

- 1976.
- [3] 中山大学遗传教研室:《中山大学学报》(自然科学版), 1974 年, 第 2 期。
- [4] 华南农学院蚕桑系:《遗传与育种》, 1978 年, 第 1 期, 第 22 页。
- [5] 毛炎麟等:《遗传与育种》, 1978 年, 第 6 期, 第 19 页。
- [6] 蒋同庆等:《西农科报》, 1980 年, 第 1 期, 第 42 页。
- [7] 徐厚鎔:《遗传》, 1982 年, 第 4 卷, 3 期, 第 15 页。

- [8] 云南动物研究所辐射细胞组:《遗传学报》, 1976 年, 3 卷, 2 期, 164 页; 1977 年, 4 卷, 2 期, 第 170 页。
- [9] Marushige, K. et al.: *J. Mol. Biol.*, 15, 160, 1966.
- [10] Todd, R. D. et al.: *J. Biol. Chem.*, Vol. 252(13), 4729, 1977.

[本文于 1982 年 9 月 2 日收到]

$^{60}\text{Co}\gamma$ -射线急性外照对小鼠脾脏水影响的核磁共振研究

李震武 郭 英

(山西大学, 太原)

一、前 言

哺乳类动物体内含有大约 80% 的水, 它不仅是各种生化反应的介质, 而且参与生物大分子的组成。在生物系统中, 研究水的结构, 性质和运动规律是一个重要课题^[1]。

随着科学技术的发展, 人们已经使用各种现代化实验手段深入研究生物水的分子结构、运动性和有序程度, 并取得了许多重要的成果^[2]。核磁共振技术是研究这方面问题的强有力的手段, 其中最有用的参数是弛豫时间(T_1 、 T_2)。

生物水的弛豫行为与各种生物高聚物的组成和结构密切相关, 水和生物大分子之间的相互作用, 质子转移和分子扩散运动是影响结合水质子弛豫行为的重要因素^[3]。

在不破坏组织完整性的情况下研究生物水的状态, 是核磁共振技术的独到之处。近十年来已被广泛用于肿瘤的研究中, 但在放射生物学的研究方面, 尚不多见。已有的报道多半是大剂量电离辐射对生物大分子水溶液或培养细胞的生物效应的研究。而我们的工作是用 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线急性全身外照小白鼠, 然后测量脾脏水的质子 (^1H) 的弛豫时间 T_1 的变化。目的在于寻求鼠脾脏中水的质子的 T_1 值与放射剂量之间的关系, 为电离辐射损伤的机理和剂量效应相关性提供某些生物物理学方面的资料。

二、样品制备与测试条件

1. 本实验所用小白鼠系华北辐射防护研究所繁殖的联合国种, 体重在 14—18 克之间, 雌雄各半, 饲养条件一般, 健康状态良好。

$^{60}\text{Co}\gamma$ 射线源强度为 2100 克镭当量, 1 米处剂量率为 27.68 拉德/分。

小白鼠受 $^{60}\text{Co}\gamma$ 射线照射后 24 小时以颈椎脱位杀死, 立即取出脾脏, 切取 0.035—0.037 克, 用滤纸吸去流出的血和组织液, 然后用很薄的胶纸包成直径约 4 毫米, 高 5 毫米的圆柱体, 装入 5 毫米样品管内待测 (胶纸无核磁讯号)。实验证明样品的高度对 T_1 值有明显的影响, 因此, 我们在测量时力求每个样品高度、体积和重量保持一致。我们也作过实验, 证明在小白鼠处死后 4 小时内, 脾脏水的质子的 T_1 值不变。本文所记录的 T_1 值均是在这个时间内测得。

2. 我们使用日本电子公司出品的 FX-60Q 型高分辨脉冲傅里叶变换核磁共振波谱仪测量小白鼠脾脏水的质子的 T_1 值。其恒定磁场强度为 14100 高斯 (59.80 兆赫芝), 采用 5mm $^{13}\text{C}/^1\text{H}$ 双探头。样品管内不加任何试剂, 锁场采用外锁。测量时中频增益为 $4 \times 3\text{dB} - 6 \times 3\text{dB}$, 累加 4 次。测量时探头内温度为 30°C 。

FX-60Q 型核磁共振波谱仪备有反转恢复法测 T_1 值的专用程序, 运用电子计算机自动算出 T_1 值。其原理简述如下: 在反转恢复法中,

t 时刻的磁化矢量(M_t)(见图 1)由下式表示:

$$M_t = M_0(1 - 2e^{-t/T_1})$$

稍加变换可得

$$\ln \left(\frac{M_0 - M_t}{2 M_0} \right) = - \left(\frac{1}{T_1} \right) t$$

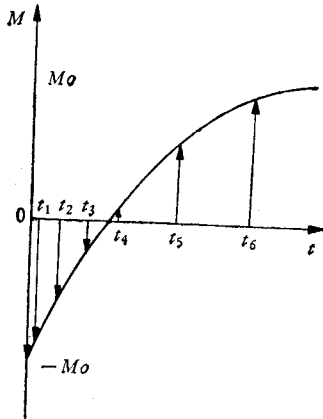


图 1

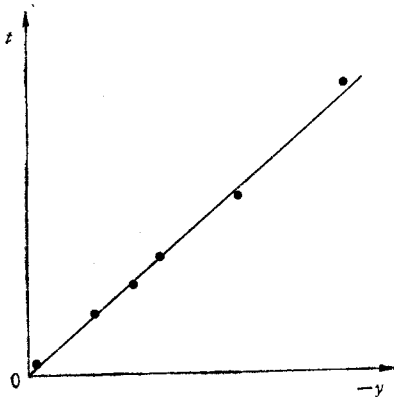


图 2

令 $y = \ln \left(\frac{M_0 - M_t}{2 M_0} \right)$

则 $y = - \left(\frac{1}{T_1} \right) t$

取一系列的 t 值,测得相应的 y 值,然后按 y 对 t 作图,画出直线,示于荧光屏上,(图 2),并由电子计算机自动算出 T_1 值。本实验 t 值取 0.1 秒,0.4 秒、0.6 秒、0.8 秒、1.2 秒、2.0 秒六个值。

