الباب الأول
الإطار المنهجي

مقدمة :

الإشعاع النووي هو ظاهرة فيزيائية تحدث في الذرات غير المستقرة للعناصر ، وفيه تفقد النواة الذرية بعض جسيماتها وتتحول ذرة العنصر إلي عنصر آخر أو إلي نظير آخر من العنصر ذاته .

التفاعل النووي ظاهرة كونية غير مستقرة ينتج عنها طاقة كبيرة يمكن أن تستقل سلباً أو إيجاباً والإشعاع النووي ينقسم إلي :-

- أشعة ألفا : أيون الهليوم (He) :
- أشعة غاما (أشعة كهرومغنطيسية ولها مسمى آخر الأشعة الكونية) .
- أشعة بيتا وتنقسم إلي : أ/ الكترون (السالبه) ب/ يوزترون (الموجبه) .

يسبب التعرض للأشعة النووية تغيرات كيميائية في أنسجة الكائنات الحية ، مما يؤدي إلي أضرار كبيرة للجسم وتزداد درجة تلك التغيرات الكيميائية تبعاً لمقدار جرعة الإشعاع التي تم امتصاصها بواسطة الجسم ، ولا يظهر مقدار الإصابة أو الضرر للشخص عند تعرضه للإشعاع إلا بعد فترة من الزمن تعرف بدورة الكيمون أو فترة الحضانة ، وقد تتأخر الآثار المبكرة لبعض أنواع التعرض الإشعاعي إلي سنوات ويحدد نوع ومصدر الإشعاع نوع الإصابة التي ينتج عنه .

يطلق أسم الإشعاعات المؤينة على جميع الإشعاعات النووية وهي شكل من أشكال الطاقة لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة لكي يمكن التعرض لها كما انه لا يمكن للإنسان أن يحس بها كأحساسه بدرجة حرارة الشمس والناثر مثلاُ فيمكنه الإبتعاد عنها وإنما تسلسل هذه الإشعاعات المؤينة إلي الجسم وتنتقل طاقتها إليه والتي تؤدي إلي أضرار تتراوح بين عده ساعات وعشرات السنوات على حسب كمية الجرعة التي يتعرض لها جسم الكائن الحي .

ويقصد بالإشعاع المؤين تلك الأشعة التي لها القابلية لتفكك الذرات والجزئيات التي تتكون منها المادة ومن ضمنها أجسام الكائنات الحية وتشمل جسيمات ألفا وبيتا وأشعة جاما والنيترونات .

يتعرض الكائن الحي للإشعاع المؤين من مصدرين أساسين هما النظائر الطبيعية والنظائر المشعة الصناعية وللوقاية من الإشعاع يجب تجنب التعرض لهذه الأشعة وذلك بإتباع برامج الوقاية .

مشكلة البحث

تكمن مشكلة هذا البحث عندما تتعرض الكائنات الحية للإشعاع الذي يؤدي إلي تلف خلاياها حسب كمية الجرعة الممتصة لها لذلك لا بد من اتخاذ الإجراءات اللازمة للوقاية من التعرض الإشعاعي .

فروض البحث :-

- التعرف على الإشاع النووي والجرعة الإشاعية .
- دراسة الآثار الجانبية والتأثيرات البولوجية الضارة بعد التعرض للإشعاع .
- دراسة كيفية العلاج الإشعاعي وحساب الجرعة الإشعاعية .

محتوى البحث :-

يحتوي البحث على أربعة فصول تتناول في الفصل الأول المقدمة وخطة البحث والفصل الثاني دراسة الإشعاع النووي والفصل الثالث تأثير الإشعاع على الخلايا والأنسجة والوقاية من الإشعاع والفصل الرابع سنتحدث عن العلاج بالإشعاع وحساب الجرعة .

الباب الثاني
الإشعاع النووي

مقدمة :

إن الكثير من الأفكار والتقنيات الموجودة بالفيزياء الذرية والنووية تعتمد على خواص العناصر المشعة واتساعاتها ، ولذلك فدراسة النشاط الإشعاعي واستخدامه عملية أساسية بالنسبة للفيزياء النووية .

فقد وجد أن إنبعاث جسيمات ∝ و B من بعض الذرات أدى إلي فكرة تكون الذرة من وحدات أصغر وكذلك إلي مبدأ ثنائية الذرة .

فدراسة تشتت جسيمات ∝ بواسطة الذرات قادنا لفكرة النواة الذرية التي تعتبر أساسية بالنسبة للنظرية الذرية إن تحليل العلاقات الكيميائية بين العناصر المشعة المتعددة أدى إلي اكتشاف "النظائر" فقد وجد أن قذف الذرات بجسيمات ∝ السريعة المنبعثة من مادة مشعة يسبب إنحلال الأنوية الذرية وهذا أدى بدوره لإكتشاف النيوترون والنظرية الحالية لتركيب النواة .

يمكن إثارة الأنوية بطرق عديدة ، وتولد الأنوية المثارة غالباً بعد إطلاق إشعاع B و ∝ كما يمكن أن تنتج عن التفاعلات النووية المختلفة وتحاول هذه الأنوية المثارة أن تتلخص من طاقة الإثارة بطرق متعددة إحداها هو إطلاق الإشعاع الكهرومغناطيسي (إشعاع قاما) عن طريق التحول الداخلي .

يعتمد نوع النشاط الإشعاعي على الإشعاع المنبعث من النواة وأهم أنواع الأشعة الإشعاعية هي :-

التفكك "الإنحلال" الإشعاعي الذي يتمثل في إصدار شعاع من جسيمات ألفا التي هي عبارة عن نواة الهيليوم (H_2e^4) والتفكك الإشعاعي بيتا الذي يتمثل في إصدار سـواء التكرون (B) أو بوزيترن (B) ثم التفكك الإشاعي جاما الذي يتمثل في إصدار فوتونات كهرومغنطيسية ذات طاقة عالية .

كما أن هنالك في بعض الحالات النادرة تفكك إشعاعي من نوع آخر وهو التفكك الذي ينتج عن طرد بعض البروتونات أو النوترونات من النواة غير المستقرة محاولة منها إلي الاستقرار المنشود .

ويعد العلاج الإشعاعي علاج موضعياً ، شأن الجراحة ، وبخلاف العلاج الكيماوي وقد يتم استخدامه متفرد كعلاج وحيد ، أو بصفة مشتركة مع علاجات الأورام الأخرى وقد يوصف بديلاً عن الجراحة عند بعض الأورام كعلاج أولي أو أساسي سواء متفرداً أو مشتركاً مع العلاج الكيماوي ، كما قد يتم استخدامه قبل المباشرة بالعمليات الجراحية للأورام ، فيما يعرف بالعلاج المبدئي المساعد .

بقية تقليص حجم الورم لتسهيل استئصاله ، أو يتم استخدامه عقب جراحات الاستئصال كعلاج مضاف بقية القضاء على أي خلايا ورمية غير مفيدة ، قد تكون متبقية أو عند تعذر الاستئصال التام للنسيج الورمي ، وقد يوصف عند بعض الحالات بغرض تخفيف الأعراض كعلاج مسكن فحسب .

إن ظاهرة النشاط الإشعاعي عبارة عن اتيان تلقائي ذي أصل نووي الإشعاع من المادة ، ويظهر مثل هذا الإشعاع أثناء تحولات & و B للنوى الذرية وكذلك أثناء انحلالات نووية أخرى : عند اتساع النوى المتشابهة إلي حالة الطاقة الأساسية أو الإنقسام الذاتي التلقائي .

(3-2) النشاط الإشعاعي :

تم كشف النشاط الإشعاعي على يد هنري بيكرل في أوائل عام 1896م وذلك عندما وجد أن ذرات اليورانيوم Z=92 تصدر إشعاعات تؤثر على الأفلام والشرائح الفوتوغرافية وتجعلها سوداء ، وبعد عامين من ذلك الاكتشاف نجح كل من ماري وبيير كوري في فصل عنصرين مشعين جديدين هما البولونيوم Z=84 والراديوم Z=88 ، ومنذ ذلك الحين أصبح معلوماً أن كل العناصر التي يزيد عددها الذري عن 83 تعتبر مشعة ، والعناصر المشعة هي عادة عناصر غير مستقرة لذا فهي تتخلص من جزء من نواتها في صورة إشعاعات وتحدث ظاهرة النشاط الإشعاعي في الأنوية التي تكون فيها نسبة عدد البروتونات إلي النيوترونات كبيرة وبالتالي تصبح النواة غير مستقرة ولكي تصل هذه النواة لحالة الاستقرار فإنها تتخلص من الطاقة الزائدة ببثها في صورة إشعاعات ، وقد دلت التجارب على أن هناك ثلاثة إشعاعات مختلفة تنطلق من المواد المسعة تم التمييز بينها بقياس انحرافها بتأثير المجالين الكهربي والمغنطيسي ثم اختبار مقدرة الإشعاعات على اختراق المواد المختلفة وهذه الإشعاعات هي دقائ ألفا ونرمز لها بالرمزO ودقائق بيتا ونرمز لها بالرمز B وأشعة غاما ونرمز لها بالرمز لا وخصائصها هي كما يلي :-

1- دقائق الفا : هي عبارة عن نواة ذرة الهليوم 2He4 وتحوي بروتونين ونيوترونين وعندما تنبعث أشعة الفا من نواة مثل zx A* فإنها تتحول إلي نواة أخرى z2YA4 وتكتب معادلة الإنحلال الإشعاعي للنواة الأصلية (الأم) في الصورة .

$$A^{*}_{x} \longrightarrow {}^{A-4}_{Y}Y + {}^{4}_{2}He \qquad (28-4)$$

$$A^{*}_{x} \longrightarrow {}^{A-4}_{Y}Y + {}^{0}_{z-}\beta \qquad (29-4)$$

وهذا يعني أن أنطلاق أشعة O من النواة المثارة يؤدي إلي نقصان عدد الكتلة بمقدار 4 بينما ينقص العدد الذري بمقدار 2 . ومثال ذلك انحلال نواة اليورانيوم E وتحولها لنواة ثوريوم Th حيث نجد أن :

239 ⟶ 235 (30-4)

U Th

فإذا كانت النواة الأصلية (الأم) x ساكنة وعندما انطلقت أشعة o بطاقة حركية مقدارها To أرتدت النواة الناتجة Y بطاقة حركية مقدارها Ty فإن قانون بقاء الحركة لهذه العملية يكون في الصورة .

