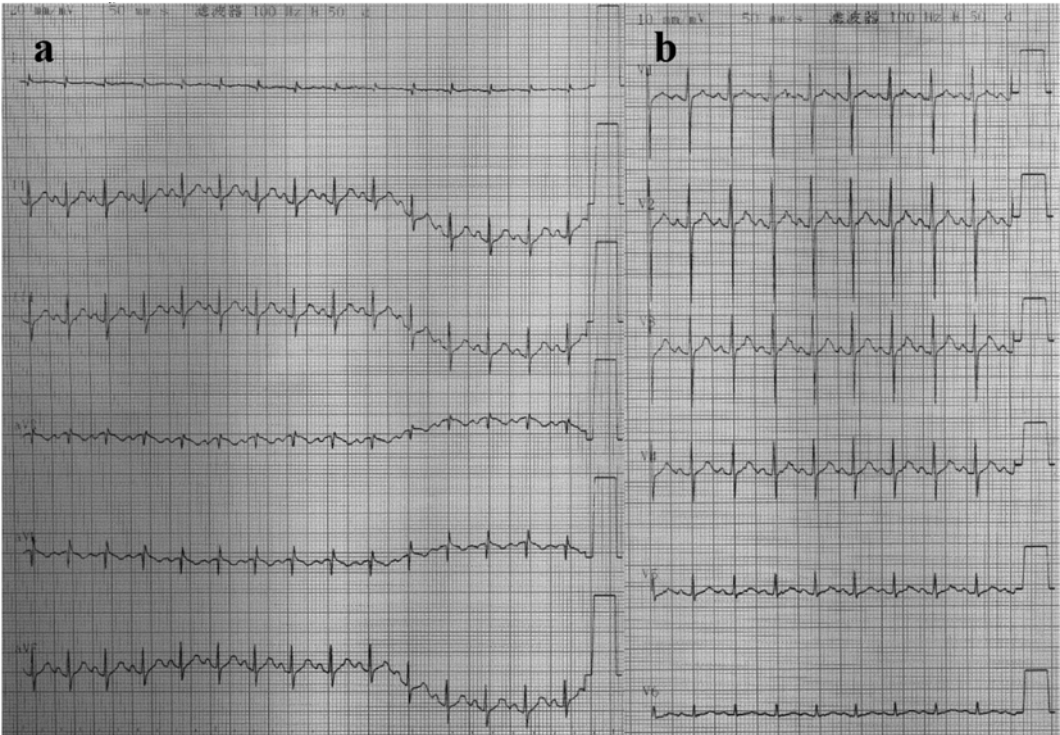
2 结果

2.1 心律及心率

55 只日本大耳白兔均为窦性心律;平均心率为 (265.5 ± 36.8) 次/min,未见心律失常发生。日本大耳白兔标准 12 导联心电图见图 1。

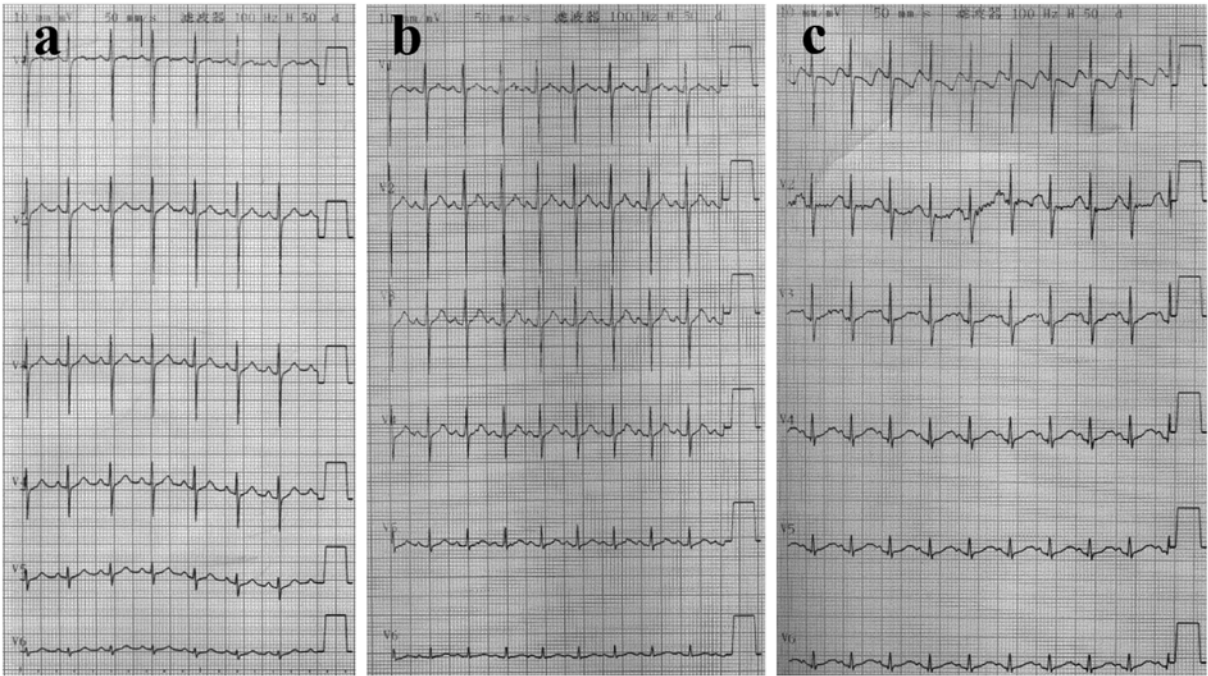
2.2 平均心电轴及钟向转位

日本大耳白兔的平均心电轴波动在 19° 至 250° 之间,平均心电轴 $109 \pm 75^\circ$ 。其中 26 只(47.3%)平均心电轴正常($-30^\circ \sim +90^\circ$),4 只(7.3%)平均心电轴左偏($-30^\circ \sim -90^\circ$),14 只(25.4%)平均心电轴右偏($+90^\circ \sim \pm 180^\circ$),其中,有 11 只(约 20.0%)平均心电轴在 $-90^\circ \sim \pm 180^\circ$ (即“无人区”电轴或不确定电轴)。55 只日本大耳白兔心脏钟向转位:27 只(49.1%)无钟向转位,9 只(16.4%)呈顺钟向转位,19 只(34.5%)呈逆钟向转位。日本大耳白兔胸导联心电图所示钟向转位见图 2:



注:a. 肢体导联;b. 胸导联。
图 1 日本大耳白兔标准 12 导联心电图
Note. a. Limb leads; b. Chest leads.

Fig.1 Standard 12-lead ECG of Japanese white rabbits



