Practical Units

The dose of radiation is when radiation's energy is deposited into our body'stissues. The more energy deposited into the body, the higher the dose. For thepurpose of radiation protection, dose quantities are expressed in three ways:absorbed, equivalent, and effective. The practical units in everyday use aredescribed below.

1-Absorbed Dose

The energy absorbed from exposure to radiation is called an absorbed dose. Theabsorbed dose is measured in a unit called the gray (Gy).

The gray(Gy),with units J/kg, is the SI unit of absorbed dose,which representsthe amount of radiation required to deposit 1 joule of energy in 1 kilogram of anykind of matter.
100 rad=1 Gy.

2-Equivalent Dose

When radiation is absorbed in living matter, a biological effect may be observed.However,equal doses of different types or energies of radiation cause differentamounts of damage to living tissue. For example, 1 Gy of alpha radiation causesabout 20 times as much damage as 1 Gy of X-rays and more harmful to a giventissue than I Gy of beta radiation.Therefore,

The equivalent dose was defined to give an approximate measure of the biologicaleffect of radiation. To obtain the equivalent dose, the absorbed dose is multipliedby a specified radiation weighting factor (WR),which is different for each type ofradiation. This weighting factor is also called the Q (quality factor), or RBE(Relative Biological Effectiveness of the radiation).

The equivalent dose provides a single unit that accounts for the degree of harm that

different types of radiation would cause to the same tissue. The equivalent dose isexpressed in a measure called the sievert (Sv).

وحدات عملية

جرعة الإشعاع هي عندما تترسب طاقة الإشعاع في أنسجة أجسامنا. كلما زادت الطاقة المودعة في الجسم ، زادت الجرعة. لغرض الحماية من الإشعاع ، يتم التعبير عن كميات الجرعات بثلاث طرق: ممتصة ، ومكافئة ، وفعالة. الوحدات العملية في الاستخدام اليومي موضحة أدناه.

1-الجرعة الممتصة

تسمى الطاقة الممتصة من التعرض للإشعاع بالجرعة الممتصة. يتم قياس الجرعة الممتصة بوحدة تسمى الرمادي (Gy).

الرمادي (Gy) ، بوحدات J / kg ، هو وحدة SI للجرعة الممتصة ، والتي تمثل كمية الإشعاع المطلوبة لإيداع 1 جول من الطاقة في 1 كيلوغرام من أي نوع من المادة. 100 راد = 1 جراي.

2-جرعة مكافئة

عندما يتم امتصاص الإشعاع في المادة الحية ، يمكن ملاحظة تأثير بيولوجي. ومع ذلك ، فإن الجرعات المتساوية من أنواع أو طاقات مختلفة من الإشعاع تسبب أضرارًا مختلفة للأنسجة الحية. على سبيل المثال ، تسبب جرعة واحدة من إشعاع ألفا حوالي 20 ضعف الضرر الذي تسببه جرعة واحدة من الأشعة السينية وأكثر ضررًا على الأنسجة المعطاة من إشعاع بيتا. لذلك،

تم تحديد الجرعة المكافئة لإعطاء مقياس تقريبي للتأثير البيولوجي للإشعاع. للحصول على الجرعة المكافئة ، يتم ضرب الجرعة الممتصة بواسطة عامل وزن إشعاع محدد (WR) ، والذي يختلف لكل نوع من أنواع الإشعاع. يُطلق على عامل الترجيح هذا أيضًا اسم Q (عامل الجودة) أو RBE (الفعالية البيولوجية النسبية للإشعاع).

توفر الجرعة المكافئة وحدة واحدة مسؤولة عن درجة الضرر الذي تسببه

قد تسبب أنواع مختلفة من الإشعاع نفس النسيج. يتم التعبير عن الجرعة المكافئة بمقياس يسمى سيفرت (سيفرت).

The sievert (Sv) is the SI unit of equivalent dose. Although it has the same units asthe gray,J/kg,it measures something different. For a given type and dose ofradiation(s) applied to a certain body part(s) of a certain organism.

3-Effective Dose

Different tissues and organs have different radiation sensitivities. Forexample,bone marrow is much more radiosensitive than muscle or nerve tissue.To obtain an indication of how exposure can affect overall health,the equivalentdose is multiplied by a tissue weighting factor (WT) related to the risk for aparticular tissue or organ.This multiplication provides the effective dose absorbedby the body.

