

## 水分对电子顺磁共振指甲剂量学方法的影响

赵徵鑫 张腾达 张文艺 翟贺争 阮书州 焦玲

(北京协和医学院&中国医学科学院放射医学研究所 天津 300192)

**摘要** 通过干燥实验考察时间和温度对指甲在受到电离辐射时产生自由基浓度的影响;通过受照剂量实验考察人群指甲含水量与自由基浓度增长率的关系。使用电子顺磁共振方法测量指甲中的自由基浓度。实验结果表明,受照剂量相同时,不同人指甲中含水量的越多,产生的自由基越多,且随着受照剂量增大,离散程度越小,散点图拟合曲线斜率越大。受照剂量为 1 Gy、5 Gy 和 10 Gy 的样品散点图拟合曲线斜率分别为 0.8670、1.7425 和 1.9628。结果还表明,受照时指甲中角蛋白的含量也会对自由基浓度产生影响。在现有的指甲电子顺磁共振受照剂量估算的基础上,需要根据样品的含水量以及角蛋白含量对结果进行修正,解决个体差异,从而得到更准确的估算结果。

**关键词** 电子顺磁共振,修正因子,指甲,辐射剂量学

**中图分类号** TL72, O536

**DOI:** 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.050602

人体组织在受到电离辐射辐照时会出现急性反射损伤,同时会产生大量的自由基。通过检测人体中产生的自由基浓度可以确定人体放射损伤的类型,进而确定合适的救治方法。目前测量自由基的方法有很多,比较成熟的方法是利用电子顺磁共振的方法。电子顺磁共振(Electron paramagnetic resonance, EPR)是研究电子自旋能级跃迁的一门学科,能够定性、定量的检测自由基。利用电子顺磁共振来检测人体的牙釉质是国际上普遍使用的检测人体组织受到辐射时产生的自由基的方法。但由于牙釉质收集比较困难、处理步骤比较繁琐、对受测人员往往会产生二次伤害,从而限制了其在放射性事故人群快速分类验伤的推广应用。指甲作为人体组织中一种放射敏感性比较好、并且能很好克服牙釉质所具有的缺点的材料在电子顺磁共振领域中引起了国内外研究人员的广泛关注。

使用 EPR 来检测指甲中自由基的浓度在国内外已经有很多的实验探究。1995 年 Symons 等<sup>[1]</sup>提出利用指甲来估算放射性事故受照剂量。Trompier 等<sup>[2]</sup>在 2014 年详细区分了指甲中所有的 EPR 信号,根据自由基的起源将指甲中的 EPR 信号分成 3 类:①指甲本身具有的本底信号(Background signals,

BKG);②指甲在剪切时产生的 4 种剪切诱导信号(Mechanically induced signals, MIS)分别为 MIS1、MIS2、MIS3 和 MIS4;③指甲受到辐射时产生的 5 种辐射诱导信号(Radiation induced signals, RIS)分别为 RIS1、RIS2、RIS3、RIS4 和 RIS5。研究表明,使用蒸馏水浸泡剪切的受到辐照的指甲 10 min,除了 RIS5 和 BKG 两种信号外其他信号则可以完全被消除<sup>[3-5]</sup>。当人体受到小剂量电离辐射辐照时,为了更好地分类验伤和快速救治,对辐射产生的自由基的影响因素的探究就显得十分重要。

电离辐射损伤在生物体中被分成两种类型<sup>[6]</sup>:

①直接电离损伤指的是光子或者带电粒子直接攻击生物大分子,例如 DNA,而引起的生物损伤效应;②间接电离损伤指的是辐射引起水的辐解而产生活性氧(Reactive oxygen species, ROS)等自由基基团攻击生物大分子而引起的生物损伤效应。间接电离损伤在生物体的电离损伤中占有很大比重。由此,指甲中的水分含量是否会对辐射引起的自由基含量有影响;不同人指甲中含水量如果不同,受照剂量相同时,产生的自由浓度是否相同,本文将针对以上问题进行实验探究。

