

大白鼠心电图的分析

于志铭整理

(苏州医学院生理学教研组)

有关大白鼠心电图的资料,已有一些学者^[1-3,5]进行过研究,但资料不够全面,结果也不一致,鉴于目前有关学科在实验设计中,倾向于选用小动物作为实验研究对象,且常将心电图作为观察指标之一。为此,我们对大白鼠进行了心电图的描记和分析。

方 法

健康大白鼠 50 只,其中雌鼠 18 只,雄鼠 32 只,体重为 171—312 克,平均 221 克。实验前,动物均用乌拉坦轻度麻醉,剂量为每 100 克体重 80 毫克,腹腔注射。实验动物仰卧固定于

实验台上。记录 6 个肢体导联 (I、II、III、aVR、aVL、aVF) 和 3 个心前导联 (Va、Vb、Vc) 的心电图。肢体导联按人体的传统部位安放。心前导联 Va 置于胸骨中点, Vc 置于胸骨下 1/3 的水平线与左腋前线的交点上, Vb 置于 Va 与 Vc 连线的中点上。各导联均用针电极刺入皮下, 心前导联约刺入 2 毫米。心电图机是热笔式直接描记型。纸速为 50 毫米/秒。定标电压为 1 毫伏 = 10 毫米。空间向量是根据格兰特 (Grant) 和埃斯蒂斯 (Estes) 法^[4]测定的。

结 果

50 例大白鼠的心律均为窦性, 心律齐。在轻度麻醉下, 其心率为 286—546 次/分, 平均为 441 次/分。

大白鼠心电图的基本波形与人体相似, 但又有下列重要特征: 1. 各导联记录中均无 S—T 段; 2. 在 T 波比较高大的导联中, T、P 波往往轻度融合而无 T—P 段; 3. 绝大多数记录有 S—T 向量。图 1 为一例大白鼠的正常心电图。

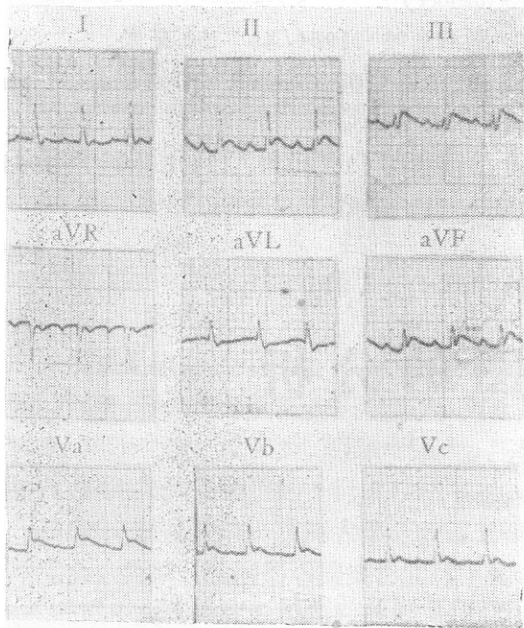


图 1 大白鼠正常心电图

P 波在 II、aVF、aVR 等导联清晰明显。P_{II} 均为正向, 电压平均为 0.078 毫伏, 时间平均为 0.019 秒。

各导联的 QRS 波群, 在 aVR 其主波均向下呈 QS、rS 或 Qr 形。aVL、aVR 导联中, 凡呈 QS 波形者均作 Q 波统计处理。其余各导联, 其主波多呈正向。R 或 r 波的出现率, 在 II、aVF、Va、Vb、Vc 等导联中达 100%; 在 I、III 导联也高达 94% 以上。各导联均可出现 q、S 或 s 波, 但其出现率各不相同 (见表 1)。

值得注意的是, 大白鼠心电图中的 T 波波形与人体相异, 其第一个成分进行较为快速, 故 T 波的前支较陡; 第二个成分进行较为缓慢, 故 T 波的后支较平而逐渐回到基线。T 波前支经历的时间均小于整个 T 波时间的 50%。

50 例大白鼠心电图各波的电压和各有关成分的正常数值分别综合于 (表 1、表 2 和表 3)。

大白鼠心室的复极是紧跟除极过程的。大多数实验记录显示, 在 R 波的降支甚至尚未到达等电位线之前, 便开始复极而出现 T 波。T 波初始部分往往重叠在 QRS 波群的终末部。因此, 所有心电记录中几乎均无 S—T 段。这样就出现了一个没有 S—T 段的 S—T 向量。由于没有 S—T 段, 所以我们是根据 J 点在等电位线上下是否偏移来判断有无 S—T 向量的。实验结果表明, 大多数实验动物的心电图中出现 S—T 向量 (表 4)。