The unit used for effective dose is also the sievert.

Effective dose is not a real physical quantity, but is a "manufactured" quantityinvented by the International Commission on Radiological Protection (aninternational scientific group).

Sources of Ionizing Radiation

Ionizing radiation enters our lives in a variety of ways. It arises from naturalprocesses, such as the decay of uranium in the Earth, and from artificial procedureslike the use of x-rays in medicine. So we can classify radiation as natural orartificial according to its origin.

- ### Natural sources of Ionizing Radiation

Radiation has always been present and is all around us in many forms.Manyradioisotopes are naturally occurring, and originated during the formation of thesolar system and through the interaction of cosmic rays with molecules in theatmosphere ,Tritium as example. Some radioisotopes (such as uranium andthorium) that were formed when our solar system was created have half-lives ofbillions of years, and are still present in our environment.

Natural sources of radiation account for about 82% of all public exposure toradiation, while man-made sources account for the remaining 18%. Individualexposures will vary depending on factors such as altitude (space), local soils (radonand thoron), and the number of nuclear medicine procedures or x-rays received.

سيفرت (Sv) هو وحدة SI للجرعة المكافئة. على الرغم من أنه يحتوي على نفس الوحدات مثل الرمادي ، J / kg ، إلا أنه يقيس شيئًا مختلفًا. لنوع وجرعة معينة من الإشعاع المطبق على جزء (أجزاء) معينة من جسم كائن حي معين.

3-الجرعة الفعالة

الأنسجة والأعضاء المختلفة لها حساسيات إشعاعية مختلفة. على سبيل المثال ، يعتبر نخاع العظم أكثر حساسية للإشعاع من الأنسجة العضلية أو العصبية. للحصول على مؤشر حول كيفية تأثير التعرض على الصحة العامة ، يتم ضرب الجرعة المكافئة في عامل وزن الأنسجة (WT) المرتبط بخطر الإصابة بأنسجة أو عضو منفصل. يوفر هذا الضرب الجرعة الفعالة التي يمتصها الجسم.

الوحدة المستخدمة للجرعة الفعالة هي السيفرت أيضًا.

الجرعة الفعالة ليست كمية مادية حقيقية ، ولكنها كمية "مُصنَّعة" اخترعتها اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع (مجموعة علمية دولية).

مصادر الإشعاع المؤين تدخل الإشعاع المؤين حياتنا بعدة طرق. إنه ينشأ من العمليات الطبيعية ، مثل تحلل اليورانيوم في الأرض ، ومن الإجراءات الاصطناعية مثل استخدام الأشعة السينية في الطب. حتى نتمكن من تصنيف الإشعاع على أنه طبيعي أو اصطناعي حسب مصدره.

المصادر الطبيعية للإشعاع المؤين

لقد كان الإشعاع موجودًا دائمًا وهو موجود في كل مكان حولنا في العديد من الأشكال. تحدث العديد من النظائر المشعة بشكل طبيعي ، وقد نشأت أثناء تكوين النظام الشمسي ومن خلال تفاعل الأشعة الكونية مع الجزيئات في الغلاف الجوي ، مثل التريتيوم. بعض النظائر المشعة (مثل اليورانيوم والثوريوم) التي تشكلت عندما تم إنشاء نظامنا الشمسي لها عمر نصف يبلغ بلايين السنين ، ولا تزال موجودة في بيئتنا.

تمثل المصادر الطبيعية للإشعاع حوالي 82 ٪ من جميع حالات التعرض العام ، بينما تمثل المصادر الاصطناعية نسبة 18 ٪ المتبقية. يختلف التعرض الفردي اعتمادًا على عوامل مثل الارتفاع (الفضاء) والتربة المحلية (الرادون والثورون) وعدد إجراءات الطب النووي أو الأشعة السينية التي يتم تلقيها.

There are four major sources of public exposure to natural radiation:

- **Cosmic radiation:** is the term given to various high-energy particlesarriving from outer space strikes the Earth,therefore increases with altitude.
- **Terrestrial radiation:** Is the term given to long wave electromagneticradiation originating from earth and its atmosphere. It is the radiationemitted by naturally radioactive materials on Earth including uranium,thorium, and radon.
- Some regions receive more terrestrial radiation which is from soils thatcontain greater quantities of uranium.
- **Inhalation:**(example: Radon) the earth's crust produces radon gas, whichis present in the air we breathe. Radon has four decay products that willirradiate the lungs if inhaled.
- **Ingestion:**(example: food and drink) Natural radiation from many sourcesenters our bodies through the food we eat, the air we breathe and the waterwe drink. Potassium-40 is the main source of internal irradiation (aside fromradon decay).