基金资助:中国医学科学院放射医学研究所发展基金(1534)资助

第一作者:赵徵鑫,男,1988年10月出生,2015年毕业于天津医科大学,生物医学工程专业,目前为在读硕士研究生

E-mail: 1005709146@qq.com

通讯作者:焦玲,副研究员, E-mail: jiaoling@irm-cams.ac.cn

收稿日期:初稿 2015-08-18;修回 2015-09-01

# 1 材料与方 法

## 1.1 样品来源

所有的指甲样本来自于天津医科大学、中国医学科学院放射医学研究所、中国医学科学院生物医学工程研究所 3 个单位的人员, 年龄范围在 21–58 岁之间, 平均年龄为 35 岁; 所有的指甲样本均在早上 8:30 左右开始收集, 并保证在 12 h 之内完成所设计的实验。

## 1.2 测量条件

电子自旋共振在 X 波段下测量; 实验温度为 25 °C、湿度为 35%–40%的条件下进行。中心磁场为 3530 G, 调制频率为 100 kHz, 调制幅度为 5 G, 扫描次数为 20, 微波功率为 1.01 mW, 时间常数为 81.92 ms, 扫场宽度为 180 G, 扫场时间为 10.24 s。同时, 本次实验中使用 Bruker 的 ER 4119HS-2100 型标样的自由基浓度作为标准<sup>[7]</sup>, 将标样与样品同时放入谐振腔一起测量, 在得到的谱图上以目标信号的峰峰值除以标样的峰峰值, 得到自旋相对浓度。

## 1.3 仪器

实验样品在照射时使用的是加拿大原子能公司生产的 Gammacell-40 型号 Cs-137 放射源, 剂量率为 0.7 Gy/min。

## 1.4 实验设计方案

将当天收集的指甲剪切成 2 mm 左右的小碎块, 分成 4 组: A、B、C、D, 并测量每组指甲的质量同时保证每组指甲的重量为 15–20 mg。将 4 组指甲样本放到蒸馏水中浸泡 10 min 后取出样本, 用卫生纸擦除指甲表面的水分放到培养皿中在空气中风干 5 min 后测量各组样品的质量。前 3 组在 70 °C 条件下分别干燥 60、45 和 30 min 并测量指甲的质量; 第四组在 200 °C 条件下干燥 1 min 并测量指甲的质量。干燥之后, 使用电子顺磁共振分别测量指甲中的自由基浓度, 将 4 组指甲照射 5 Gy 后再次测量指甲中的自由基的浓度并比较每组指甲在照射前后自由基浓度的相对变化率。本次实验测量自由基浓度时共测 20 例; 测量质量变化时共测 5 例。

分别将同一个人左右手指甲中的拇指、无名指、小指各分成两份, 总计 6 份, 分别标记为 A1、A2、B1、B2、C1 和 C2。在测量 6 份指甲样品的质量后,

将标号为 2 的 3 组样品照射不同的剂量 (拇指 A2 照射 10 Gy、无名指 B2 指照射 5 Gy、小指 C2 照射 1 Gy)。然后将所有样品放到蒸馏水中浸泡 10 min, 在 70 °C 温度下干燥 3 h<sup>[8]</sup>后再次测量标号为 1 的 3 组样品的质量。最后, 测量 6 组指甲中的自由基的浓度。样品 A1 干燥前后的质量变化率作为横轴, 以 A2 的质量归一化后的自由基浓度除以 A1 质量归一化后的自由基浓度作为样品照射后的自由基浓度增长率, 并以此增长率作为纵轴, 绘制散点图, 拟合函数。B 组以及 C 组进行同样的处理流程。实验共测 20 例。

# 2 结果

## 2.1 干燥实验

经过不同的干燥时间, 指甲中含水量会有所不同。即使是自由基浓度相同的样品, 由于含水量不同, 经过 EPR 测量, 所得到的信号强度也会有所差别<sup>[9]</sup>。所以不同组样品的测量值不能直接进行大小比较。而照射前后, 样品的自由基浓度升高率, 则可以用来比较经过不同处理的样品在受照射剂量相同时产生自由基能力的大小, 同时, 把每组样品照射前的自由基浓度设为单位 1, 实验结果如图 1 所示。将指甲剪切第一次称重的质量设为单位 1, 经过不同的实验步骤处理后指甲的重量变化如表 1、2、3 和 4 所示。