在肢体导联中, J 点在 Va、Vb 一般升高约 0.10—0.25 毫伏, 个别例高达 0.40 毫伏, 但无一例下降; Vc 的 J 点大部分处于等电位线, 少数例虽有偏移, 但均不超过 0.10 毫伏。

讨 论

本实验中, 上述各种心电成分的正常值与李普曼 (Липман)^[3] 在清醒实验动物身上所得的结果基本一致, 唯一不同点是我们记录的电压较高。由此可见, 乌拉坦轻度麻醉对大白鼠心电图并无重要影响。至于亨德利 (Hundley), 隆巴德 (Lombard), 萨姆比 (Sambhi), 诺曼 (Normann)^[1, 5-7] 等人的实验数据均低于我们的统计数值, 而且他们彼此之间的差异也很大。不同性别的大白鼠, 心电图中的各种成分无显著

表1 大白鼠肢体导联中 Q、R、S 各波电压的正常值(毫伏)

| 项目 | | Q | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 导联 | I | II | III | aVR | aVL | aVF | |
| 范围 | 0—0.05 | 0—0.03 | 0—0.15 | 0—0.70 | 0—0.40 | 0—0.05 | |
| 均值 | 0.007 | 0.005 | 0.009 | 0.442 | 0.103 | 0.004 | |
| ±标准差 | 0.002 | 0.009 | 0.030 | 0.162 | 0.104 | 0.003 | |
| 出现率(%) | 28 | 28 | 18 | 94 | 70 | 18 | |

| 项目 | | R | | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|-----------|--|
| 导联 | I | II | III | aVR | aVL | aVF | |
| 范围 | 0—0.70 | 0.35—0.95 | 0—0.85 | 0—0.80 | 0—0.50 | 0.05—0.90 | |
| 均值 | 0.323 | 0.613 | 0.326 | 0.040 | 0.102 | 0.460 | |
| ±标准差 | 0.152 | 0.143 | 0.213 | 0.129 | 0.121 | 0.198 | |
| 出现率(%) | 98 | 100 | 94 | 38 | 62 | 100 | |

| 项目 | | S | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| 导联 | I | II | III | aVR | aVL | aVF | |
| 范围 | 0—0.30 | 0—0.45 | 0—0.20 | 0—0.60 | 0—0.10 | 0—0.10 | |
| 均值 | 0.039 | 0.058 | 0.025 | 0.030 | 0.014 | 0.013 | |
| ±标准差 | 0.052 | 0.103 | 0.057 | 0.122 | 0.030 | 0.033 | |
| 出现率(%) | 64 | 48 | 20 | 6 | 22 | 16 | |

表2 大白鼠胸前导联中 Q、R、S 各波电压的正常值(毫伏)

| 项目 | Q | | | R | | | S | | |
|--------|--------|--------|--------|-----------|-----------|----------|--------|-----------|--------|
| | Va | Vb | Vc | Va | Vb | Vc | Va | Vb | Vc |
| 范围 | 0—0.02 | 0—0.10 | 0—0.15 | 0.05—1.35 | 0.05—1.85 | 0.15—1.2 | 0—0.30 | 0.05—0.10 | 0—0.25 |
| 均值 | 0.003 | 0.011 | 0.014 | 0.702 | 0.954 | 0.605 | 0.022 | 0.009 | 0.039 |
| ±标准差 | 0.009 | 0.020 | 0.023 | 0.403 | 0.448 | 0.299 | 0.022 | 0.023 | 0.058 |
| 出现率(%) | 12 | 36 | 54 | 100 | 100 | 100 | 10 | 16 | 48 |

表3 大白鼠心电图各有关成分的正常值

| 项目 | 心率(分) | P—R 间期(秒) | QRS 时间(秒) | Q—T 间期(秒) | QRS 向量(度) | T 向量(度) | QRS—T 夹角(度) | |
|------|---------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|-------------|--------|
| | | | | | | | “+”型 | “-”型 |
| 范围 | 286—546 | 0.030—0.060 | 0.015—0.025 | 0.060—0.100 | -1—90 | 6—96 | 2—60 | -2—-44 |
| 均值 | 441 | 0.047 | 0.019 | 0.075 | 59.4 | 69.9 | 15.9 | 11.8 |
| ±标准差 | ±175 | ±0.003 | ±0.002 | ±0.010 | ±64.3 | ±70.7 | ±14.3 | ±34.5 |

注：三例无明显额面 T 向量，故 T 向量和 QRS—T 夹角数值以 47 例统计。

表4 各导联中 J 点(S—T 向量)偏移率

| 项目 | I | II | III | aVR | aVL | aVF | Va | Vb | Vc |
|---------|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| 升高(%) | 6 | 28 | 42 | 14 | 6 | 48 | 82 | 58 | 24 |
| 降低(%) | 24 | 6 | 0 | 16 | 30 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| 等电位线(%) | 70 | 66 | 58 | 70 | 64 | 52 | 18 | 42 | 66 |