2- Man-Made Sources of Ionizing Radiation

There is no difference between the effects caused by natural or man-maderadiation.

Most medical exposure comes from

- The use of standard x-rays and CT scans to diagnose injuries and diseases in patients.
- Drugs with radioactive material attached, known as radiopharmaceuticals,also are used to diagnose some diseases.
- Other procedures, such as radiation therapy, use radiation to treat patients.

هناك أربعة مصادر رئيسية لتعرض الجمهور للإشعاع الطبيعي:

. الإشعاع الكوني: مصطلح يطلق على العديد من الجسيمات عالية الطاقة القادمة من الفضاء الخارجي والتي تضرب الأرض ، وبالتالي تزداد مع الارتفاع.

الإشعاع الأرضي: هو المصطلح الذي يطلق على المدى الطويل

الإشعاع الكهرومغناطيسي الموجي الناشئ من الأرض وغلافها الجوي. إنه الإشعاع المنبعث من المواد المشعة بشكل طبيعي على الأرض بما في ذلك اليورانيوم والثوريوم والرادون.

تتلقى بعض المناطق المزيد من الإشعاع الأرضي الذي يأتي من التربة التي تحتوي على كميات أكبر من اليورانيوم.

• الاستنشاق: (مثال: الرادون) تنتج القشرة الأرضية غاز الرادون الموجود في الهواء الذي نتنفسه. يحتوي الرادون على أربعة نواتج تسوس تؤدي إلى إشعاع الرئتين إذا تم استنشاقه.

الابتلاع: (مثال: طعام وشراب) الإشعاع الطبيعي من أجسامنا من العديد من المصادر من خلال الطعام الذي نأكله والهواء الذي نتنفسه والماء الذي نشربه. البوتاسيوم 40 هو المصدر الرئيسي للإشعاع الداخلي (بصرف النظر عن اضمحلال الرادون).

2- المصادر الاصطناعية للإشعاع المنعزل

لا يوجد فرق بين الآثار التي تسببها المناورة الطبيعية أو المناورة.

معظم التعرض الطبي يأتي من

• استخدام الأشعة السينية القياسية والأشعة المقطعية لتشخيص الإصابات والأمراض لدى المرضى.

الأدوية المشعة المرفقة ، الأدوية المشعة المعروفة ، تستخدم أيضًا لتشخيص بعض الأمراض. مثل

تستخدم الإجراءات الأخرى ، مثل العلاج الإشعاعي ، الإشعاع لعلاج المرضى.

10.3 Mechanisms of Radiation Damage

The exact mechanism of these complex events is incompletely understood,but biological damage following exposure to ionizing radiations has been well documented at a variety of levels.

- **At a molecular level, macromolecules such as DNA, RNA, and enzymes are damaged**

. At the subcellular level, cell membranes, nuclei, chromosomes etc., are affected.

At the cellular level, cell division can be inhibited, cell death brought about, or transformation to a malignant state induced.

- **Cell repair can also occur, and is an important mechanism when there is sufficient time for recovery between irradiation events.**

During radiation exposures it is the ionization process that causes the majority of immediate chemical changes in tissue. The critical molecules for radiation damage are believed to be the proteins (such as enzymes) and nucleic acid (principally DNA)

The mechanism by which the radiation damage occurs can happen via one of two basic ways:

a- Direct action of radiation

b- Indirect action of radiation

DNA damage by radiation:

When the DNA is attacked, either via direct or indirect action, damage is caused to the strands of molecules that make up the double-helix structure. Most of this damage consists of breaks in only one of the two strands and is easily repaired by the cell, using the opposing strand as a template. If, however, a double-strand break occurs, the cell has much more difficulty repairing the damage and may make mistakes. This can result in mutations, or changes to the DNA code, which can result in consequences such as cancer or cell death. Double-strand breaks occur at a rate of about one double-stand break to 25 single-strand breaks. Thus, most of the radiation damage that occur in the DNA may be repaired.