طاقة النواة الأصلية = طاقة النواة الناتجة + طاقة أشعة o

$$(M\propto C^2 + T\propto) + (My\ C^2 + Ty) = N_x C^2$$

$$(M\propto + My)\ C^2 + T\propto + Ty = M_x C^2 \qquad (31\text{-}4)$$

حيث أن :

طاقة كتلة جسيم $M_x C^2$

طاقة جسم النواة الناتجة $My\ C^2 = y$

طاقة كتلة النواة الأصلية $M_x C^2 = x$

سرعة الضوء في الفراغ = C

أما طاقة التفتت Q التي تعرف بأنها هي الطاقة المستنفذة في التفتت فهي تساوي مجموعة طاقتين حركة الفا والنواة y أي أن :

$$Q = T\propto + Ty = (M_x - My - M\propto)C^2 \qquad (32\text{-}4)$$

وطاقة التفتت Q تساوي طاقة ترابط جسيم α والنواة Y حيث يستنفذ جزء من طاقة كتلتي α والنواة Y في ربطهما وضمهما سوياً ليكونا النواة x أي أن :

$$Q = -(My\ C^2 + M\propto C^2 - M\ C^2) \qquad (32\text{-}4)$$

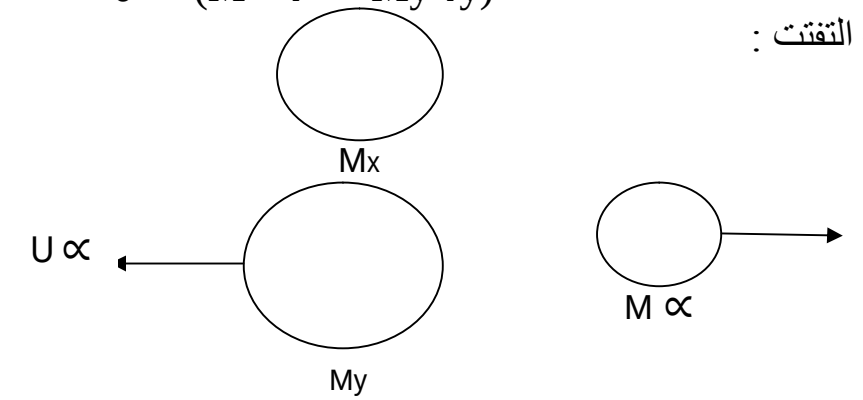
وهي نفس النتيجة التي تحصلنا عليها في المعادلة (4-32) .

ويمكن إيجاد طاقة حركة جسيمات α من قانون بقاء كمية الحركة لعملية التفتت أنظر شكل 79 و80 حيث نجد أن :

كمية الحركة بعد التفتت = كمية الحركة قبل التفتت

$$0 = -(M\propto \mathbf{v}\propto - My\ \mathbf{v}y) \qquad (34\text{-}4)$$

الشكل (79) : عملية التفتت :

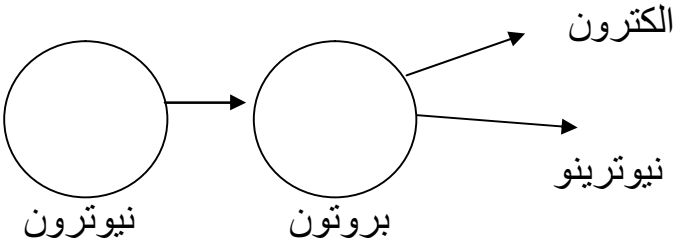


الشكل (80) :

بروتون نيوترون

جسيم ألفا

الشكل (81) : تفتت النيوترون وتحوله لبروتون :



$$\upsilon_y = \frac{M_\alpha}{M_y}\ \upsilon_\alpha$$

فإذا اعتبرنا أن كتلة البرتون تساوي تقريباً كتلة النيوترون فإن :

$$M_\alpha = 4m_n \ , \ M_y = (A-4)\, m_n$$

$$\upsilon_y = \frac{4}{A-4}\ \upsilon_\alpha$$

إذن طاقة التفتت Q_α تساوي

$$Q = T_\alpha + T_y = \tfrac{1}{2} M_\alpha V_\alpha^2 + \tfrac{1}{2} M_y V_y^2$$

$$= \tfrac{1}{2}\ M_\alpha \cdot \upsilon_\alpha^2 \left[1 + \frac{M_y\, V_y^2}{M_\alpha\, \upsilon_\alpha^2}\right]$$

$$Q = T_\alpha \left[1 + \frac{M_y}{M_\alpha}\left(\frac{V_y}{\upsilon_\alpha}\right)^2\right] = T_\alpha \left[1 + \frac{(A-4)}{4}\left(\frac{4}{A-4}\right)^2\right]$$

$$= T_\alpha \left[\frac{4}{A-4}\right]$$

3 دقائق بيتا B : Beta particles :

دقائق بيتا السالبة هي عبارة عن الكترونات . وتنطلق دقائق بيتا السالبة B من النواة التي يوجد بها عدد كبير من النيورتونات يزيد عن عدد البروتونات التي فيها .

ولكي تستقر النواة فلا بد أن يقل عدد النيوترونات ، ولكي يقل عدد النيوترونات فإن النيوترون يتفتت إلي بروتون والكترون وجسيم ثالث يسمى بضديد النيوترونيو ونرمز له بالرمز V حيث يبقى البروتون بالنواة بينما تنطلق الالكترونات في شكل أشعة تسمى بأشعة B السالبة وينطلق معها أيضاً ضديد النيوتريون "أنظر شكل 81" .

$$n \longrightarrow p + e^- + V^-$$

وتتحلل النواة X التي تسميها بالأم عندما تشع دقائق بيتا السالبة لتتحول إلي نواة أخرى Y نسميها بالأبنة وتكون معادلة التحلل في الصورة :

$$_zx^A \longrightarrow {}_{z+1}y^A + \beta^- + V^-$$

ويمكن أخذ تحلل عنصر البورون B كمثال للتحلل الذي تنطلق فيه أشعة B ليتحول إلي عنصر الكربون كما في المعادلة .

$$_5B^{12} \longrightarrow {}_6c^{12} + \beta^- + V^-$$

حيث يؤدي تحول النيوترون إلي بروتون لزيادة العدد الذري من z إلي $z+1$

أما دقائق بيتا الموجبة +B فهي عبارة عن بوريترونات (ضديدات الالكترون +e) وهي تنطلق من الأنوية التي يوجد بها عدد كبير من البروتونات والتي تتخلص منها النواة بتحلل البروتون p إلي نيوترون n وبوريترون +e وبيترينو وحسب المعادلة :

$$P \longrightarrow n + e^+ + V^+$$

وعادة ما تشع النواة الأم × التي توجد بها بروتونات زائدة دقائق بيتا الموجبة للتخلص من هذه البروتونات الزائدة حيث تتحلل لتتحول إلي نواة أخرى Y تسميها بالأبنة . وتكون **معادلة التحلل في الصورة :**

$$_zx^A \longrightarrow {}_{z-1}Y^A + \beta^+ + V$$

ومن العناصر التي تطلق اشعه +B هي عنصر النيتروجين N الذي يتحلل لعنصر الكربون C . حيث تكون معادلة التحلل في الصورة :

$$_7N^{12} \longrightarrow {}_6c^{12} + e^- + V$$

وبتطبيق قانون بقاء الطاقة على تحلل +B نجد أن :

الطاقة الكلية قبل التحلل = الطاقة الكلية بعد التحلل

$$M_y C^2 + m_e C^2 + T_{total} = M_x C^2$$

حيث أن m_e هي كتلة الالكترون Total هي طاقة الحركة الكلية للنواة Y وجسيم +B. أما طاقة التفتت Q . فهي تساوي الاطفة اللازمة لتفتيت النواة أي طاقة حزمة الأجزاء المتفتتة .

3- أشعة غاما y :

أشعة قاما y هي عبارة عن فوتونات تحمل الطاقة الكهربية المغنطيسية وهذا يعني أنها موجات كهرمغنطيسية وتنبعث أشعة y من الأنوية المثارة التي تحمل طاقة زائدة والتي تكون في مستوى طاقة مثار أي أكبر من المستوى الأرضي فإذا كانت طاقة النواة المثارة تساوي E ثم انتقلت هذه النواة إلي مستوى الطاقة الأقل E فإنها النواة تطلقة فوتوناً ترددهf

$$E_2 - E_1 = jhf$$

وتشكل هذه الوتونات التي تحمل الطاقة الزائدة أشعة غاماy

4 قانون التحلل الإشعاعي :

تكون العناصر الثقيلة الموجودة في الكون (نعني بها العناصر التي يزيد عددها الذري عن83) غير مستقرة نتيجة لأن بعضها قد يكون به بروتونات زائدة أو نيوترونات زائدة أو طاقة زائدة لذا فهي تشع جسيمات أو موجات كهربية مغنطيسية للتخلص من الفائض الذي يوجد بها . فهناك عناصر طبيعية مشعة مثل اليورانيوم والبولونيوم ، وهناك عناصر مشعة صناعياً وهي عناصر تمت معالجتها لتصبح عناصر مشعة . وهذه العناصر لا تكون موجودة في الطبيعة وإنما يتم تحضيرها في المفاعلات النووية ومثال ذلك اليود 131 ، وبغض النظر عن مصدر المادة المشعة ونوع وعمر فإننا نجد أنها تتحلل كلها بطريقة واحدة . وتتحلل النواة عادة عندما تنبعث منها دقائق α أو B أو y . ونرمز لعدد الأنوية الموجودة عند اللحظة t بالرمز N ولثابت الاحنلال بالرمز λ ، فإذا كان عدد الأنوية التي تتحلل في ثانية واحدة من عنصر معين هو $\frac{dN}{dt}$ فإن ثابت الانحلال λ يعرف بأنه هو النسبة :

$$\lambda = \frac{\frac{-dN}{dt}}{N} = \frac{\text{عدد الأنوية المتحللة في ثانية}}{\text{عدد الأنوية عند اللحظة}}$$

$$\int_{N_o}^{N} \frac{dN}{N} = - \lambda \int_{o}^{t} dt$$

$$\frac{dN}{dt} = - \lambda N$$

$$\ln N - \ln N_o = - \lambda t$$

$$\frac{N}{N_o} = e^{- \lambda t}$$

$$N = N_o e^{- \lambda t}$$

4-2 الجرع الإشعاعية ووحدات قياسها :