注:a;示顺时针转位;b;示无顺时针转位;c;示逆时针转位
图 2 日本大耳白兔胸导联心电图所示钟向转位
Note. a: Clockwise rotation; b: No clockwise rotation; c: Counterclockwise rotation
Fig.2 Chest leads ECG of Japanese white rabbits showed clockwise rotation

2.3 P 波

2.3.1 时限:P 波时限为 0.038 ± 0.004 秒。

2.3.2 形态:日本大耳白兔各导联均可见明显的 P 波,其形态呈钝圆形或略尖,部分可见轻度切迹,P 波在 II、III、aVF 及 V1 ~ V6 导联直立,aVR 导联倒置,符合窦性 P 波的规律。而 P 波在 II、aVL 导联形态多变,I 导联多数直立,个别平坦或双向,在 aVL 导联多数倒置,部分双向或平坦,各导联 P 波的形态详见表 1。由于日本大耳白兔心率较快,尚有部分 P 波重叠于前一心动周期 T 波的降支而不能明示。

2.3.3 电压:日本大耳白兔的 P 波在 II 及 V1 ~ V5 导联电压高于其他导联,差异有统计学意义($P < 0.01$)。日本大耳白兔心电图各导联 P 波的形态及电压详见表 1。

2.4 P-R 间期

日本大耳白兔的平均 P-R 间期为 (0.063 ± 0.007) s,在本实验中,55 只雄性日本大耳白兔的 PR 段均较明显,且大多数在等电位线上,少数轻微抬高或压低。