三、实验结果

每 8 只小白鼠为一组,分别用 50、100、200、400 和 800 拉德 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射线全身照射,另外 10 只小白鼠不照射,作对照组。

图 3 是实验所得对照组的 T_1 图谱;图 4 是照射 400 拉德的 T_1 图谱

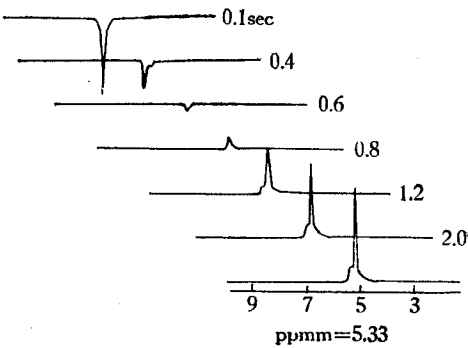


图 3

表 1 平均数差数表

$T_{1i} - T_{1j}$						
照射剂量	平均数差数	$\bar{T}_{1i}$	$\bar{T}_{1i} - 0.946$	$\bar{T}_{1i} - 0.893$	$\bar{T}_{1i} - 0.824$	$\bar{T}_{1i} - 0.774$
0		0.956 秒	0.010 秒	0.063**	0.132**	0.182**
50 拉德		0.946		0.053**	0.122**	0.172**
100 拉德		0.893			0.069**	0.119**
200 拉德		0.824				0.050*
400 拉德		0.774				0.010
800 拉德		0.764				

* 号为差异显著, ** 为差异非常显著,无*为差异不显著

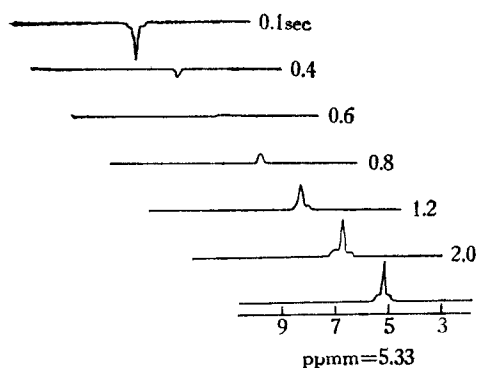


图 4

实验所测小白鼠脾脏水的质子的 T_1 值, 运用生物统计学方法处理, 得到平均数差数表(表 1)。

由表 1 可知, 从 100 拉德开始, 各照射组 T_1 值与对照组比较有显著或非常显著差异。

运用生物统计学方法作回归分析, 在 100—400 拉德剂量范围内, 小白鼠脾脏水的质子的 T_1 值与放射剂量 (R) 的对数有线性关系:

$$T_1 = 1.278 - 0.195 \log R$$

四、讨 论

根据前人的研究结果, 在生物组织中的水以两种形式存在: 一是游离水, 它在生物组织内流动性较大, 它不与生物大分子结合, 二是结合水(或水合水), 它渗入到生物大分子中, 形成络合物或以氢键连接起来, 成为生物大分子中的一部分, 以一定的有序度排列在空间, 它的流动性较小。本实验所测 T_1 值是结合水和游离水中质子的 T_1 值的综合值。

Fung, B. M 等^[4]对鼠的腓肠肌和肝脏水的质子的弛豫时间作过研究, 引入下列公式:

$$\frac{1}{T_1} = \frac{X}{T_{1b}} + \frac{1-X}{T_{1f}}$$

式中 T_{1b} 为结合水的 T_1 值, T_{1f} 为游离水的 T_1 值, X 为结合水占整个生物水中的分数值。

由上式可知, 在生物系统中, 尽管结合水所占比例较小, 但由于 T_{1b} 值比 T_{1f} 值小得多, 所以, 对整个生物水的 T_1 值仍起着重要作用。

另外, 根据 White, J. P. 等^[5]的实验结果, 他们曾将生物大分子颗粒破碎为小的碎片, 发现结合水部分增加。

由此我们设想, 是否可以认为在一定电离辐射作用下, 经过一系列复杂的继发反应, 使小白鼠脾脏大分子断裂而增加了水化作用, 使结合水增加, 从而导致整个生物水 T_1 值的下降。

根据前人已完成的实验可知, 在 -8°C — -40°C 的低温范围内, 生物组织中的游离水结冰, 而结合水则不结冰。我们认为, 在上述低温区测量小白鼠脾脏水的质子的 T_1 值, 即可将游离水和结合水对 T_1 值的贡献区分开来。这也许能将电离辐射对生物器官作用的研究深入一步。

另外, 据 C. Rosemary Ling (1980 年) 报道, 不同性别动物组织水的弛豫时间没有明显的差异, 本实验也得到同样结果。

华北辐射防护研究所为我们提供小白鼠和辐射条件, 该所三室范立通同志给予我们多方面的帮助, 表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 贝时璋《生物科学动态》, 4, 1980.
- [2] Mathur-Devere, R.: *Prog. Biophys. Mol. Biol.*, **35**, 103, 1979.
- [3] Glasel, J. A.: *J. Am. Chem. Soc.*, **92**, 375, 1970.
- [4] Fung, B. M.: *Biochim. Biophys. Acta*, **385**, 180, 1974.
- [5] White, J. P. et al.: *J. Mol. Biol.*, **64**, 511, 1972.

【本文于 1982 年 7 月 1 日收到】