إن المنظمات الدولية التي تعنى بأمور الوقاية من الإشعاع هي :-

- اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية (international committee of radiation protection)
- اللجنة الدولية للوحدات الإشعاعية (international committee of radiation unuts)

وضعت هذه اللجان تعاريف محددة للكميات الفيزياوية المستخدمة للتعبير عن التعرض للإشعاعات المؤينه وللجرع الإشعاعية الناتجة عنها واستند في وضع هذه الوحدات على :

1. العدد الإجمالي للإشعاعات التي تسقط على الوسط المادي المعين .
2. مقدار ما تحدثه من تأينات في هذا الوسط .
3. كمية الطاقة التي تودعها الإشعاعات في كتلة معينة من المادة .
4. نوع الإشعاعات التي تسقط على الماده .

وهناك وحدات حسب النظام العالمي للوحدات (SI) ووحدات قديمة وحدة قياس الإشعاع : هي كميه فيزياوية تعبر عن كمية الطاقة المودعه في كتلة معينة من الماده أو النسيج البشري ، وهي تعبر عن مقدار الخطر الذي تحدثه الإشعاعات المؤينه المختلفة على جسم الإنسان ، وتعتمد على أسلوب تفاعل الإشعاع مع الماده وعلى أسلوب انتقال الطاقه من هذه الإشعاعات إلي المادة وعلى مدى الضرر الذي تحدثه على الجسم .

النشاط الإشعاعي (A) :

أن معادلة النشاط الإشعاعي هي :

$$A_t = A_O EXP(-\lambda t)$$

حيث أن : A_t النشاط الإشعاعي عند الزمن t

A_O النشاط الإشعاعي عند الزمن صفر

λ ثابت النشاط الإشعاعي

والنشاط الإشعاعي يقاس بعدد الانحلالات في وحدة الزمن ، ووحدته هي البكرل (Bq) وهو يساوي انحلال واحد في الثانية ، ويقاس أيضاً بوحدة الكيوري وهو يعادل $3.7 * 10^{10}$ بيكرل.

التعرض (X) :

المقصود بالتعرض هو تعرض الهواء الجاف في الظروف القياسية إلي كمية من الأشعة السيني هاو أشعة كاما ، ويقاس بكمية الشحنة الكهربائية الناتجة عن التأين في وحدة الحجم من الهواء الجاف أي أن :

$$X = \frac{dQ}{dV} = \frac{dQ}{\frac{dm}{\rho}} = \frac{dQ}{dm}$$

حيث أن كثافة الهواء p تساوي واحد ، dQ هي كمية الشحنه الكهربائية الناتجة عن التعرض للإشعاعات ، dm كتلة الهواء الذي تعرض للإشعاع لذلك فوحدة قياسه هي كولمب/ كغم أن وحدة قياس التعرض هي الرونتكن (R) وهو التعرض لكميه من الأشعة السينية أو أشعة كاما منخفضة الطاقة لكغم واحد من الهواء يؤدي إلي توليد شحنه كهربائية مقدارها $2.58 * 10^{-4}$ كولوم .

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} \ldots\ldots coulomb / kg$$

مثال : أحسب مقدار التعرض بوحدة الرونتكن الذي تحدثه أشعة كاما لكتلة من الهواء مقدارها (5) كغم إذا علمت أن كمية الشحنه الناتجه $5.1 * 10^{-2}$ كولومب ؟

الحل :

كمية الشحنه لكل كغم = $\frac{5.16\times10^{-2}}{5}$ = $1.032 * 10^{-2}$ كولومب / كغم

رونكن

$2.5 * 10^{-4}$ / 1

$1.032 * 10^{-2}$ X

$$X = 1\times1.032\times10^{-2} \div 2.5\times10^{-4} = 0.4\times10^{2}\,R$$

الجرعة الممتصة (D) :

وهي مقدار الطاقة المودعة (المنقولة) من الأشعة المؤينه إلي كتلة معينة من المادة المعرضة للإشعاع وتقاس بوحدة (الكترون فولت /كغم) أي أن :

$$D = \frac{E}{m}$$

ان وحدة قياس الجرعة الممتصة هي الكراي (Gy) ، وهناك وحدة أخرى هي الراد .

1Gy = 100 rad

الجرعة المكافئة (H) :

تستعمل الجرعة المكافئة لأغراض الوقاية من الإشعاع للتعبير عن ضرر في الجسم البشري الناتج عن التعرض لجرعة معينة من نوع معين من الإشعاعات وتستخرج من القانون :

$H = D * W_R$

D الجرعه الممتصه

W_R معامل الثقل الإشعاعي

عند قياس D بالكراي فإن H تكون بالسيفرت

وعند قياس D بالراد فإن H تكون البريم

1 سيفرت = 100 ريم

معامل الإشعاع المرجح (الثقل الإشعاعي) W_R :

يختلف التأثير البايولوجي للإشعاع على أعضاء وانسجة الجسم البشري باختلاف نوع الأشعة حتى لو تساوت الجرع الممتصة من هذه الإشعاعات من قبل عضو معين ، فلو امتص عضو معين جرع متساوية من أشعة اكس والنيوترونات فإن الضرر الذي تحدثه النيوترونات يزيد نحو (20) مره أكبر من الضرر الذي تحدثه أشعة اكس على ذلك العضو ، لذلك ادخل معامل يخص نوع الأشعة يسمى الثقل الإشعاعي ويرتبط مقداره بمقدار الضرر الذي يسببه ذلك الإشعاع .

W_R لكاما واشعة اكس والالكترونات = 1 ، البروتونات = 5 جسيمات الفا = 20 ، النيوترونات = 10

مثال : أحسب الجرعه المكافئة لفيزياوي يتعرض لجرعه ممتصة لكامل جسمه (8.4 ملي كراي) من أشعة كاما وجرعه ممتصه (1.2 ملي كراي) من النيوترونات ؟

الحل :

$$H = \Sigma W_R D_R = W_\gamma \times D_\gamma + W_n \times D_n$$

$$H = 1 \times 8.4 + 10 \times 1.2 = 20.4 \ldots\ldots mSv$$

mSv ملي سيفرت

الجرعه الفعاله E :

هي مجموع الجرعات المكافئة مضروبه بالعامل المرجح للنسيج أو العضو W_T :

$$E = \Sigma W_T H_T$$

$$E = \Sigma W_T \Sigma D_R W_R$$

إن العلاقة بين احتمال حدوث التأثيرات العشوائية للضرر الإشعاعي كالسرطان وبين الجرعه المكافئة تعتمد على نوع العضو أو النسيج المتعرض للإشعاع لذلك استخدمت كميه ترتبط بنوع العضو سميت العامل المرجح للعضو وقيمها تختلف حسب نوع العضو المتأثر بالإشعاع وتأخذ القيم :

الغدد التناسلية 0.2 ، النخاع العضمي والقولون والرئتين والمعده 012 ، المثانة والصدر والكبد والأثنى عشر والغدد الدرقيه 0.05 ، الجلد والعظام 0.01 ، كامل الجسم 1 .

مثال : أحسب الجرعه الفعاله الكليه الناتجة عن جرعة مكافئة للرئة (1mSv) وجرعه مكافئة للغده الدرقيه (2.4 mSv) ؟

$$E = \Sigma W_T H_T$$

للرئه E = 0.05 *1= 012 mSv

للغده الدرقيه E = 0.05 * 2.4 = 0.12 mSv

E_{total} = 0.12 + 0.12 = 0.24 mSv

حساب زمن التعرض للإشعاع (دقيقه) : يحسب من القانون الآتي :-

$$t = \frac{2 \times 60}{E.R}$$

E.R معدل التعرض (شدة الإشعاع) = التعرض (رونتكن) / الزمن (ساعه) .

مثال : وجد أن شدة الإشعاع بالقرب من مريض هي 12 ملي رونتكن / ساعة أحسب المده الزمنية التي يجب أن يبقى زائراً قربه ؟

T = 2* 60 /12=10min

<u>حسابات التعرض والجرعة :</u>

غالباً ما يكون ضرورياً حساب التعرض بالجرعة الممتصة ومكافئ الجرعة أو معدلاتها الناجمة عن مختلف تشكيلات بعض أنواع المنابع المشعة . تختلف هذه الحسابات بعض الشيء بالنسبة لأشعة غاما وللنيترونات والجسيمات المشحونة وهي تعتمد فيما إذا كان التعرض خارجياً أو داخلياً .

تعرض خارجي لأشعة غاما :

رأينا في الفقرات السابقة أن التعرض لشعة غاما يقاس بوحدة الرونتجن (R) حيث يوافق 1R تحرير10 2.58 كولون لكل إشارة (+ أو -) وذلك لدى تأثير أشعة غاما المتبادل مع كيلو غرام واحد من الهواء . يكون من الملائم لحساب التعرض ، أن ينسب الرونتجن إلي الطاقة التي يجب أن تترسب في الهواء لتحرير الشحنه المذكورة .