2.5 QRS 波群

2.5.1 时限:雄性日本大耳白兔的 QRS 波群时限为: (0.040 ± 0.005) s。

2.5.2 形态:日本大耳白兔心电图各导联 QRS 波群波形态详见表 2,其中主波方向在 II、III、aVF 导联

多数向上,在 aVR 导联多数向下,在 I、aVL 导联变化较大。胸导联 V1、V2 主波向下,但 R 波振幅均较高,较人类 R/S 比值稍大,V3、V4 导联 R 波与 S 波振幅相差不大,在 V5、V6 导联则以 R 波为主。

2.5.3 电压:日本大耳白兔心电图各导联 QRS 波群电压详见表 3。当日本大耳白兔在肢体导联与胸导联采用相同倍数标准电压时,记录到的胸导联 QRS 波形的电压为 (1.440 ± 0.586) mV,明显高于肢体导联 (0.513 ± 0.253) mV,两者差异有统计学意义($P < 0.01$)。

2.6 ST 段

本实验所见多数日本大耳白兔 ST 段较短,表现为 QRS 波与 T 波之间自然的过渡,而后与 T 波融合。绝大多数雄性日本大耳白兔 ST 段位于等电位线,无明显偏移。肢体导联 ST 段抬高幅度均未超过 0.05 mV,压低均未超过 0.025 mV,胸导联 ST 段抬高幅度均未超过 0.3 mV,压低均未超过 0.05 mV。其中 6 只(约 10.9%)胸导联 V1、V2 当 T 波直立时 ST 段 J 点后上斜形抬高,均未超过 0.3 mV,2 只(约 3.6%)当 V1、V2 导联 T 波倒置时出现 J 点后 ST 段下斜型压低,但均小于 0.05 mV,另有 1 只 ST 段在 V5、V6 导联水平样压低,未超过 0.05 mV。本实验仅 1 只日本大耳白兔在 III 导联出现 ST 段水平样压低,未超过 0.025 mV。

表 1 日本大耳白兔心电图各导联 P 波的形态及电压($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 The shapes and amplitude of P wave in 12 leads ECG of the Japanese white rabbits

导联 Leads	直立(%) Upward (%)	倒置(%) Downward (%)	平坦或双向(%) Flat or bidirectional (%)	电压(mV) Voltage (mV)
I	45(81.8)	0(0)	10(18.2)	$0.043 \pm 0.020^{**}$
II	55(100)	0(0)	0(0)	$0.125 \pm 0.035^{**}$
III	55(100)	0(0)	0(0)	$0.096 \pm 0.037^{**\Delta}$
aVR	0(0)	55(100)	0(0)	$0.085 \pm 0.030^{**}$
aVL	0(0)	74.5(41)	14(25.5)	$0.035 \pm 0.026^{**}$
aVF	55(100)	0(0)	0(0)	0.101 ± 0.035
V1	55(100)	0(0)	0(0)	$0.119 \pm 0.049^{**}$
V2	55(100)	0(0)	0(0)	$0.151 \pm 0.060^{**}$
V3	55(100)	0(0)	0(0)	$0.145 \pm 0.055^{**}$
V4	55(100)	0(0)	0(0)	$0.131 \pm 0.050^{**}$
V5	55(100)	0(0)	0(0)	$0.114 \pm 0.048^{**\Delta}$
V6	55(100)	0(0)	0(0)	$0.079 \pm 0.036^{**}$

注:II 导联电压分别与 I、III、aVR、aVL、V6 导联比较, $^{**}P < 0.01$; V1 导联电压分别与 I、III、aVR、aVL、V6 导联比较, $^{**}P < 0.01$; V2 导联电压分别与 I、III、aVR、aVL、V6 导联比较, $^{**}P < 0.01$; V3 导联电压分别与 I、III、aVR、aVL、V6 导联比较, $^{**}P < 0.01$; V4 导联电压分别与 I、III、aVR、aVL、V6 导联比较, $^{**}P < 0.01$; V5 导联电压分别与 I、aVR、aVL、V6 导联比较, $^{**}P < 0.01$, V5 导联电压与 III 导联比较, $^{\Delta}P < 0.05$ 。

