

恒定磁场对脑磷脂平面双分子层膜电特性的影响*

吴震荣 刘文龙

(复旦大学生理学和生物物理学系, 上海 200433)

关键词 恒定磁场, 平面双分子层脂膜, 膜电阻, 膜电容

磁生物效应在工、农业生产和医疗保健上的广泛应用, 必然推动人们去探讨其作用机理。已有报道表明, 磁场对生物体的作用从不同层次均进行了不少工作。但磁场对生物膜的作用报道不多, 至于对膜脂双层物理化学性质的影响至今未见报道。本文用脑磷脂铺成平面双分子层脂膜 (BLM) 作为膜的模型, 研究磁场对膜的骨架脂双层电特性及溶液中带电离子的影响。

实验用 50mg 脑磷脂加 10mg 胆固醇溶于 1ml 癸烷溶液中作为膜的制备液。按两侧溶液对称方法铺制 BLM, 在直径 1mm 的聚四氟乙烯隔膜的小孔上形成 BLM, 两侧水相为 0.1 mol/L KCl。将磁钢用支架固定在成膜小孔一侧, 磁场处理强度分 0.05T, 0.1T, 0.2T, 0.3T, 0.5T 五组 (用 CT₃ 交直流高斯计测定磁场强度)。电测量时用一对甘汞电极通过盐桥与 BLM 两侧溶液连接, 由一组与之串联的高阻值电阻对膜两侧施加电压, 用 Keithley-624 型静电计即时测量通过膜的电压降, 计算出 BLM 的电阻值。静电计输出端与 X-Y 记录仪相连, 描记 BLM 充、放电特性曲线, 得出膜电容值。结果如下:

对照组 BLM 电阻平均值为 $(3.81 \pm 0.08) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 膜电容值为 $0.63 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 。0.05T 处理时, 电阻值为 $(3.83 \pm 0.05) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 电容值为 $0.61 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 。0.1T 处理时, 电阻值为 $(3.5 \pm 0.2) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 电容值为 $0.87 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 。0.2T 处理时, 电阻值为 $(2.36 \pm 0.09) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 电容值为 $0.93 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 。0.3T 处理时, 电阻

值为 $(1.6 \pm 0.1) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 电容值为 $1.04 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 。0.5T 处理时, 电阻值为 $(1.18 \pm 0.07) \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$, 电容值为 $1.25 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ 。以上结果表明, 磁场处理在 0.1T 以上能使膜电阻发生变化, 0.2T 时下降 38% ($P < 0.01$), 0.3T 时下降 58% ($P < 0.01$), 0.5T 时下降 70% ($P < 0.01$), 下降后的数值仍在同一数量级内。从描记曲线上看, 0.3T 以上时, 充电曲线发生明显波动, BLM 处在不稳定的运动状态。从膜电容的变化来看, 0.1T 以上充、放电时间延长, 反映膜电容值增加, 这是磁场使 BLM 表面聚集的电荷 (来自溶液中带电离子及脂质本身的电荷) 受到“束缚”所致。通过计算, 得出介电层的厚度亦有改变, 计算方法是在已知 BLM 电容量的情况下, 按公式 $\epsilon_d = \frac{8.8\epsilon A}{C_m}$ 求出 BLM 的大致厚度

(此处 C_m 为 BLM 电容量, 单位 μF ; ϵ 为介电常数; A 为面积, 单位 cm^2 ; ϵ_d 为介电层厚度, 单位 $\text{\AA}$; 8.8 为转换因子), 对照组 BLM 的厚度为 70 $\text{\AA}$, 而 0.1—0.3T 处理的膜厚度为 50—40 $\text{\AA}$ 之间。我们又测定了膜击穿电压, 与对照组 (310mV) 相比改变不大。每个 BLM 连续记录时间都在 2—3h, 故磁场处理对膜寿命影响不大。撤去磁片后, 膜仍不破裂; 膜电阻、膜电容值即能恢复到对照值。可以认为, 磁场对膜脂双层能产生即时效应, 而它对膜上离子通道的作用又如何, 我们对此将作进一步探讨。

* 国家自然科学基金 38970230 项目资助;

收稿日期: 1991-07-24

修回日期: 1991-09-12