يتطلب توليد 10 2.58 كولونا ، تشكيل 10 1.60 10 2.58 = 10 1.61 زوج من الأيونات ، حيث 10 1.60 هي الشحنه بالكلون لكل من الأيون أو الالكترون ، لقد وجد

مخبرياً أنه يجب ترسب طاقة مقدارها 3457 من قبل أشعة غاما في الهواء لتوليد زوج من الأيونات . لذلك يتطلب تحرير 10 2.58 كولوناً امتصاص 5.47 = 34 10 1.61

يوافق التعرض لـIR ترسب طاقة مقدارها :

(1.15) $IR = 5.47\ 10^{16} eV/Kg = 5.47\ 10^{10} MeV/Kg$

$= 5.47 .10\ MeV/g$

وبما أن $1\ MeV = 1.60\ 10\ ergs$ فإن :

(1.15) $IR = 5.47 .10\ \ 1.60\ 10 = 87.6\ erg/g$

لحساب تعرض أشعة غاما ناجمة عن حقل إشعاعي معين ، يصبح من الضروري تحديد الطاقة الممتصة من قبل أشعة غاما في الهواء ثم تحويل النتيجة إلي الزومنجن باستعمال مكافئ الطاقة كما رأينا ، إذ أن 87.6 ergs/g تكافي رونتجن واحد .

وفقاً للبحث المتعلق بتأثير أشعة غاما المتبادل مع المادة (هندسة الفيزياء النووية) ، فإن معدل ترسب الطاقة w بوحدة الحجم من خلال التأثير الكهرو ضوئي ، تأثير الزوج وتأثير كمتون يعطى بالعلاقة :

$$W = E.I.(\mu_{\text{كهرضوئي}} + \mu_{\text{زوج}} + \mu_{\text{كمتون}})$$
$$= Ei.\mu_a$$

حيث :

$$\mu_a = \mu_{\text{كهرضوئي}} + \mu_{\text{زوج}} + \mu_{\text{كمتون}}$$

يسمى μ_a معامل الامتصاص الخطي .

باستخدام المعادلة (1.15) ، فإن معدل التعرض × يعطى بالعلاقة :

$$\dot{X} = I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}}/5,47.10^7$$
$$= 1,83.10^{-8}\ I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}}[R.s^{-1}]$$

إن وحدة 1 في هذه العلاقة هي : $\frac{\text{فوتونات}}{cm^2.s}$ i E هي MeV ووحدة : $(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}}$ هي

تحسب × في بعض المسائل العملية بالملي رونتجن في الساعة $[m\ R.h^{-1}]$

$$1\ R.s^{-1} = 3,6\ 10^6 m\ R.h^{-1}$$

وبذلك تكتب علاقة × كالتالي :

$$\dot{X} = 0,0659\ I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}} m\ R.h^{-1}$$

كما هو واضح من المعادلة (8.14) فإن معدل التعرض يتعلق بشدة أشعة غاما وطاقتها .

يقدم الشكل (1.15) الشدة أو التدفق اللازم للحصول على معدل تعرض مقداره $1\ m\ R.h^{-1}$ تطبق المعادلة (7.15) فقط في حالة حزمة وحيدة الطاقة. إذا كان لأشعة غاما توزع طاقة ، فمن الضروري إجراء تكامل المعادلة (7.15) على الطيف إذا كان هذا الأخير مستمراً أو إجراء عملية جمع إذا كان الطيف متقطعاً . في الحالة الأخيرة يكون معدل التعرض

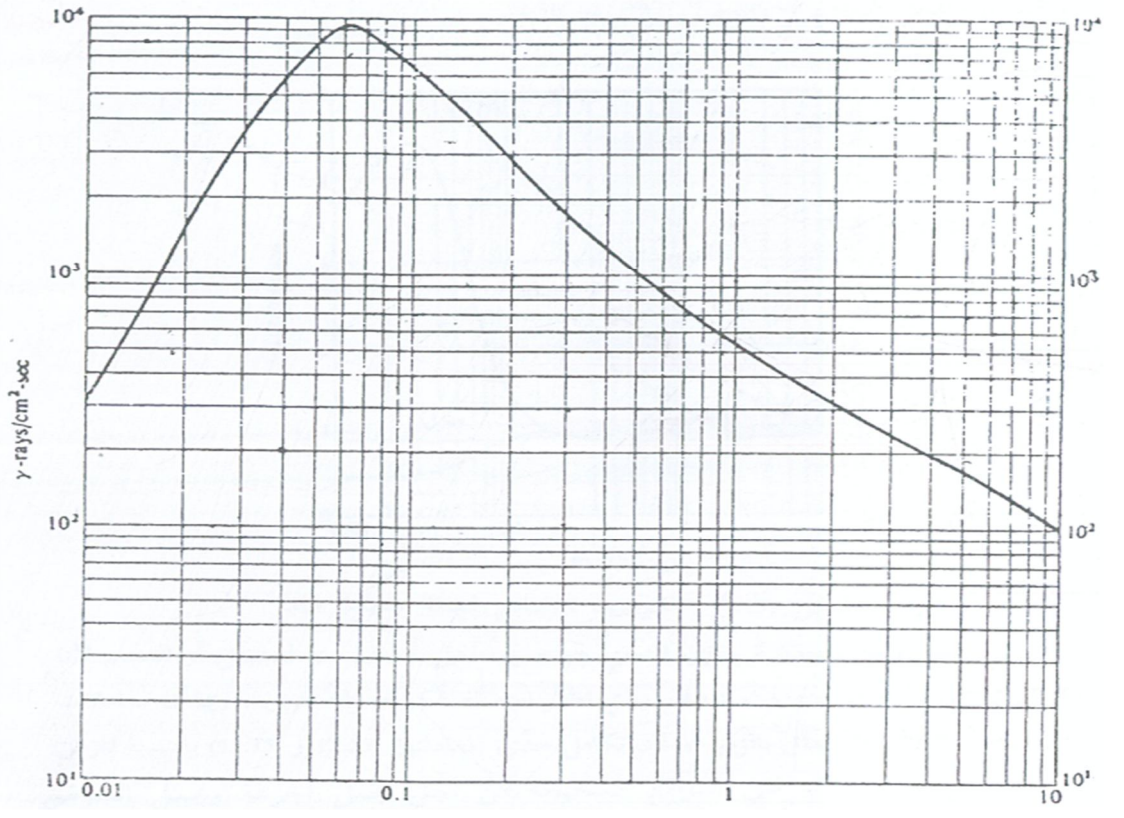
$$\dot{X} = 0{,}00659 \sum_i I_i E_i . (\mu_a/\rho)_i^{\text{هواء}} [m\ R.h^{-1}]$$

حيث 1 هي شدة أشعة في الهواء .

للحصول على التعرض الكلي خلال دور زمني مقداره T ، يجب مكاملة الصيغة السابقة بالنسبة للزمن .

إذا قيس الزمن بالثانية فإن المعادلة (5.15) تصبح :

$$X = \int_0^T \dot{X} dt = 1{,}83.10^{-8} . E . (\mu_a/\rho)^{\text{هواء}} \int_0^T I(t)\, dt$$



طاقة أشعة غاما MeV

$1\ m\ R.h^{-1}$

$$X = 1{,}83.10^{-8} . E . (\mu_a/\rho)^{\text{هواء}} [R]$$

شكل (1:15) شدة أشعة غاما أو التدفق اللازم للحصول على معدل تعرض مقداره بدلالة طاقة أشعة غاما .

$$\Phi = \int_0^t I(t)\ dt$$

حيث :

- Φ هي سيولة أشعة غاما ، وحدتها : فوتونات/cm^2
- يسمى المقدار E Φ في المعادلة (9.15) سيولة الطاقة .

مثال : ما هي شدة حزمة أشعة غاما (2MeV) ، الضرورية للحصول على معدل تعرض مقداره $1\ m\ R.h^{-1}$

جواب : تستخرج 1 من المعادلة (7.15) :

$$I = \dot{X}/0{,}0659\ E(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}}$$

تؤخذ قيمة μ_a/ρ من الجدول (1.15) وتعوض في المعادلة السابقة : عند طاقة 2MeV لدينا : (μ_a/ρ)

بإدخال هذه القيمة في المعادلة نحصل على : $I = 1/0{,}0659.2.0{,}0238 = 3198\ \gamma\ rays\ cm^{-2}.s^{-1}$

جرعة ناجمة عن أشعة غاما تعرض خارجي

إن حسابات جرعة ممتصة لأشعة غاما ، ومكافئ جرعة ومعدلات الجرعة الموافقة ، هي شبيهة بالحسابات السابقة المتعلة بالتعرض ، معلوم أن الجرعة الممتصة تقاس بوحدة الراد ، حيث أن راد واحد يساوي امتصاص 100 أرغا من طاقة أشعة غاما لغرام واحد من النسيج . وذلك يكافئ : $100/1{,}60.10^{-6} = 6{,}25.10^7\ MeV.g^{-1}$

إذن ، بما أن معدل امتصاص أشعة غاما هو :

$E.I.(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}}\ MeV.g^{-1}.s^{-1}$ بث $(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}}$ هو معامل امتصاص كتلي للنسيج ، فإن معدل الجرعة الممتصة D يعطي بالعلاقة :

$$\dot{D} = I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}}./6{,}25.10^7$$
$$= 1{,}60.10^{-8} I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}}\ .\ rad.s^{-1}$$
$$= 0{,}0576\ I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}}\ .\ mrad.h^{-1}$$

للحصول على مجمل جرعة الامتصاص ، D ، في الراد أو الملي راد ، يجب التعويض عن 1 من المعادلات (10.15) أو (11.15) بالسيولة يمكن الحصول على معدل الجرعة الممتصة في حالة النسيج الخاضع إلي معدل التعرض × بتقسيم المعادلة (10.15) على المعادلة (5.15) :