Note. The voltage of lead II compared with lead I, III, aVR, aVL, V6, respectively, $^{**}P < 0.01$; The voltage of lead V1 compared with lead I, III, aVR, aVL, V6, respectively, $^{**}P < 0.01$; The voltage of lead V2 compared with lead I, III, aVR, aVL, V6, respectively, $^{**}P < 0.01$; The voltage of lead V3 compared with lead I, III, aVR, aVL, V6, respectively, $^{**}P < 0.01$; The voltage of lead V4 compared with lead I, III, aVR, aVL, V6, respectively, $^{**}P < 0.01$; The voltage of lead V5 compared with lead I, aVR, aVL, V6, respectively; $^{**}P < 0.01$, The voltage of lead V5 compared with lead III, $^{\Delta}P < 0.05$.

表 2 日本大耳白兔心电图各导联 QRS 波群波形出现率
Tab. 2 Prevalence of the QRS complex waveform in 12 leads ECG of the Japanese white rabbits

QRS 波群 波形 (%) QRS complex waveform (%)	导联 Leads											
	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
qR	29.1	5.5	0	0	14.5	1.8	0	0	0	0	5.5	12.7
Qr	7.3	0	0	0	43.6	0	0	0	0	0	0	0
qr	3.6	0	0	0	10.9	0	0	0	0	0	0	0
QR	0	0	0	0	23.6	0	0	0	0	0	0	0
QS	23.6	0	0	0	3.7	0	0	0	0	0	0	0
r	10.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R	0	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8	7.3
rS	12.7	30.9	30.9	14.5	0	23.6	67.2	54.5	30.9	23.6	10.9	12.7
Rs	10.9	45.5	32.7	0	0	41.8	7.3	0	9.1	36.4	49.1	40.0
RS	0	9.1	36.4	0	0	25.5	25.5	38.2	45.5	20.0	3.6	10.9
rSr'	0	0	0	36.4	0	0	0	0	0	0	0	0
rsr'	0	0	0	10.9	0	0	0	0	0	0	0	0
rsR'	0	0	0	23.7	0	0	0	0	0	0	0	0
rSR'	0	0	0	14.5	0	0	0	0	0	0	0	0
qrs	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.8
qRs	0	7.3	0	0	3.7	7.3	0	0	0	18.2	29.1	14.6
qrS	0	0	0	0	0	0	0	5.5	0	1.8	0	0
qRS	0	0	0	0	0	0	0	1.8	14.5	0	0	0

表 3 日本大耳白兔心电图各导联 QRS 波群各波电压值($\bar{x} \pm s$)
Tab. 3 The amplitude of QRS complex in 12 leads ECG of the Japanese white rabbits

导联 Leads	Q 波(mV) Q wave	R 波(mV) R wave	S 波(mV) S wave
I	0.086 ± 0.076	0.125 ± 0.114	0.116(0.040 ~ 0.230) *
II	0.080(0.040 ~ 0.150) *	0.375 ± 0.178	0.285 ± 0.185
III	0.063(0.050 ~ 0.090) *	0.386 ± 0.157	0.308 ± 0.143
aVR	0.186(0.060 ~ 0.340) *	0.172 ± 0.110	0.228 ± 0.125
aVL	0.192 ± 0.117	0.184 ± 0.099	0.164(0.140 ~ 0.200) *
aVF	0.083(0.050 ~ 0.120) *	0.379 ± 0.163	0.304 ± 0.148
V1	0.060 **	0.749 ± 0.362	1.110 ± 0.588
V2	0.100(0.080 ~ 0.120) *	0.863 ± 0.375	1.196 ± 0.593
V3	0.090(0.050 ~ 0.150) *	0.834 ± 0.314	0.823 ± 0.428
V4	0.084(0.050 ~ 0.220) *	0.709 ± 0.265	0.533 ± 0.398
V5	0.067(0.020 ~ 0.210) *	0.501 ± 0.246	0.238 ± 0.235
V6	0.047(0.010 ~ 0.210) *	0.318 ± 0.197	0.142 ± 0.014

注: *: 由于部分导联 Q 波或 S 波所占比例不足 50%, 此部分导联电压用所出现波形的算术平均数表示; **: V1 导联中 Q 波仅出现 1 次, 电压为 0.060 mV
Note. *: Because in some leads the ratio of Q wave or S wave was less than 50%, arithmetic mean of the amplitude was used to express the voltage in these leads. **: Q wave appeared only 1 time in lead V1, and the voltage was 0.060 mV.