差异^[5]。

在肢体导联中, QRS 的最大空间向量平均为 59° , 大体上与人体相似^[8]。

从心前导联的波形来看, 无论是 V_a , V_b 或 V_c , 有 90% 的实验记录, 其 QRS 波群皆以 R 波为主。仅 10% 的记录与人体一样, V_a 呈 rS 波, 自 V_a 至 V_c , R 波依次增高, S 波变浅。由此可见, 在心前导联中, QRS 的空间最大向量, 多数大白鼠较人体偏前。

在肢体导联中, T 的最大空间向量平均为 70° 。

根据 QRS 和 T 的最大空间向量测得 QRS—T 夹角属于“+”型者 72%, 平均为 $+15.9^\circ$; 属于“-”型者 28%, 平均为 -11.8° 。此数值与人体相似。由于 QRS—T 夹角不大, 所以在肢体导联中, T 波的方向与 QRS 波群的主波也基本上一致。

关于 S—T 向量的问题, 在过去的文献中, 除了 Липман 外, 均未进行讨论。Липман 并不认为在大白鼠心电图上呈现 J 点偏移是 S—T 向量的表现。但根据 J 点偏移的情况来看, 说明在 QRS 向量尚未结束以前就提前产生了 T 向量。这样, QRS 向量环就呈开放式而不能闭合, 在电力中心和 QRS 向量环终点之间必然有一个 S—T 向量。此外, 在实验记录中可看到, J 点在某一导联表现为升高时, 在另一些与该导联相对应的, 方向大致相反的导联上则呈现 J 点降低。由表 4 可见, 在各导联中, J 点在 I, aVL 多表现为降低, 在 II, III, aVF 则多表现为升高, V_a , V_b 亦明显升高。据此, 我们认为 J 点的偏移确实是 S—T 向量的表现。根据 J 点在各导联偏移的方向还可估计出, S—T 向量朝向右、前、下方。

J 点升高易于判断。J 点降低而伴有 S 波时, 两者往往易于混淆。此时必须注意与其相对应的导联中 J 点是否升高以及 QRS 波群的时间与其他导联相比是否一致等特征来加以判断。

在大白鼠心电图上 S—T 段缺如与心律无

关。实验证明^[9], 即使在心率缓慢时, 同样具有这一特征。

综合大白鼠心电图的各种特征, 该动物作为实验性心电观察对象有其局限性。凡以测定 Q—T 间期和 S—T 向量为主要变化指标的实验设计中, 似不宜选用大白鼠, 但大白鼠心电图的其他成分还是相当稳定而且具有可靠的重复性^[2,3,6,7], 因此在一定条件下, 仍然可以考虑将其选作实验性心电观察的对象。

总 结

一、在轻度麻醉下, 记录了 50 例大白鼠的心电图。对心电图各波的电压和有关成分进行了统计学处理和分析, 并列表说明。

二、大多数实验例呈现 S—T 向量, 其方向指向右、前、下。

三、肢体导联的 QRS 和 T 的最大空间向量均位于 $0—90^\circ$ 之间, 两者之间的夹角较小。T 波方向与 QRS 波群的主波一致。

四、心电图中的 T、P 波往往轻度融合, S—T 段均缺如, 这使大白鼠作为观察心电变化的实验对象受到一定限制。

参 考 文 献

- [1] Hundley, J. M. ed al., 1945. Electrocardiogram of rat *AM. J. Physiol.* **144**: 404.
- [2] Antoncacci, E. et al., 1966. The electrocardiogram of the rat, *Arch. Sci.* **50**:221-33.
- [3] Липман, А. В., С. М. Г. М. Бакман, Яковлев, 1973. Регистрация и оценка ЭКГ У крыс *Патол. Физиол. и Экспер. Тер.* **4**:83-5.
- [4] Grant, R. P. and E. H. Estes, 1951. Spatial vector Electrocardiography, New York:Blakiston.
- [5] Lombard, E. A. 1952. Electrocardiogram of small animals, *AM. J. Physiol.* **171**:189.
- [6] Sambhi, M. P. ed al., 1960. Electrocardiogram of the normal and hypertensive rat, *Circulation Res.* **8**: 129.
- [7] Normann, S. J. et al., 1961. Electrocardiogram in the normal rat and its alteration with experimental coronary occlusion, *Circulation Res.* **9**:282-6.
- [8] 黄宛 1975. 临床心电图学。人民卫生出版社。第三版北京。
- [9] Crismon, J. M. 1944. Effect of hypotermia on the heart rate, the arterial pressure and the ECG of the rat, *Arch. Int. Med.* **74**:235.