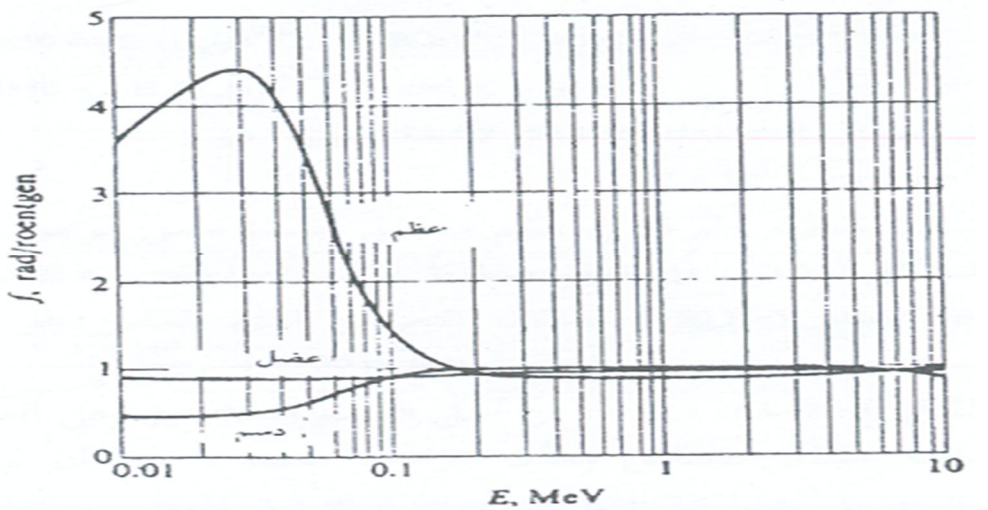
$$\dot{D} = \frac{1{,}60.10^{-8}.I.E(\mu_a/\rho)}{1{,}83.10^{-8} I.E.(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}}}\ .\dot{X}.$$

$$= 0{,}874\ \frac{(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}}}{(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}}}\ .\dot{X}.$$

بما أن العلاقة بين D و X تعتمد على معامل الامتصاص للنسيج ، فإن مقدار X نفسه يعطي معدلات جرعة ممتصة مختلفة كلياً في أنسجة مختلفة . لذلك فإنه من المناسب أن تكتب المعادلة (12.15) كالتالي :

$$\dot{D} = f.\dot{X}. \qquad (12.15)$$

حيث f هو تابع يعتمد على الطاقة ، ويتعلق بتركيب النسيج ، يبين الشكل (2.15) منحنى هذا التابع من أجل العظم والعضل والنسيج الذميم .



شكل (15-2) الوسيط f كتابع لطاقة شعاع غاما

من أجل طاقة منخفضة ، فإن المنحنى هو عموماً أعلى للعظم منه للعضل أو الدسم لأن العظم يحتوي على مكونات ذات zعال والتي تظهر امتصاصاً كهرضوئياً أقوى . وبما أن معاملات الامتصاص الكتلية لا تتعلق بالزمن ، فإن تكامل حدي المعادلتين (12.15) و (13.15) بالنسبة للزمن متساو . هذه المعادلات في الواقع صحيحة من أجل مجمل الجرعة ومجمل التعرض عندما تعوض D و X بـ D وX على التوالي .

للحصول على مكافئ جرعة أو على معدله ، يكفي أن يضرب D أو D بعامل النوعية الملائم . فوفقاً للجدول (2.14) ، فإن عامل النوعية O = 1 من أجل أشعة غاما ، بحيث أنه في هذه الحالة ، تصبح Dبالراد مساوية عددياً H بالريم وان عبارتي D وD السابقتين يمكن اتسعمالها لحساب H أو H .

لقد اشتقت في الفقرات السابقة ، عبارات × ، D ، و H بالإضافة إلي معدلاتها بدلالة شدة حزمة أشعة غاما موحدة الاتجاه 1 . لا تكون أشعة غاما في بعض حالات هامة موحدة الاتجاه ، إنما هي تتحرك في بعض الاتجاها أو في جميعها كالنيرتونات في المفاعل ، لذلك فإن التعبير عن X D و H بدلالة تدفق أشعة غاما أكثر م ϕ_γ ة . لقد عرف بالطريقة نفس ϕ_γ تي لتدفق النيترونات و ϕ_γ حدات الشدة نفسها أي فمثلاً تـ $\gamma - rays.cm^{-2}.s^{-1}$ 7) و (12.15) كالتالي :

$$\dot{X} = 0{,}0659\ \phi_\gamma\ E.(\mu_a/\rho)^{\text{هواء}} \quad m\ R.h^{-1}$$

$$\dot{D} = 0{,}0576\ \phi_\gamma.E.(\mu_a/\rho)^{\text{نسيج}} \quad m\ rad.h^{-1}$$

و

$$\dot{D} = 0{,}0576\ \phi_\gamma.E.(\mu_a/\rho)^{\text{عظم}} \quad m\ rad.h^{-1}$$

مثال : إن تدفق جهاز استطاعته 50Kv لاشعة $2{,}4.10^5\ x-rays.cm^{-2}.s^{-1}$.

ما هو معدل مكافئ الجرعة في عظم وعضل ودسم عامل موجود بمحاذاة هذا الجهاز؟

جواب : وفقاً للشكل (1.15) ، فإن تدفقاً مساوياً يعطي معدل تعرض مقداره $51\ m\ R.h^{-1}$. فمعدل التعرض لدى $8.10^3\ x - rays.cm^{-2}.s^{-1}$

ووفقاً للشكل (2.15) فإن f = 3.3 ، $\frac{2{,}4.10^5}{8.10^3} \cdot 1 = 30\ m\ R.h^{-1}$ ل وحوالي 0.90 من أجل الدسم لذلك سيتلقى العامل معدل جرعات ممتصة ، وبما أن Q=1 ، فإنه سيتلقى معدلات مكافئ جرعة مقدارها $3{,}3.30 = 99\ m\ rem.h^{-1}$ $0{,}93.30 = 28\ m\ rem.h^{-1}$

للعضل و $0{,}90.30 = 27\ m\ rem.h^{-1}$ سم .

جرعة ناجمة عن النيترونات – تعرض خار جي

إن حسابات جرعة ناجمة عن النيترونات هي أكثر صعوبة مما لدى أشعة غاما بسبب الطريقة المعقدة التي بموجبها يتم التأثير المتبادل مع المادة . تجدر الإشارة إلي أن النيترونات يمكن أن تجري تبعثراً مرناً وغير مرن ، وأسراً إشعاعياً ، وتفاعلات مختلفة . في هذه التفاعلات ، يمكن للنواة الصادمة أن ترتد بطاقة كافية فتنتزع من سحابة الكتروناتها لتصبح جسيماً مشحوناً مؤيناً بشكل عال .

يتم بالإضافة إلي التبعثر المرن ، والأسر الإشعاعي أيضاً إصدار أشعة غاما ويمكن أن تنتج جسيمات مشحونة من خلال التفاعلات . بعد أن تم ترسب طاقة النيرتون المنتج ، يتوجب عندئذ تحديد الإشعاعات المؤينة الثانوية للتمكن من حساب الجرعة الناجمة عن النيترونات .

بسبب التأثيرات المتبادلة المعقدة للنيترونات ، فإن ترسب الطاقة يحسب بطريقة عددية ويتم ذلك بشكل مناسب باستخدام طريقة مونت كارلو . يجري في هذه الطريقة اختزان تواريخ النيترونات وأيضاً الإشعاع الثانوي الناجم عنها في حاسوب عالي السرعة ، كما لو أن هذه الإشعاعات تتحرك في مجال نسيجي .

لقد أجريت حسابات من هذا النوع من أجل حزم نيترونية ساقطة على صفيحة أو على أسطوانة لها تركيب مماثل لجسم الإنسان .

لدى تحديد مكافئ الجرعة ، يجب أن يؤخذ في الاعتبار حقيقة أن عامل النوعية هو تابع لطاقة الجسيم المؤين ، وبالتالي ، عندما يجري نيترون سريع اصطدمات متكررة ، تنتج بذلك نوى مرتدة ذات طاقات مختلفة ، إن ترسب الطاقة لكل من هذه النوى يجب ضربه بعامل نوعية مناسب إبان إجراء الحساب ، إنه من السهولة بمكان مناقشة نتائج حسابات كهذه في حالة شريحة نسيجية من أن تناقش بالنسبة لأسطوانة وذلك بسبب بساطة الشكل الهندسي . يوضح الشكل (3.15) : أ و ب) مكافئ جرعة كتابع لولوج النيترونات الحرارية والنيترونات ذات طاقة = 5 Mev على التوالي . تظهر أيضاً في هذا الشكل مساهمة الجرعة الناجمة عن البروتونات المرتدة ، عن النوى المرتدة الأثقل وعن أسر أشعة غاما . ينجم معظم الجرعة لحزمة طاقتها 5 mev ، عن البروتونات المرتدة المنتجة بالتصادمات النيترونية مع الهيدروجين ، وأن قليلاً من الجرعة يعود إلي أسر أشعة غاما . من ناحية أخرى ، في حالة حزمة نيترونات حرارية ، فإن جرعة البروتون تزيد على جرعة شعاع غاما في نطاق الثلاثة سنتيمترات الأولى ، ما عدا هذه النطقة ، فإن الجرعة هي أولاً بسبب أشعة غاما . عرضياً ، وعند طاقة حرارية ، فإن البروتونات تأتي من تفاعل معطى الحرارة وذي مقطع عرضي يساوي 1,81

b عند طاقة مقدارها 0.0253eV عند هذه الطاقة ، فإن النيترونات لا تتمكن بشكل كاف من انتاج بروتونات مرتدة لدى التصادمات مع الهيدروجين .

عندما ترسم معدلات الجرعة الأعظمية مأخوذة من الشكل (3.15) بدلالة الطاقة ، نحصل على منحن في الشكل (4.15) يعطى التدفق النيتروني كتابع للطاقة اللازمة للحصول على جرعة .