2.7 T 波

2.7.1 形态: 雄性日本大耳白兔的 T 波与人类的 T 波形态相类似, 多呈钝圆形, 两肢不对称, 升支较缓慢, 降支较陡峭。T 波方向大多与 QRS 主波方向一致。T 波在肢体导联 II、III、aVR、aVF 及胸导连 V1 至 V6 较为明显, 其中在肢体导联 II、aVF 及胸导连

V3 至 V6 多直立, 在 aVR 导联多倒置, 在肢体导联 II、III、aVL 及胸导连 V1、V2 变化较多, 可见直立、倒置、平坦或双向。
2.7.2 电压 日本大耳白兔心电图各导联 T 波电压详见表 4。其中, T 波电压在 V3、V4 导联高于 V5、V6 导联, 两者差异有统计学意义($P < 0.05$)。

表 4 日本大耳白兔心电图各导联 T 波电压($\bar{x} \pm s$)

Tab. 4 The amplitude of T waves in 12 leads ECG of the Japanese white rabbits

导联 Leads	直立(%) Upward	倒置(%) Downward	平坦或双向(%) Flat or bidirectional	电压(mV) Voltage
I	41(74.5)	4(7.3)	10(18.2)	0.081 ± 0.058
II	53(96.4)	0(0)	2(3.6)	0.157 ± 0.067
III	48(81.2)	4(7.3)	3(5.5)	0.107 ± 0.048
aVR	0(0)	52(94.5)	3(5.5)	0.114 ± 0.055
aVL	8(14.5)	21(38.2)	26(47.3)	0.092 ± 0.041
aVF	53(96.4)	0(0)	2(3.6)	0.114 ± 0.057
V1	30(54.5)	18(32.7)	7(12.7)	0.202 ± 0.158
V2	44(80)	4(7.3)	7(12.7)	0.234 ± 0.155
V3	55(100)	0(0)	0(0)	0.264 ± 0.140 *
V4	55(100)	0(0)	0(0)	0.246 ± 0.125 *
V5	53(96.4)	0(0)	2(3.6)	0.171 ± 0.111 *
V6	52(94.5)	0(0)	3(5.5)	0.120 ± 0.066 *

注:胸导连 T 波 V3 导联分别与 V5、V6 导联电压比较, * $P < 0.05$;胸导连 T 波 V4 导联分别与 V5、V6 导联电压比较, * $P < 0.05$ 。
Note. The voltage of T wave in chest lead V3 compared with V5, V6, respectively, * $P < 0.05$; The voltage of T wave in chest lead V4 compared with V5, V6, respectively, * $P < 0.05$.



注:a 心影大部位于胸腔左侧,b 心影基本位于胸腔正中,c 心影大部位于胸腔右侧。

图 3 日本大耳白兔胸部 X 线正位片

Note. a. Most heart shadows were located in the left of the chest; b. Most heart shadows were located in the center of the chest; c. Most heart shadows were located in the right of the chest.

Fig.3 Chest X-rays of the Japanese white rabbits

2.8 QT 间期 本实验中日本大耳白兔 QT 间期 0.142 ± 0.015 秒,QTc 0.306 ± 0.034 秒。

2.9 心影 55 只日本大耳白兔的胸部正位 X 线片示

14 只(约 25.4%)心影大部分位于前正中线左侧,即心影大部位于胸腔左侧,20 只(约 36.4%)心影基本平均分布于前正中线两侧,即心影基本位于胸腔正中,21 只(约 38.2%)心影大部分位于前正中线右侧,即心影大部位于胸腔右侧。日本大耳白兔胸部 X 线正位片见图 3。