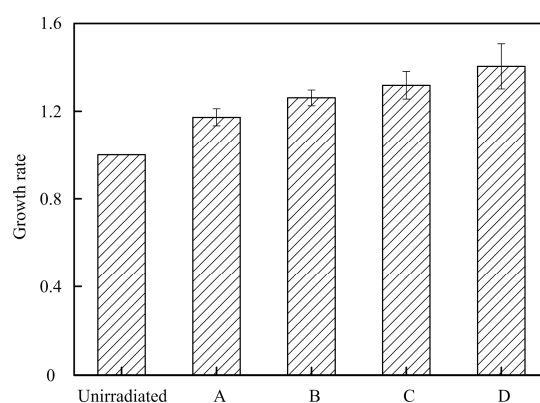


图 1 不同干燥时间和干燥温度条件下指甲在辐照前后自由基相对浓度增长比例: Unirradiated 表示未照射, A、B、C 分别表示 70 °C 条件下干燥 60、45 和 30 min; D 表示 200 °C 条件下干燥 1 min

**Fig.1** Growth rate of free radical concentration after figure nail irradiation compare with unirradiated under different drying time and the different drying temperature conditions. 'Unirradiated' represents samples were not irradiated; A, B, and C represent samples were dried at 70 °C for 60, 45, 30 min, respectively; D represents samples were dried for 1 min at 200 °C

表 1 70 °C 条件下干燥 30 min 时指甲的相对质量  
Table 1 Relative quality of the fingernail drying for 30 min at 70 °C

| 编号<br>No. | 剪切后直接测量的质量<br>The quality is directly measured after shearing | 蒸馏水中浸泡 10 min 后的质量<br>The quality after the fingernail was soaked in distilled water for 10 min | 70 °C 条件下干燥 30 min 的质量<br>The quality after the fingernail was dried for 30 min at 70 °C |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1                                                             | 1.059                                                                                           | 0.966                                                                                    |
| 2         | 1                                                             | 1.057                                                                                           | 0.963                                                                                    |
| 3         | 1                                                             | 1.061                                                                                           | 0.964                                                                                    |
| 4         | 1                                                             | 1.060                                                                                           | 0.964                                                                                    |
| 5         | 1                                                             | 1.058                                                                                           | 0.965                                                                                    |

注：指甲剪切后第一次称重的质量设为单位 1，其他时候称量得到的质量为相对质量，共测 5 例。

Note: The quality when fingernail was firstly weighed was regarded as unit mass, and the quality obtained at other times weighed relative quality,  $n=5$ .

表 2 70 °C 条件下干燥 45 min 时指甲的相对质量  
Table 2 Relative quality of the fingernail drying for 45 min at 70 °C

| 编号<br>No. | 剪切后直接测量的质量<br>The quality is directly measured after shearing | 蒸馏水中浸泡 10 min 后的质量<br>The quality after the fingernail was soaked in distilled water for 10 min | 70 °C 条件下干燥 45 min 的质量<br>The quality after the fingernail was dried for 45 min at 70 °C |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1                                                             | 1.061                                                                                           | 0.926                                                                                    |
| 2         | 1                                                             | 1.062                                                                                           | 0.919                                                                                    |
| 3         | 1                                                             | 1.059                                                                                           | 0.921                                                                                    |
| 4         | 1                                                             | 1.059                                                                                           | 0.917                                                                                    |
| 5         | 1                                                             | 1.058                                                                                           | 0.922                                                                                    |

注：指甲剪切后第一次称重的质量设为单位 1，其他时候称量得到的质量为相对质量，共测 5 例。

Note: The quality when fingernail was firstly weighed was regarded as unit mass, and the quality obtained at other times weighed relative quality,  $n=5$ .

表 3 70 °C 条件下干燥 60 min 时指甲的相对质量  
Table 3 Relative quality of the fingernail drying for 60 min at 70 °C

| 编号<br>No. | 剪切后直接测量的质量<br>The quality is directly measured after shearing | 蒸馏水中浸泡 10 min 后的质量<br>The quality after the fingernail was soaked in distilled water for 10 min | 70 °C 条件下干燥 60 min 的质量<br>The quality after the fingernail was dried for 60 min at 70 °C |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1                                                             | 1.059                                                                                           | 0.913                                                                                    |
| 2         | 1                                                             | 1.061                                                                                           | 0.911                                                                                    |
| 3         | 1                                                             | 1.059                                                                                           | 0.908                                                                                    |
| 4         | 1                                                             | 1.062                                                                                           | 0.910                                                                                    |
| 5         | 1                                                             | 1.059                                                                                           | 0.911                                                                                    |

注：指甲剪切后第一次称重的质量设为单位 1，其他时候称量得到的质量为相对质量，共测 5 例。

Note: The quality when fingernail was firstly weighed was regarded as unit mass, and the quality obtained at other times weighed relative quality,  $n=5$ .