10.3 آليات الضرر الإشعاعي

الآلية الدقيقة لهذه الأحداث المعقدة غير مفهومة تمامًا ، لكن الضرر البيولوجي بعد التعرض للتأين

تم توثيق الإشعاعات جيدًا على مجموعة متنوعة من المستويات. على المستوى الجزيئي ، الجزيئات الكبيرة مثل DNA و RNA و

الإنزيمات تالفة. على المستوى تحت الخلوي ، تتأثر أغشية الخلايا والنوى والكروموسومات وما إلى ذلك.

على المستوى الخلوي ، يمكن منع الانقسام الخلوي ، أو إحداث موت الخلية ، أو التحول إلى حالة خبيثة. يمكن أن يحدث إصلاح الخلية أيضًا ، وهو آلية مهمة عندما يكون هناك وقت كافٍ للتعافي بين أحداث التشعيع.

أثناء التعرض للإشعاع ، فإن عملية التأين هي التي تسبب غالبية التغيرات الكيميائية الفورية في الأنسجة. يُعتقد أن الجزيئات المهمة للتلف الإشعاعي هي البروتينات (مثل الإنزيمات) والحمض النووي (الحمض النووي بشكل أساسي)

يمكن أن تحدث الآلية التي يحدث بها الضرر الإشعاعي

عبر إحدى طريقتين أساسيتين:

أ- العمل المباشر للإشعاع

ب- العمل غير المباشر للإشعاع

تلف الحمض النووي عن طريق الإشعاع: عندما يتم مهاجمة الحمض النووي ، إما عن طريق العمل المباشر أو غير المباشر ، يحدث تلف لخيوط الجزيئات التي تشكل بنية الحلزون المزدوج. يتكون معظم هذا الضرر من فواصل في واحد فقط من الخيطين ويمكن إصلاحه بسهولة بواسطة الخلية ، باستخدام الشريط المقابل كقالب. ومع ذلك ، في حالة حدوث كسر مزدوج ، فإن الخلية تواجه صعوبة أكبر في إصلاح الضرر وقد ترتكب أخطاء. يمكن أن يؤدي هذا إلى حدوث طفرات أو تغييرات في رمز الحمض النووي ، مما قد يؤدي إلى عواقب مثل السرطان أو موت الخلايا. تحدث الفواصل ذات الجدائل المزدوجة بمعدل حوالي كسر واحد مزدوج الحامل إلى 25 فاصلًا أحادي الخيط. وبالتالي ، يمكن إصلاح معظم الأضرار الإشعاعية التي تحدث في الحمض النووي.

A- Direct Action

In the direct action can be visualized as a "direct hit" by the radiation on the DNA directly(see figure 1) and thus is a fairly uncommon occurrence due to the small size of the target; the diameter of the DNA helix is only about 2 nm. Radiation may impact the DNA directly, causing ionization of the atoms in the DNA molecule. Radiation which is absorbed in a cell has the potential to impact a variety of critical targets in the cell, the most important of which is the DNA. The damage to the DNA is what causes cell death, mutation, and carcinogenesis. Evidence indicates that damaged cells that survive may later induce carcinogenesis or other abnormalities. This process becomes predominant with high radiation doses.