3 讨论

心电图是了解心脏疾病,尤其是心律失常和心

肌梗死无可替代的实验手段。兔作为心血管基础与临床研究中常用的实验动物,其不同导联心电图的实验数据国内外均有些记载,但已有的研究多仅限于肢体导联或任意添加 1 到几个胸部导联,标准 12 导联心电图波形及其各波段的正常值却罕见报道。标准 12 导联心电图具有以下优势:①能够较全面反映急性心肌缺血或梗死的部位;②相对于肢体导联,胸前 V1 ~ V6 导联为单极导联,距离心脏位置较近,能够更好的反应心脏的电学改变;③ 12 导联同步测量可以更准确的测得各波段的时间,避免因不同导联起始或终末向量投影角度的差异,导致测得的相同波段时限不一致。

本实验观察了 55 只雄性日本大耳白兔的标准

12 导联心电图,结果显示:55 只日本大耳白兔的心律均为窦性,与其他学者报道相符,其平均心率为 (265.5 ± 36.8) 次/min,与陈亮等^[6]报道的日本大耳白兔 (267 ± 38.3) 次/min 心率相接近,与谭莹等^[7]报道的日本大耳白兔 (278.9 ± 40.3) 次/min 相比心率稍慢,考虑可能为麻醉药物的影响,与此同时,本实验所测得的 P-R 间期 (0.063 ± 0.007) s 及 QTc (0.306 ± 0.034) ,亦较谭莹等^[7]所报道的数据 P-R 间期 (0.050 ± 0.007) s 及 QTc (0.218 ± 0.015) 有所增加,考虑与本组实验动物心率稍慢,尤其是 12 导联同步测量有关。12 导联同步测量,可精确定位 P 波、QRS 波和 T 波的起点和终点,避免了因心电图向量在不同导联间投影角度的不同而导致的测量误差。

本实验心电图轴所测数据波动较大,为 $(109 \pm 75)^\circ$,与游九芬等^[8]报道的日本大耳白兔 $(51 \pm 64.68)^\circ$ 及陈亮等^[6]报道的 $(51.43 \pm 41.89)^\circ$ 有所不同,与 Lord B 等^[9]报道的宠物家兔的心电图轴波动在 -43° 至 80° 亦有所差异。就本实验而言:本组日本大耳白兔,心电图轴正常的不到半数,占 47.3%,而电轴右偏的占 25.4%,其中无人区电轴占 20%;无钟向转位的占 49.1%,逆钟向转位即 V1~V4 导联 R/S 比值均增大的占 34.5%;结合日本大耳白兔胸部 X 线片,约 36.4% 的日本大耳白兔心影位于胸腔正中,38.2% 心影位于胸腔右侧,而仅有 25.4% 心影大部位于胸腔左侧。综合分析本组日本大耳白兔的心电图轴、钟向转位及其 X 线结果,其心电图数值较大是客观合理的。而分析本实验中所观察兔的心电图与其他学者的报道存在一定的差异,可能与下列因素有关:Lord B 等^[9]采用俯卧位对兔进行心电图描记,由于体位不同,导致所测得心电图数据与本实验存在一定差异;而本研究中由于样本量以及兔的周龄与其他学者^[6,8]的研究不同,也可引起心电图轴存在一定差异。

P 波在 II、III、aVF 及胸导联直立,aVR 导联倒置,I 与 aVL 导联 P 波方向变化较大,可见倒置、直立、低平和双相,与多数学者^[10,11]报道相符。P 波电压平均值在肢体导联 II、aVF 导联最大,亦与张世静等^[10]报道相似。本文 12 导联心电图同步观察显示:胸导联 V1~V5,尤其 V3~V4 导联 P 波电压也较大,部分甚至大于 II 导联。