表 4 200 °C 条件下干燥 1 min 时指甲的相对质量  
Table 4 Relative quality of the fingernail drying for 1 min at 200 °C

| 编号<br>No. | 剪切后直接测量的质量<br>The quality is directly measured after shearing | 蒸馏水中浸泡 10 min 后的质量<br>The quality after the finger nail was soaked in distilled water for 10 min | 200 °C 条件下干燥 1 min 的质量<br>The quality after the fingernail was dried for 1 min at 200 °C |
|-----------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 1                                                             | 1.059                                                                                            | 1.008                                                                                    |
| 2         | 1                                                             | 1.057                                                                                            | 1.009                                                                                    |
| 3         | 1                                                             | 1.061                                                                                            | 1.005                                                                                    |
| 4         | 1                                                             | 1.058                                                                                            | 1.010                                                                                    |
| 5         | 1                                                             | 1.059                                                                                            | 1.007                                                                                    |

注：指甲剪切后第一次称重的质量设为单位 1，其他时候称量得到的质量为相对质量，共测 5 例。

Note: The quality when fingernail was firstly weighed was regarded as unit mass, and the quality obtained at other times weighed relative quality,  $n=5$ .

图 1 表明, 在 70 °C 的条件下, 随着干燥时间的减少, 受照剂量相同时, 样品产生自由基的能力逐步增强; 其中, 在 200 °C 的条件下, 干燥 1 min 的样品产生自由基的能力要强于其他 3 组样品。表 1、2 和 3 表明指甲在水中浸泡 10 min、然后分别干燥 60 min、45 min 和 30 min 后指甲的失水量也逐渐减小, 剩余质量逐渐增大。表 4 表明指甲在水中浸泡 10 min、在 200 °C 条件下干燥 1 min 指甲的质量并没有发生明显的变化, 指甲失水量几乎可以忽略不计。

## 2.2 不同受照剂量下, 人群指甲含水量与产生自由基能力的关系

本实验中, 根据以往研究得出的干燥条件, 通过测量指甲干燥前后的质量改变情况来确定不同人的指甲含水量的差异。因为同一个人不同手指的指甲本底自由基含量不同, 所以在实验设计时, 没有将一个人的所有指甲混合在一起, 而是按手指分开收集<sup>[9]</sup>。为了去除水分对于指甲 EPR 定量测量的影响, 指甲在放入谐振腔进行测量前, 都会在 70 °C 条件下烘干 3 h。这也导致样品在测量完 BKG 信号强度后, 不再是最初的未处理状态, 经过照射后的测量结果则不能准确反映指甲样品的产生自由基能力。所以, 同一个人同一根手指的指甲样品被分成了 2 份, 第一份样品用来测量 BKG 信号强度以及干燥失重比; 第二份样品用来测量样品经过照射后的 RIS 信号强度。并且, 由于样品来自同一人的同一根手指, 可以认为 2 份样品的 BKG 信号强度相同。而 2 份样品的质量不同, 所以将所测得的信号强度进行质量归一化处理。以第二份样品质量归一化后的 RIS 除以第一份样品质量归一化后的 BKG 得到自由基浓度增长率。实验结果如图 2、3 和 4 所示。

通过图 2、3 和 4 可知, 不同人之间的指甲样品中含水量是有差异的, 而且无论受照剂量是 1 Gy, 5 Gy 还是 10 Gy 都能得到指甲中含水量越大, 经过照射后自由基浓度升高比例就越大的结果。同时可以看到, 随着照射剂量的加大, 点与拟合直线的离散程度越来越小, 且拟合曲线的斜率也越来越大。当指甲照射 1 Gy 时, 拟合直线斜率为 0.867; 照射 5 Gy 时拟合直线的斜率为 1.7425; 照射 10 Gy 时, 斜率为 1.9628。共测 20 例。