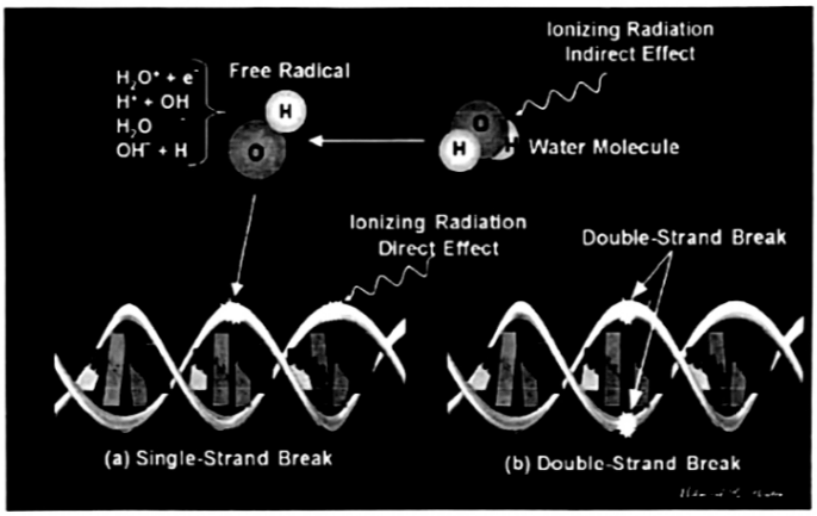


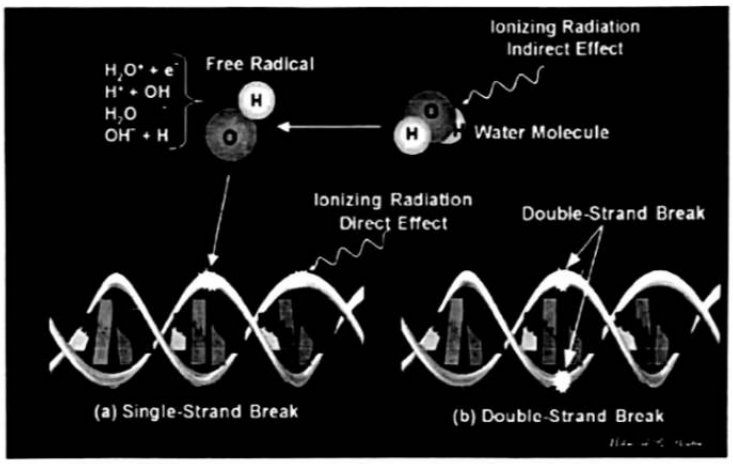
Figure 10.2: Direct and indirect actions of radiation (a) Single-Strand Break (b) Double-Strand Break

B- Indirect Action

In this way, the radiation interacts with non-critical target atoms or molecules, usually water. It has been found that the majority of radiation-induced damage results from the indirect action mechanism because water constitutes nearly 70% of the composition of the cell. This results in the production of free radicals, which are atoms or molecules that have an unpaired electron and thus are highly reactive. These free radicals can then attack critical targets such as the DNA (Figure 1).

أ- العمل المباشر

يمكن تصور العمل المباشر على أنه "إصابة مباشرة" بالإشعاع على الحمض النووي مباشرة (انظر الشكل 1) وبالتالي فهو حدث غير شائع إلى حد ما بسبب صغر حجم الهدف ؛ يبلغ قطر حلزون الحمض النووي حوالي 2 نانومتر فقط. قد يؤثر الإشعاع على الحمض النووي مباشرة ، مما يتسبب في تأين الذرات في جزيء الحمض النووي. الإشعاع الذي يتم امتصاصه في الخلية لديه القدرة على التأثير على مجموعة متنوعة من الأهداف الحرجة في الخلية ، وأهمها الحمض النووي. الضرر الذي يلحق بالحمض النووي هو ما يسبب موت الخلايا ، والطفرات ، والتسرطن. تشير الدلائل إلى أن الخلايا التالفة التي تبقى على قيد الحياة قد تؤدي لاحقًا إلى الإصابة بالسرطان أو تشوهات أخرى. تصبح هذه العملية سائدة مع الجرعات الإشعاعية العالية.



HOH H.O OH H

الجذور الحرة

lonizing تأثير الإشعاع غير المباشر

جزيء الماء

انعزال التأثير المباشر للإشعاع

استراحة مزدوجة ستراند

(أ) كسر واحد ستراند

(ب) كسر ستراند مزدوج

الشكل 10.2: الإجراءات المباشرة وغير المباشرة للإشعاع (أ) كسر حبلا مفرد (ب) كسر ستراند مزدوج

ب- العمل غير المباشر

بهذه الطريقة ، يتفاعل الإشعاع مع ذرات أو جزيئات مستهدفة غير حرجة ، عادةً الماء. لقد وجد أن غالبية الضرر الناجم عن الإشعاع ناتج عن آلية العمل غير المباشر لأن الماء يشكل ما يقرب من 70٪ من تكوين الخلية. ينتج عن هذا إنتاج الجذور الحرة ، وهي ذرات أو جزيئات لها إلكترون غير مزدوج وبالتالي تكون شديدة التفاعل. يمكن لهذه الجذور الحرة بعد ذلك مهاجمة أهداف حرجة مثل الحمض النووي (الشكل 1).

Because they are able to diffuse some distance in the cell, the initial ionization event does not have to occur so close to the DNA in order to cause damage. Thus,damage from indirect action is much more common than damage from direct action, especially for radiation that has a low specific ionization. In addition to the damages caused by water radiolysis products (i.e. the indirect effect), cellular damage may also involve reactive nitrogen species (RNS) and other species, and can occur also as a result of ionization of atoms on constitutive key molecules (e.g.DNA).