تجدر الملاحظة في الشكل (4.15) ، أنه لدى الطاقات العالية ، يلزم تدفق أصغر لأنتاج جرعة محددة مما لدى الطاقات المنخفضة . من الهام أن تلاحظ ، استثناء عند طاقة منخفضة جداً ، أن تدفق أشعة غاما اللازم لإنتاج مكافئ جرعة محددة ، هو أكبر بكثير من تدفق النيترونات اللازم لإنتاج مكافئ الجرعة نفسه . فمثلاً في الشكلين (1.15) و (4.15) يلزم تدفق أشعة غاما مقداره تقريباً $550\ \gamma - rays\ cm^{-2}.s^{-1}$ للحصول على مكافئ جرعة في النسيج يساوي $1\ m\ rem.h^{-1}$ ما يلزم تدفق نيترونات مقداره $8,5\ neutrons.cm^{-2}.s^{-1}$ ما يلزم تدفق نيترونات مقداره $8,5\ neutrons.cm^{-2}.s^{-1}$ للحصول على مكافئ الجرعة نفسه النسيج نفسه .

يمكن استخدام الشكل (4.15) إما لحساب معدل مكافئ الجرعة انطلاقاً من تدفق نيترون معين أو لحساب مكافئ الجرعة الإجمالي انطلاقاً من سيولة نيترونية معينة . ذلك موضح في الأمثلة التالية :

مثال : في نقطة بمحاذاة منبع نيتروني ، تدفقه السريع هو $20\ neutrons.cm^{-2}.s^{-1}$ (ة
فقه الحراري هو $300\ neutrons.cm^{-2}.s^{-1}$ (يس هناك أشعة غاما) . ما هو الزمن الذي بموجبه ينبغي لتشغيل المكوث في هذه النقطة كي لا تتجاوز الجرعة التي يتلقاها مقدارها المسموح به . وفقاً للشكل (3.15) فإن تدفقاً نيترونياً سريعاً مقداره يقدم جرعة $7\ neutrons.cm^{-2}.s^{-1}$ عة النيترونية التي يتلقاها التشغيل هي إذن :

$$1\ m\ rem.h^{-1}$$

ووفقاً للشكل نفسه فإن تدفقاً حرارياً ما $\frac{20}{7}.1 = 2,8\ m\ rem.h^{-1}$ مقدم جرعة $260\ neutrons.cm^{-2}.s^{-1}$ بحيث أن الجرعة النيترونية $1\ m\ rem.h^{-1}$

$$\frac{300}{260}.\ 1 = 1,1\ m\ rem.h^{-1}$$

$$3,9\ m\ rem.h^{-1}$$

يكون مجمل معدل الجرعة والحالة هذه :

جواب : يتلقى الشغيل جرعة متراكمة أسبوعياً مقدارها 100 m 1cm خلال زمن 1 هو:

$$t = 100/3.9 = 25.6 \text{ h}$$

تعرض داخلي – جسيمات مشحونة وأشعة غاما

بسبب الأمداء (ج .مدى) القصيرة في النسيج للجسيمات المشحونة التي تصادف طاقاتها عادة في الهندسة النووية ، فإن التعرض الخارجي لهذه الإشعاعات لا يمثل مخاطرة صحية ذات بال . بنيما تشكل الجرعة الناجمة عن تعرض داخلي لأشعة ألفا وبيتا وشريكاتها أشعة غاما المنبعثة من نكليد مشع ، والتي استشقت أو تم ابتلاعها (عن طريق المعدة وهضمت) أو تم امتصاصها بطريقة ما في الجسم ، أمراً خطيراً كما أشير إلي ذلك سالفاً .

إن جرعة الجسيم المشحون في عضو محتو على كمية من نكليد مشع ، يمكن حسابها بدقة كافية من أجل هدف ما بالطريقة البسيطة التالية : لتفترض أن النكليد متواجد في العضو بكمية مقدارها$C(t)$ ميكرو كوري عند الزمن 1 وأنه يصدر جسيماً مشحوناً واحداً بطاقة وسطية EMev

الباب الثالث

تأثير الإشعاع على الخلايا والأنسجة والوقاية من الإشعاع :-

مقدمة :

الإشعاع المؤين هو نوع من الطاقة تطلقه ذرات معينة في شكل موجات أو جسيمات كهرومغنطيسية ، ويتعرض الناس للمصادر الطبيعية للإشعاع المؤين ، ومنها ما يوجد في التربة والماء والنبات ، ومصادر أخرى من صنع الإنسان مثل أجهزة الأشعة السينية والأجهزة الطبية .

وللإشعاع المؤين العديد من التطبيقات المقيدة ، حيث تستخدم في مجالات مثل الطب والصناعة والزراعة والبحوث .

ومع زيادة استخدام الإشعاع المؤين يزداد احتمال وقوع مخاطر صحية في حالة عدم استخدامه أو احتوائه بشكل صحيح .

ويمكن أن تحدث تأثيرات حادة مثل احتراق الجلد أو الإصابة بمتلازمة الإشعاع الحادة وذلك عندما تتجاوز جرعات الإشعاع مستويات معينة .

ويمكن أن يزيد التعرض لجرعات منخفضة من الإشعاع المؤين من خطر حدوث تأثيرات طويلة الأجل مثل الإصابة بالسرطان .

<u>أنواع الإشعاعات :</u>

يمكن تقسيم الإشعاع إلي قسمين رئيسين :

أ- الإشعاع الغير مؤين :

الإشعاع الذي ليس لديه القدرة على تأيين الذرات التي يمر خلالها .

ب- الإشعاع المؤين :

الإشعاع الذي له القدرة على تأيين الذرات التي يمر خلالها وذلك بإقتلاع الكترون أو أكثر من الذرة (المتعادلة السحنه) وتحول الذرة إلي أيون يحمل شحنة موجبة ، قام رذر فورد بدراسة خواص الإشعاعات المنبعثة من العناصر المشعة وذلك بوضع عنصر الراديوم المشع داخل حافظة من الرصاص ذات ثقب اسطواني صغير القطر تنبعث منه حزمة ضيقة من الإشعاعات تم تعريض الإشعاع إلي مجال مغناطيسي قوي فلاحظ أن الحزمة بعد اختراقها المجال تنقسم إلي ثلاثة أقسام :

الأولى تنحرف في الاتجاه العمودي على المجال المغناطيسي ، يودل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بشحنة سالبة ، كما يدل مقدار الانحارف على أنها جسيمات خفيفة سالبة الشحنة سميت جسيمات الفا .

والثانية تنحرف كذلك في الاتجاه العمودي على المجال المغنطيسي ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بشحنة سالبة ، كما يدل مقدار الانحراف على أنها جسيمات خفيفة سالبة الشحنة سميت جسيمات بيتا .

والنوع الثالث من الإشعاع لا يتأثر بالمجال المغنطيسي أي ليس لها وزن أو شحنة فهي فوتونات سميت أشعة جاما .

1- جسيمات ألفا :

وهي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم أي أنها موجبة ، تمتلك قدرة فائقة على تأيين ذرات أخرى ، لكنها ضعيفة يمكن حجبها بقطعة من الورق المقوى أو برقيقة من الألمونيوم سمكها 0.60 ملم . شكل (2-2) والتي تكون أقل أنواع الإشعاعات نفاذاً في الأجسام وتنطلق بسرعة تتراوح ما بين 1/10 إلي 1/100 من سرعة الضوء ولها قدرة على تأيين الغازات . عند مرورها في مجال مغناطيسي فأنها تتعرف عن الاتجاه العمودي ، ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات تحمل وحدتي شحنة موجبة .

وهي ذات مدى قصير جداً ، فهي تسير مسافة قصيرة جداً في الهواء لا تتعدى بعض السنتيميترات تحت الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة ، جسيمات الفا مرتبطة مع بعضها البعض بشدة بحيث تعامل كجسيم واحد كتلته تعادل أربع من وحدة الكتلة الذرية . في حين أنها تسير بضع من الميكروميترات في النسيج الحي ، وتكفي الورقة العادية لإيقافها . ويرجع السبب في ذلك لكتلتها الثقيلة التي تجعلها تسير ببطء مما يمكنها من تأين المادة بشكل كبير ، إضافة لشحنتها العالية التي تساعد على التأيين بشكل كبير أيضاً ، الأمر الذي يؤدي إلي فقدانها للطاقة فتوقف بسهولة بعد مسافة قصيرة من مرورها في المادة .

2- جسيمات بيتا :

عبارة عن الكترونات ذات سرعات فائقة تصل في بعض الأحيان إلي ما يقرب من سرعة الضوء وهي على نوعين سالبة (الكترونات) وموجبة (بورترونات) ، لها قدرة على تأيين الغازات ولكن بدرجة أقل من جسيمات الفا ، وإذا وضعت في مجال مغناطيسي فأنها تنحرف في الاتجاه العمودي على المجال المغناطيسي ويدل اتجاه انحرافها على أنها مكونة من جسيمات مشحونة بشحنة سالبة ، كما يدل مقدار الانحراف على أنها جسيمات خفيفة سالبة الشحنة وهي أكثر نفاذاً في الأجسام من جسيمات ألفا نظراً لصغر حجمها وشحنتها كما أن سرعتها كبيرة لذلك فإن شريحة من الألمنيوم سمكها 3 ملم تكفي لحجبها .

تختلف جسيمات بيتا عن الالكترونات الذرية بكونها أكثر سرعة ومنشأها من النواة ويصحبها انبعاث جسيمات تدعي النيوترينو شكل (2-3) .

3- الفوتونات :

وهي إشعاعات كهرومغناطيسية تتكون من مجالين متعامدين الأول كهربائي والثاني مغناطيسي بنتشران بصورة عمودية على خط انتشار الموجة وتتحرك جميع الفوتونات بسرعة واحدة تساوي سرعة الضوء في الفراغ والتي تساوي 3×10 متر/ثا . وهذه الإشعاعات بعضها غير مؤين مثل الإشعاعات الراديوية والضوئية وبعضها مؤين شكل (2-4) وذلك لطاقته العالية وطول موجته القصيرة ومن أهم الفوتونات المؤينة الأشعة السينية وأشعة جاما وهي أشعاعات تؤين الجسم بصورة غير مباشرة .

أ- الأشعة السينية (X-Ray) :

وهي موجات كهرومعناطيسية ترددها يفوق تردد الأشعة فوق البنفسجية وأطوالها الموجبة قصيرة .