本实验所观察的 55 只日本大耳白兔的标准 12 导联心电图,肢体导联 QRS 波群形态多变,在 I、aVL

导联,多呈 qR、Qr、qr、QR、QS 型,在 II、III、aVF 导联多呈 rS、Rs、RS 型;胸导联波形较固定,以 rS、Rs、RS 型多见,且 V1~V6 导联 R/S 逐渐增大,和人类胸导联 QRS 波递增顺序相似。但 V1、V2 导联 QRS 波振幅较高,R/S 比值较大,而 V5、V6 导联尽管 R/S 比值增大,但 QRS 波振幅往往较低。结合 X 线结果分析,可能与兔心脏多数位于胸腔中部,部分偏右有关。本实验记录的日本大耳白兔标准 12 导联心电图显示:尽管肢体导联与胸导联采用相同的标准电压,记录到的胸导联 QRS 波群的振幅却明显高于肢体导联。考虑与日本大耳白兔胸壁较薄,心脏距离胸导联电极位置较近有关。以上实验结果表明,在兔标准 12 导联心电图中,胸导联 QRS 波较肢体导联波形稳定,电压较高,且胸前导联为单极导联,能够更好的反应心脏的电学改变。在反映心肌梗死和肥大等方面均优于肢体导联。由此明确体现了实验动物标准 12 导联心电图在心血管疾病研究中的应用优势。

55 只日本大耳白兔 ST 段多位于等电位线,无明显偏移。在肢体导联 ST 段抬高均未超过 0.05 mV,压低幅度均未超过 0.025 mV,在胸导联 ST 段抬高幅度均未超过 0.3 mV,压低幅度均未超过 0.05 mV。与多数学者报道相似^[5-11]。

本实验中,各导联 T 波方向多与 QRS 波群主波方向一致。即在 QRS 波群主波向上的导联,T 波直立;在 QRS 波群主波向下的导联,T 波倒置,与其他学者的报道相似^[5-11]。胸导联中,V1 导联多倒置,部分直立或双相,V2 导联中 T 波直立的占 80%,少数倒置或平坦,而在 V3、V4 导联 T 波均直立,V5、V6 导联 T 波大多直立,仅有少部分出现 T 波平坦及低平,且 T 波电压在 V3、V4 导联高于 V5、V6 导联,此特点与正常人类心电图 T 波在 V5、V6 导联电压更高有所不同,考虑由于物种差异,日本大耳白兔描记到的 V5、V6 导联的心电图波形较小有关。

参考文献:

- [1] 孙林,光雪峰,李易,等.心电图对兔急性心肌梗死的诊断价值[J].云南医药,2006,27(1):6-8.
- [2] 郭莲怡,刘仁光.兔心肌缺血再灌注心电图分析[J].心电学杂志,2003,22(2):84-86.
- [3] 龚红武,孟素荣,尹炳生.新西兰兔左室外膜下心肌坏死时头胸导联和常规导联心电图 Q 波比较[J].第四军医大学学报,2006,27(17):1559-1561.
- [4] 常超.心电图在高血压性左心室肥厚早期诊断中的价值[D].郑州大学,2015.

(下转第 65 页)

干预后对心脏不应期和心电图的影响。随后, Priori^[7]发现交感神经刺激后与心律失常有密切关系。最近有研究发现刺激交感神经可缩短心房有效不应期(AERP),与房颤的发生和维持有明确的相关性^[8]。Zipes^[9]利用相同的犬模型,发现左右侧星状神经节对心脏早后除极有不同的效应,说明左右交感神经对心脏的影响存在不对称性。这些研究结果表明,交感神经激动可以触发心电活动,并和心律失常的发生有重要关系,探索交感神经对房颤的影响机制成了一个新的研究热点。

在相关研究中,构建交感神经相关房颤模型是科学有效地进行机制研究的重要环节。星状神经节属于交感神经分支,目前使用最多的动物交感神经激活房颤模型,都以刺激星状神经节为主。良好的神经刺激房颤模型要求研究人员对双侧星状神经节的位置有准确的认识,良好的动物模型的建立要求简单有效,创伤小,成功率及动物存活率高^[10]。