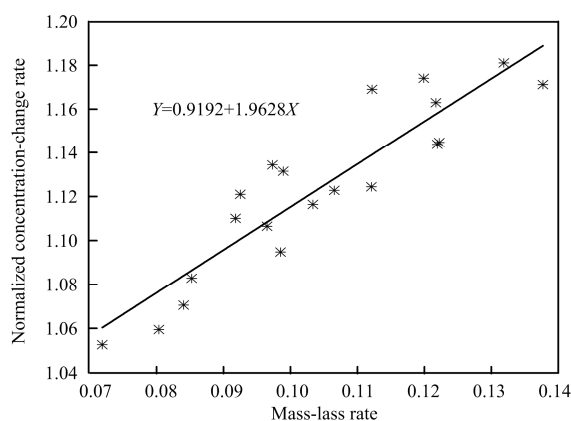


图 2 辐照 10 Gy 时单位质量指甲自由基浓度变化率与指甲质量变化率的散点图和模拟曲线  
Fig.2 Scatter plot and simulated curves of radical change rate per unit mass of the fingernail and fingernail concentration rate of mass change when irradiated with 10 Gy

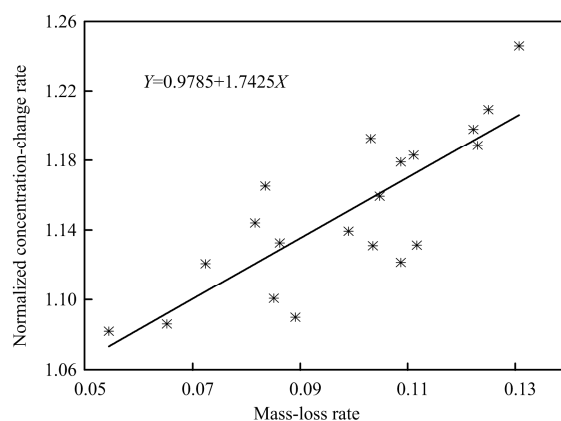


图 3 辐照 5 Gy 时单位质量指甲自由基浓度变化率与指甲质量变化率的散点图和模拟曲线  
Fig.3 Scatter plot and simulated curves of radical change rate per unit mass of the fingernail and fingernail concentration rate of mass change when irradiated with 5 Gy

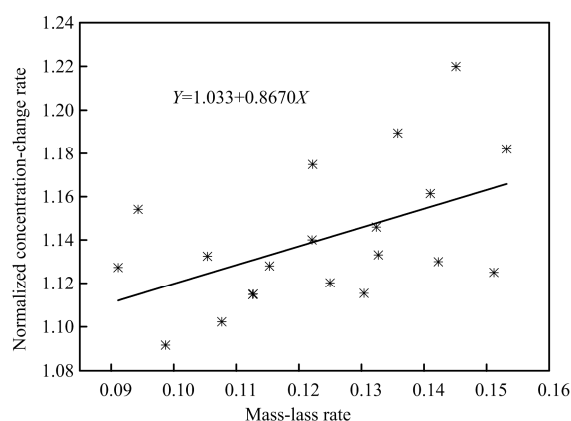


图 4 辐照 1 Gy 时单位质量指甲自由基浓度变化率与指甲质量变化率的散点图和模拟曲线  
Fig.4 Scatter plot and simulated curves of radical change rate per unit mass of the fingernail and fingernail concentration rate of mass change when irradiated with 1 Gy

### 3 讨论

以往的研究中,没有涉及到解决个体差异性的研究。在建立受照剂量与 EPR 信号强度的函数关系研究中,通常是通过大样本的统计得到结论<sup>[10]</sup>。而统计结论在实际应用中,对于每一个个体来说都是不准确的。这影响了方法在实际应用中的探测精度与探测下限。如果建立的方法能够针对不同的特征的人进行不同的优化,那么这样方法的实用性才会有所提高。