ب- أشعة جاما :

عبارة عن إشعاعات كهرومعناطيسية ذات طول موجي صغير جداً يتراوح بين .10 إلي 10 متر وهي شديدة النفوذ إذا ما قورنت بغيرها من الإشعاعات الطبيعية أو حتى الأشعة السينية ، للأشعة جاما القدرة على تأيين الغازات ولكن بدرجة أقل من تأيين جسيمات ألفا

أو بيتا . وسبب ذلك قوة نفوذها التي تفوق كل من أشعة بيتا وألفا حيث تتناسب قوة النفاذية للإشعاعات المؤينة عكسياً مع قوة تأينها شكل (2-5) تقاس طاقة الأشعة بوحدة تدعي الكترون فولط وأن العلاقة بين سمك المدة التي تحجب الأشعة وطاقة هذه الأشعة ليست خطية ، بمعنى أنه إذا احتجنا صفيحة من الرصاص سمكها 5 سنتمتر لحجب أشعة جاما ذات الطاقة 2 مليون الكترون فولط فليس بالضرورة أن يكون سمك صفيحة الرصاص المناسبة لحجب أشعة من النوع نفسه طاقتها 8 مليون الكترون فولط مساوياً 20 سنتمتر ، ومن خواصها أنها تنبعث على شكل فوتونات ، لها خواص موجبة وتختلف عن الأشعة السينية في كونها تصدر عن النواة بينما تصدر الأشعة السينية من إعادة ترتيب الالكترونات خارج النواة . نسبة قدرة التأين بين أشعة ألفا وبيتا وجاما هي على الترتيب 10000 : 100 :1

أشعة جاما والأشعة السينية لهما ميزات متشابهة فيهما ذات طبيعة موجبة وليس لهما وزن أو شحنة ، ولكن الفرق بين أشعة جاما والأشعة السينية هو المنشأ حيث أن الأشعة السينية منشأها المدارات الالكترونية خارج النواة بنيما منشأ أشعة جاما هو النواة . شكل (2-6) .

انحلال جسيمات الفا :

في هذه العملية تفقد نواة النظير المشع (X) جسيم الفا He المتكون من بروتونين ونيوترونين وتحاول الوصول إلي حالة الاستقرار . شكل (2-7أ) انحلال اليورانيوم -238 يبعث جسيمات الفا وتتحول النواة الأم إلي نظير الثوريوم -234 وهذا يعني نقصان العدد الكتلي للنواة الأم بمقدار أربع وحدات والعدد الذري بوحدتين وبذلك تكون النواة الناتجة مختلفة تماماً عن النواة الأم ، تكون طيف جسيمات الفا احادية الطاقة monoenergeric ويحصل الانحلال عندما تكون نسبة النيوترون إلي البروتون قليلة .

انحلال جسيمات بيتا :

في هذه العملية تفقد نواة النظير المشع (X) جسيمات تعرف بجسيمات بيتا وهذه الجسيمات عبارة عن الكترون سالب الشحنة أو البوزترون (positron) وهو عبارة عن

جسم كتلته مساوية لكتلة الالكترون ولكن شحنته موجبة . ويحدث هذا النوع من التفكك للأنوية في كثير من النظائر سواء كانت ثقيلة أم خفيفة . ويقسم إلي ثلاثة أنواع :

أ/ الانحلال بإنبعاث الالكترونات Electron decay :

بعض النوى تحتوي على فائض من النيوترونات (عندما تكون نسبة النيوترون إلي البروتون كبيرة) وتحاول الوصول إلي حالة الاستقرار عن طريق تحول نيوترون من نيوترونات النواة إلي بروتون والكترون يقذف خارج النواة . وذلك لكي تصبح النسبة بين النيوترونات والبروتونات هي نسبة الاستقرار ويعبر عن هذا التفكك كالآتي :-

$$^{0}n \longrightarrow {}^{+}p + {}^{-}e$$

ويلاحظ من المعادلة أن الشحنات محفوظة تسمى الالكترونات المنبعثة من النواة جسيمات بيتا السالبة هذه الجسيمات سريعة جداً لها كتلة تساوي كتلة الالكترونات الذرية وتحمل وحدة واحدة من الشحنة السالبة . وبالطبع تتفاعل جسيمات بيتا مع المادة ، وقابليتها للتأيين أقل من قابلية جسيمات الفا – α ، مما يجعل مداها في الوسط أكبر من مدى جسيمات – α ومن الممكن أن تنبعث من معظم المصادر الطبيعية مثل *C* الذي يبعث *B* شكل (2-7ب) .

ويلاحظ من التفاعل بأن العدد الكتلي للنواة الوليدة ثابت ولكن العدد الذري لها يزداد بمقدار 1 . تكون طيف جسيمات بيتا متعدد الطاقات ويشكل طيف مستمر من الصفر لقيمة العظمى شكل (2-8) .

ب/ الانحلال بإنبعاث البوزيترون *positron decay occurs* :

في بعض الأحيان تكون نسبة البروتونات إلي النيوترونات في النظير المعين أكبر من النسبة التي تحقق الاستقرار . وفي هذه الحالة يتحول أحد بروتونات النواة إلي نيوترون وينطلق نتيجة لذلك الكترون موجب الشحنة يسمى البوزيترون أو جسيمات الموجبة *B* ويعرف انحلال بيتا في هذه الحالة بالانحلال البوزيتروني ويعبر عنه كالآتي :-

$$^{+}P \rightarrow {}^{0}n + {}^{+}e$$

والمثال على ذلك هو انحلال الصوديوم -22 إلي النيون -22 وانبعاث البوزرون شكل (2-9) .

ويلاحظ من التفاعل بان العدد الكتلي للنواة الوليدة ثابت ولكن العدد الذري لها يقل بمقدار1 .

ج/ الأسر الالكتروني *Electron capture* :

يحصل الانحلال بالاسر الالكتروني عندما تكون نسبة النيوترون إلي البروتون قليلة جداً وهذا الانحلال يتنافس مع الانحلال بالبوزترون . في هذا الانحلال يؤثر احد الكترونات المدارية القريبة من النواة (أي المدار *K*) للنوى غير المستقرة من قبل أحد بروتونات النواة ويتحول إلي نيوترون ، لذلك تسمى هذه العملية من انحلال بيتا بالأسر الالكتروني أو تسمى احياناً الأسر *K* كما في انحلال نظير الكربون -11 إلي البورون -11 بعد اسر احد الالكترونات .

$$^{+}p + ^{-}e \rightarrow ^{0}n$$

في حالة الأسر الالكتروني لا تبعث النواة أياً من جسيمات بيتا ولكن ينطلق من النواة جسيم يعرف باسم النيوترينو ، والنيوترينو عبارة عن جسم متعادل الشحنة وكتلة السكون له مساوية للصفر ، ويبقى مكان الالكترون المؤسر فارغاً ويحل محله الكترون من المدار الأعلى والفرق بين طاقة المدارين يظهر بانبعاث اشعة سينية وهي صفة مميزة لهذا النوع من الانحلال . وقد تبعث النواة الوليدة اشعة جاما من نواتها . المثال على هذا النوع من الانحلال هو انحلال الحديد -55 إلي المنغنيز -55 بعد اسر احد الالكترونات .

$$_{26}Fe + _{-1}e \rightarrow _{25}Mn$$

د/ الانحلال يبعث اشعة جاما :

ويتميز هذا الانحلال بانبعاث اشعاع احادي الطاقة من النواة المتهيجة ويكون الإشعاع المنبعث صفة مميزة لتشخيص النظير المشع .

إشعاعات جاما هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية . وتصدر إشعاعات جاما مصاحبة إلي جسيمات الفا وبيتا الناتجة من النواة الوليدة التي تولدت عن انحلال الفا أو انحلال بيتا لكي تعود إلي حالة الاستقرار عن طريق التخلص من الطاقة في شكل إشعاعات جاما وبذلك فإنه في حالة الانحلال باشعة جاما تكون النواة الوليدة هي نفسها النواة الأم ولكنها أكثر استقراراً وتجدر الإشارة إلي أن بعض النظائر المشعة تنحل إلي نظائر غير مستقرة يكون النظير الناتج مشعاً بدوره وبالتالي تنحل إلي نظير آخر ، وهكذا نجد أن هناك العديد من النظائر التي لها نشاط إشعاعي طبيعي وتنحل هذه النظائر مصدرة إما جسيمات الفا أو بيتا أو كليهما معاً وقد يتبع ذلك مباشرة أو خلال فترة زممنية معينة إشعاعات جاما الصادرة نتيجة انتقال النويات الوليدة من الحالة المتهيجة إلي الحالة المستقرة (الأرضية) . وينقسم الانحلال ببعث اشعة جاما إلي قسمين :-

1- التحول الايزوميري : بعض النوى المتهيجة تصل إلي حالة الاستقرار نتيجة لبعثها اشعة جاما . والمثال على ذلك التكنيثيوم المتهيج (*Tc*) والذي يكون شبه مستقر (*metastable*) يفقد الطاقة الغائضة عن طريق انبعاث اشعة جاما لكي يتحول إلي التكنيثيوم -99 المستقر .

2- الانحلال بالتحول الداخلي :

احد الطرق التي بواسطتها تفقد النوى المتهيجة طاقتها للوصول إلي حالة الاستقرار . وفي هذا الانحلال يمتص احد الالكترونات الداخلية للذرة (في المدار *K*) طاقة تهيج النواة ويغادر الذرة . إن طاقة الالكترون المتحرر تساوي الفرق بين طاقة فوتونات اشعة جاما المنبعثة من النواة المتهيجة وطاقة ارتباط الالكترون المتحرر بالذرة . يعتبر التحول الداخلي بأنه ظاهرة كهروضوئية داخلية حيث أن فوتونات اشعة جاما تتفاعل مع الالكترونات المرتبطة بقوة بالذرة وتعطيها جميع طاقتها لكي يتحرر الالكترون وتنبعث

اشعة سينية مميزة وهذه الأشعة قد يمتصها الكترون آخر ويغادر الذرة ويسمى بالكترون اوجر والذي تكون طاقته الحركية قليلة (2-10أ وب)

التحول الداخلي يشبه الانحلال بواسطة جسيمات بيتا حيث أن كليهما ينتج في انبعاث الالكترونات ولكن الفرق الأساسي بين العمليتين هو :

1- في حالة الانحلال بواسطة جسيمات بيتا فان الالكترونات تبعث من النواة إما في حالة التحول لداخلي فإن الالكترون المتحول يبعث من المدارات الخارجية .