既往的手术方式在锁骨上窝横向切口易损伤锁骨头肌、胸骨头肌,且损伤小血管较多,即使钝性分离肌肉依然存在出血增加,操作复杂,创伤比较大,刺激达到阈值所需电压也更大,长时间刺激对神经的影响也更大,且操作时容易损伤神经节附近的大血管造成动物失血甚至死亡,因此本实验在既往模型的基础上对手术过程给予一定的改进,观察了星状神经节的解剖位置,在胸骨柄处沿肌肉方向向深处分离,颈总动脉和颈静脉的暴露更加充分,而上述血管是定位星状神经节的重要标志。沿着肌肉方向分离肌肉,而不是横向离断肌肉,能够减少因离断肌肉而导致的渗血,能减少对刺激星状神经节以及记录神经放电活动的不良影响,尽量不损伤血管及神经的情况下,顺利暴露星状神经节并进行电刺激,不仅适合研究单侧交感神经对心律失常

的影响,更适合同时对双侧交感神经进行研究。

参考文献:

- [1] Camm AJ, Savelieva L, Potpara T, et al. The changing circumstance of atrial fibrillation — progress towards precision medicine [J]. J Intern Med, 2016, 279(5): 412–427.
- [2] Zhao Q, Deng H, Jiang X, et al. Effects of intrinsic and extrinsic cardiac nerves on atrial arrhythmia in experimental pulmonary artery hypertension [J]. Hypertension, 2015, 66(5): 1042–1049.
- [3] Chinda K, Tsai WC, Chan YH, et al. Intermittent left cervical vagal nerve stimulation damages the stellate ganglia and reduces the ventricular rate during sustained atrial fibrillation in ambulatory dogs [J]. Heart Rhythm, 2016, 13(3): 771–780.
- [4] 周祁娜. 交感神经介导的急性心房颤动的机制研究 [D]. 新疆:新疆医科大学, 2012.
- [5] 李睿. 心房神经节激活与心房颤动易感性之间的关系:神经活性记录直接证据 [D]. 武汉:武汉大学, 2014.
- [6] Yanowitz F, Preston JB, Abildskov JA. Functional distribution of right and left stellate innervation to the ventricles. Production of neurogenic electrocardiographic changes by unilateral alteration of sympathetic tone [J]. Circ Res, 1966, 18(4): 416–428.
- [7] Priori SG, Mantica M, Schwartz PJ. Delayed afterdepolarizations elicited in vivo by left stellate ganglion stimulation [J]. Circulation, 1988, 78(1): 178–185.
- [8] 周祁娜,侯月梅. 交感神经活动与心房颤动相关性研究进展 [J]. 中国心脏起搏与心电生理杂志, 2011, 25(3): 194–196.
- [9] Ben-David J, Zipes DP. Differential response to right and left ansae subclaviae stimulation of early afterdepolarizations and ventricular tachycardia induced by cesium in dogs [J]. Circulation, 1988, 78(5 Pt 1): 1241–1250.
- [10] 董林林. 大鼠星状神经节位置解剖与新型阻滞途径 [J]. 新乡医学院学报, 2015, 32(12): 1078–1080.

[修回日期]2016-06-13

(上接第 26 页)

- [5] 张嘉宁,顾为望,吴清洪,等. SPF 新西兰兔心电图测定 [J]. 动物医学进展, 2005, 26(9): 116–117.
- [6] 陈亮,潘永明,陈民利,等. 麻醉状态下 WHBE 兔的心电图观测 [J]. 实验动物与比较医学, 2009, 29(6): 419–423.
- [7] 谭莹,苏敏,廖伟,等. 四个不同种属动物肢体 II 导联心电图比较 [J]. 中国实验动物学报, 2015, 23(2): 194–198.
- [8] 游九芬,李怀庆. 日本大耳白兔正常心电图的分析 [J]. 中国兽医杂志, 1986, 12(3): 47–51.

- [9] Lord B, Boswood A, Petrie A. Electrocardiography of the normal domestic pet rabbit [J]. Vet Rec, 2010, 167(25): 961–965.
- [10] 张世静,王惠璋,黄道生. 正常家兔心电图分析 [J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 1988, 4(3): 68–74.
- [11] 张嘉宁,顾为望,吴清洪,等. SPF 新西兰兔心电图测定 [J]. 动物医学进展, 2005, 26(9): 116–117.

[修回日期]2016-05-09