图 1 和表 1-4 的结果表明,在 70 °C 的条件下,干燥时间的长短不同,对样品产生自由基能力是有影响的。指甲中的蛋白质在 200 °C 的条件下,一定会变性,而实验结果表明,样品在 200 °C 干燥 1 min 的条件下,产生自由基的能力仍然大于其它样品。这就说明,在 70 °C 的条件下干燥时间越长,导致的产生自由基能力越弱,不是由于热量导致角蛋白变性导致的,而是由于水分流失导致的。所以这个实验证明了指甲中不同的含水量对指甲经过相同照射后产生自由基的浓度是有影响的。

根据以往对电离辐射对于生物体的损伤作用<sup>[6]</sup>的研究结论,也可以非常合理的解释指甲中的水分对于自由基的产生的影响。那么,人与人之间,如果指甲中含水量不同,两个个体受照剂量相同,其指甲中产生的自由基浓度也将会不同。如果按照现有方法,两个受照剂量相同的人的检测结果就会截然不同,这将影响结果的准确性。所以需要根据指甲中含水量的不同,进行修正。指甲辐照不同剂量时单位质量指甲自由基浓度变化率与指甲质量变化率的关系的实验结果,也表明了经过相同照射剂量后,不同人指甲产生自由基的能力不同,且与含水量有关。从结果可以看到,随着受照剂量的升高,点与拟合曲线之间的离线程度逐渐降低,且斜率逐渐变大。针对这种情况,研究者认为可能与指甲中角蛋白的含量不同有关。指甲主要由多种角蛋白组成<sup>[11-12]</sup>。辐射以及机械应力会使角蛋白中某些氨基酸之间的化学键断裂,从而形成自由基。可以说,角蛋白是指甲中产生自由基的原材料。由于受饮食以及工作使用习惯的影响,不同人指甲的力学性质,比如硬度和柔韧度也会有所不同,再加上光子与物质相互作用是概率性的,蛋白质的含量越多以及受照剂量越大,光子与指甲中角蛋白相互作用的几率就越大,从而产生的自由基也就越多。所以,人与

人指甲中角蛋白含量的差异性一定会影响到自由基的产生。从本次实验结果来看,在低剂量范围内,角蛋白含量的差异性对于实验结果影响较大。而当受照剂量达到 10 Gy 时,角蛋白的影响就比较小了。而本次实验,只是对含水量这一单一变量进行修正,更准确的方法应该是针对含水量以及角蛋白含量不同的二元变量的修正。遗憾的是指甲受到辐射后产生 RIS5 信号的自由基尚未确定,所以也就无法确定产生这种自由基的角蛋白。因此,目前无法进行二元变量的修正,要想进行更加准确的修正还需要进一步研究。

### 4 结论

本研究表明:指甲干燥时间越长,指甲失水量越多,在受照剂量相同时产生的自由基相对浓度越小,说明指甲中含水量对指甲经照射后产生自由基的浓度是有影响的;指甲在受到电离辐射照射时,自由基的产生不仅与指甲中含水量有关,还可能与指甲中某种角蛋白的含量有关。在现有的指甲电子顺磁共振受照剂量估算基础上,需要根据样品的含水量以及角蛋白含量不同对结果进行修正,解决个体差异,才能得到更加准确的估算结果。

### 参考文献

- 1 Symons M, Chandra H, Wyatt J L. Electron paramagnetic resonance spectra of irradiated finger-nails: a possible measure of accidental exposure [J]. *Radiation Protection Dosimetry*, 1995, **58**(1): 11-15.
- 2 Trompier F, Queinnec F, Bey E, *et al.* EPR retrospective dosimetry with fingernails: report on first application cases [J]. *Health Physics*, 2014, **106**(6): 798-805. DOI: 10.1097/HP.0000000000000110.
- 3 Reyes R A, Romanyukha A, Trompier F, *et al.* Electron paramagnetic resonance in human fingernails: the sponge model implication [J]. *Radiation and Environmental Biophysics*, 2008, **47**(4): 515-526. DOI: 10.1007/s00411-008-0178-8.
- 4 Trompier F, Romanyukha A, Reyes R, *et al.* State of the art in nail dosimetry: free radicals identification and reaction mechanisms [J]. *Radiation and Environmental Biophysics*, 2014, **53**(2): 291-303. DOI: 10.1007/s00411-014-0512-2.
- 5 Marciniak A, Ciesielski B, Prawdzik-Dampe A. The effect of dose and water treatment on EPR signals in irradiated