Radiation effects on water:

Ionization of water causes it to lose an electron and produces a positively charged ion radical (H2O+) and a free electron (e-). Through a chain of chemical reactions, (H2O+) and (e-) generate highly reactive free radicals such as the hydroxyl radical (OH+) and (H+). Radiolysis of water:

$$H_2O + \text{radiation} \rightarrow H_2O + e$$

$$H_2O + H_2O \text{ (decomposes)} \rightarrow H3O + OH$$

$$H_2O + \text{ decomposes} __ H + OH$$

These free radicals can diffuse to the target molecule leading to DNA or sugar radicals that eventually produce single and double strand breaks of the DNA helix. $RH + OH __ R + H_2O$

The highly reactive hydroxyl radical (OH) and is believed to be responsible for more than 2/3 of mammalian cell damage. Radiation protection drugs typically work by scavenging free radicals. These drugs are generally less effective for radiations which have high the amount of energy released over the length of its attenuation track.

The hydroxyl free radical OH is a highly reactive and powerful oxidizing agent which produces chemical modifications in solute organic molecules. These interactions, which occur in microseconds or less after exposure, are one way in which a sequence of complex chemical events can be started, but the free radical species formed can lead to many biologically harmful products and can produce damaging chain reactions in tissue.

نظرًا لقدرتها على تشتيت بعض المسافة في الخلية ، لا يجب أن يحدث حدث التأين الأولي قريبًا جدًا من الحمض النووي من أجل إحداث ضرر. وبالتالي ، فإن الضرر الناجم عن الفعل غير المباشر أكثر شيوعًا من الضرر الناجم عن الفعل المباشر ، خاصة بالنسبة للإشعاع الذي يحتوي على تأين نوعي منخفض. بالإضافة إلى الأضرار التي تسببها منتجات التحلل الإشعاعي للماء (أي التأثير غير المباشر) ، قد يشمل الضرر الخلوي أيضًا أنواع النيتروجين التفاعلي (RNS) وأنواع أخرى ، ويمكن أن يحدث أيضًا نتيجة تأين الذرات على الجزيئات الأساسية المكونة (مثل الحمض النووي الريبي)).

تأثيرات الإشعاع على الماء:

يؤدي تأين الماء إلى فقدانه إلكترونًا وينتج شق أيوني موجب الشحنة (H2O +) وإلكترونًا حرًا (e-). من خلال سلسلة من التفاعلات الكيميائية ، ينتج (H2O +) و (e-) جذور حرة عالية التفاعل مثل جذور الهيدروكسيل (OH +) و (H +). التحلل الإشعاعي للماء:

$$<- H_2O + e \rightarrow \text{الإشعاع} + H\ O$$

$$H + OH ___ \text{يتحلل} + H3O + OH\ H_2O \rightarrow (\text{يتحلل})\ H_2O + H_2O$$

يمكن أن تنتشر هذه الجذور الحرة إلى الجزيء المستهدف مما يؤدي إلى الحمض النووي أو جذور السكر التي تنتج في النهاية فواصل مفردة ومزدوجة من لولب الحمض النووي.

$$RH + OH_R + H_2O$$

جذر الهيدروكسيل شديد التفاعل (OH) ويعتقد أنه مسؤول عن أكثر من ثلثي تلف خلايا الثدييات. تعمل عقاقير الحماية من الإشعاع عادةً عن طريق إزالة الجذور الحرة. هذه الأدوية بشكل عام أقل فعالية للإشعاعات التي تحتوي على كمية عالية من الطاقة المنبعثة على طول مسار التوهين.

هيدروكسيل الجذور الحرة OH عامل مؤكسد شديد التفاعل وقوي ينتج تعديلات كيميائية في الجزيئات العضوية المذابة. هذه التفاعلات ، التي تحدث في ميكروثانية أو أقل بعد التعرض ، هي إحدى الطرق التي يمكن من خلالها بدء سلسلة من الأحداث الكيميائية المعقدة ، ولكن يمكن أن تؤدي أنواع الجذور الحرة المتكونة إلى العديد من المنتجات الضارة بيولوجيًا ويمكن أن تنتج تفاعلات متسلسلة ضارة في الأنسجة.