- fingernails [J]. *Radiation Protection Dosimetry*, 2014, **162**(1-2): 6-9. DOI: 10.1093/rpd/ncu207.
- 6 Reisz J A, Bansal N, Qian J, *et al.* Effects of ionizing radiation on biological molecules—mechanisms of damage and emerging methods of detection [J]. *Antioxidants & Redox Signaling*, 2014, **21**(2): 260-292. DOI: 10.1089/ars.2013.5489.
  - 7 张腾达, 王萧, 赵微鑫, 等. 指甲电子顺磁共振定量检测理论、注意事项及方法进展 [J]. *辐射研究与辐射工艺学报*, 2015, **33**(4): 040101. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.040101
  - ZHANG Tengda, WANG Xiao, ZHAO Zhixin, *et al.* Theory, matters needing attention and recent progress of fingernail paramagnetic resonance quantitative measurements [J]. *Journal of Radiation Research and Radiation Processing*, 2015, **33**(4): 040101. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.040101.
  - 8 Choi H, Park B, Choi M, *et al.* An alternative method using microwave power saturate in fingernail/electron paramagnetic resonance dosimetry [J]. *Radiation Protection Dosimetry*, 2014, **159**(1-4): 164-171. DOI: 10.1093/rpd/ncu171.
  - 9 张腾达, 张文艺, 张海英, 等. 指甲电子顺磁共振受照剂量重建误差分析[J]. *辐射研究与辐射工艺学报*, 2015, **33**(6): 53-58. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.030501
  - ZHANG Tengda, ZHANG Wenyi, ZHANG Haiying, *et al.* Error analysis of dosimetry by fingernail electron paramagnetic resonance [J]. *Journal of Radiation Research and Radiation Processing*, 2015, **33**(6): 53-58. DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.030501
  - 10 屈喜梅, 刘忠超, 张文艺, 等. 基于辐照后指甲电子顺磁共振谱线的剂量重建 [J]. *辐射研究与辐射工艺学报*, 2013, **31**(2): 23-26.
  - QU Ximei, LIU Zhongchao, ZHANG Wenyi, *et al.* Dose reconstruction based on EPR spectra of irradiated fingernails [J]. *Journal of Radiation Research and Radiation Processing*, 2013, **31**(2): 23-26.
  - 11 Romanyukha A, Reyes R A, Trompier F, *et al.* Fingernail dosimetry: current status and perspectives [J]. *Health Physics*, 2010, **98**(2): 296-300. DOI: 10.1097/01.HP.0000347999.01948.74.
  - 12 Rice R H, Xia Y, Alvarado R J, *et al.* Proteomic analysis of human nail plate [J]. *Journal of Proteome Research*, 2010, **9**(12): 6752-6758. DOI: 10.1021/pr1009349.

## Effects of water content on electron paramagnetic resonance fingernails dosimetry

ZHAO Zhixin ZHANG Tengda ZHANG Wenyi ZHAI Hezheng RUAN Shuzhou JIAO Ling

(Institute of Radiation Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Tianjin 300192, China)

**ABSTRACT** The aim is to explore the effects of time and temperature on the generation of free radicals in fingernails exposed to ionizing radiation by drying experiment, and to view the relationship between water content in fingernails of different individuals and the growth-rate of free radical concentrations through irradiation experiment. The free radicals concentrations was measured by electron paramagnetic resonance (EPR). The results showed that the more water content fingernails contained, the more free radicals sample would generate through the same absorbed dose. Meanwhile, as absorbed dose increased, the slope of fitting curve increased with the decreasing dispersion of the data measured from fitting curve. The slopes of fitting curve of samples irradiated at 1 Gy, 5 Gy, and 10 Gy were 0.8670, 1.7425 and 1.9628, respectively. The experimental results also showed that the difference of keratin content within fingernails would probably impact free radical concentration when fingernails were exposed to ionizing radiation. The current dosimetry method needs to be revised according to the difference of water content and keratin content among individuals. By solving individual difference, the more accurate dose reconstruction would be performed.

**KEYWORDS** Electron paramagnetic resonance, Correction factor, Fingernails, Radiation dosimetry

**CLC** TL72, O536