2- طيف جسيمات بيتا يكون طيف مستمر بينما طيف عملية التحول الداخلي يحتوي على طاقات محددة أن هذا التحول مفيد جداً في تطبيقات الطب النووي حيث أن النويدات المشعة الشبه مستقرة لها عمر طويل نسبياً لذلك يمكن فصلها عن الأم والحصول على نويدات مشعة باعثة لأشعة جاما فقط يوضح الجدول (2-1) ملخص لعمليات انحلال العناصر المشعة .

الكيموحيوية المستمرة داخل الخلية ، أو لتكوين الأجسام المضادة للدفاع عن الجسم ضد الميكروبات المهاجمة ، يومكن وصف البروتينات بأنها سلسلة من الأحماض الأمينية ، وكل حامض أميني به مجموعة أمينية *NH* .

ج/ تأثيرات الإشعاع على الأحماض النووية :

الحامضان النوويات *DNA* و *RNA* ذواتا أهمية كبيرة للخلية ، وهما عبارة عن جزئيات كبيرة تحتوي على قواعد نيتروجينية مرتبطة بمجموعات سكر خماسي .

تأثيرات الإشعاع على مستوى الخلية :

عموماً يمكن القول بأنه ليس هناك خلية حية لديها مقاومة كاملة للإشعاع حيث أن الضرر الخلوي يعبر عن نفسه بطرق شتى . فقد يكون تغيراً في جزء واحد يمكن أن يشفى منه في الحال ، وقد يكون سبباً في موت الخلية ، أما النقطة التي تستحق البحث فهي أي جزء من الخلية أكثر حساسية للإشعاع ومسئول مسئولية مباشرة عن تلف الخلية . وهذه النقطة ما زالت محل جدل ونقاش طويل وعموماً فهناك فرق كبير في حساسية النواة للإشعاع لما تحتوي عليه من كروموسومات خصوصاً إذا كان التشعيع خلال فترة الأنقسام مقارنة بحساسية السيتوبلازم تحت نفس الظروف .

- **السيتوبلازم :** تظهر فيه فجوات خصوصاً عند التعرض لجرعات عالية كما تقل قابلية السيتوبلازم للصبغيات المختلفة .
- **الغشاء الخلوي :** يفقد انتظامه ويظهر به تلف مما يحدث تغيرات خطيرة في عملية النفاذية الاختيارية *selective permeability* والتي ينتج عنها خلل كبير في العمليات الحيوية داخل الخلية والمسئولة عن تكوين الطاقة اللازمة لحيوية ونشاط الخلية .
- **النواة والكروموسومات :** يتأثر التركيب الكرموسومي للنواة . فمثلاً قد يصبح الكروموسوم ناقصاً أو يبقى اثنان من الكروموسومات ملتصقين ولا ينفصلان كما هو متوقع في الحالات الطبيعية ، مما يؤدي إلي إنتاج خلايا شاذة ناقصة أو زائدة في عدد الكروموسومات عن المعدل الطبيعي ، فلا تستطيع أن تحيا حياة طبيعية وتموت ، وأحياناً تحتوي النواة على العدد الطبيعي من الكروموسوم ، ولكن نفس تكوين الكرموسوم متغير بأن حدث نقل أو تبادل لبعض أجزائه إلي كرومسوم آخر ، مما يغير ترتيب الجينات ، ولا يظهر هذا التحور من الناحية السيتولوجية في الحال ، إنما يظهر جلياً في الأجيال المتعاقبة والتي تتوارث هذه الصفات الشاذة .
- **نقص معدل النمو :** يعتبر نقص معدل النمو من أهم الآثار الواضحة على الخلية نتيجة لتعرضها للإشعاع ، فيلاحظ أضطراب في معدل النمو نتيجة للاضطراب في الأنقسام الفتيلي (الميتوزي *Mitosis*) مما يسبب نقصاً في عدد الخلايا . وهناك اتفاق علمي عام على أن الخلايا ذات النشاط الميتوزي الكبير تكون أكثر حساسية للإشعاع . وهذا النشاط الميتوزي يعتمد على عدد الخلايا التي تكون في حالة الأنقسام وطول الفترة التي تستغرقها الخلية في ذلك . ولا يشترط أن تكون الخلية فعلاً في حالة الأنقسام أثناء تعرضها للإشعاع لكي تتلف ، بل يكفي فقط أن تكون نشطة وعلى استعداد للدخول في الأنقسام ولو لفترة وجيزة ، وهذه الصورة المتأخرة من نقص في النمو نتيجة للإشعاع . تبدأ بالتأثير أثناء الأنقاسم حيث تفقد القدرة على ذلك سريعاً . ويوجد عدد من التناقضات الظاهرية للعلاقة المذكورة أعلاه بين النشاط الإنقسامي للخلية والإشعاع ، فعلى سبيل المثال هناك بعض أنواع الأورام الخبيثة لوحظ أنها

مقاومة نسبياً للإشعاع رغم نشاطها الإنقاسمي – مثل سرطانات العظم والنخاع *Malignant Melanoma – Osteogenic sarcoma* . وعلى العكس تلاحظ أن الخلايا الليمفاوية حساسة للإشعاع حتى لو لم تظهر نشاطاً انقسامياً (الخلية الليمفاوية من أكثر الخلايا حساسية للإشعاع في جسم الإنسان) .

- **ظهور خلايا *Giant Cells* :** من التأثيرات الضارة للتشعيع هو ظهور خلايا عملاقة ، كما يحدث عند علاج الأورام السرطانية بالإشعاع . فقد تتلف الخلايا إلي الحد الذي لا تستطيع فيه الإنقسام ، ولكن الخلايا المشعة لا تموت في الحال ، وقد تستمر في قدرتها على القيام بنشاطها الأيضي ، ولهذا السبب تصبح الخلية أكبر فأكبر في الوقت الذي لا تستطيع فيه الأنقسام فيكون مصيرها الموت .
- **العوامل البيئية :** تلعب العوامل البيئية دوراً مهماً في تأثير الإشعاع على الخلايا الحية . ولكن كيف يحدث هذا التأثير ؟ ما زال غير معروف ولكن المحتوى الأكسجيني والحرارة والضغط يمكن أن تزيد أو تقلل من حساسية الخلايا للإشعاع . ويمكن وضع مصطلح يمكن الاعتداد به بالنسبة لهذه العوامل الثلاثة وهو :

حساسية الخلية الحية للإشعاع تتناسب تناسباً طردياً مع كمية الأكسجين ودرجة الحرارة والضغط .

فكلما زاد أحد هذه العوامل البيئية زادت الحساسية للإشعاع وكلما قل قلت معه الحساسية للإشعاع .

5- تأثيرات الإشعاع على الأجهزة البيولوجية :

عند مناقشة تأثيرات الإشعاع على الأجهزة البيولوجية فمن الضروري تقسيم الخلايا بجميع أنواعها إلي ثلاثة مجموعات رئيسية بالنسبة لحساسيتها للإشعاع :

أ- الخلايا الإنشائية *precursor Cells*

ب- الخلايا المستشكلة *Differentiated Cells*

ج- الخلايا الناضجة *Mature Cells*

فكل عضو في جهاز بيولوجي يقع في مجموعة ستجابة معينة للإشعاع وفقاً لغالبية الخلايا الموجودة به من الثلاثة أنواع السابقة فالخلايا الإنشائية تعتبر خلايا بدائية في صورة غير

ناضجة وليست في الصورة النهائية التي ستصبح عليها الخلية . وهي لا تتشكل أي لا تتحولإلي نوع آخر من الخلايا ولكنها نشطة تنقسم انقساماً فتيلياً (ميتوزي *Mitosis*) لتنتج خلايا تحل محل خلايا أخرى . هذا النوع من الخلايا حساس جداً للإشعاع.

أما الخلايا المتشكلة فتنشأ من الخلايا الإنشائية حينما تبدأ في التخصص بفقدها لصفاتها العامة واكتسابها مميزات خاصة . وفي هذه الحالة تستطيع أن تقوم بوظائف خاصة بها . وغالباً ما ينطوي ذلك على قدر من أنقسام الخلية . وهذه الخلايا حساسة جداً للإشعاع ولكنها أقل نسبياً من النوع الإنشائي السابق .

أما الخلايا الناضجة فهي التي تقوم بالوظائف المهمة لكل عضو . وقد يحدث القليل من الأنقسام الميتوزي لذلك تعتبر هذه الخلايا مقاومة للإشعاع نسبياً حيث تستمر الأعضاء في أداء وظيفتها بعد التشعيع . ولكنها تقل فقط بعدم قدرة العضو على إنتاج خلايا إنشائية متشكلة . وكلما كان عمر الخلية الناضجة طويلاً كان استمرار العضو في أداء وظيفته أطول وحساسيته للإشعاع أقل .

لذلك فإن تأثيرات الإشعاع تختلف بدرجة محسوسة من عضو إلي آخر . والاستعراض الآتي لبعض الجهزة البيولوجية الأساسية يوضح الأساس لبعض المشاكل المتوقعة في حوادث الإشعاع .

أ- جهاز إنتاج خلايا الدم *Homopoietic System* : ويقصد به الأعضاء التي تنتج خلايا الدم مثل نخاع العظم الأحمر والطحال والعقد الليمفاوية وهي ذات حساسية فائقة للإشعاع مقارنة بخلايا الدم المكونة والسابقة لها (غير ناضجة) والتي تكون عالية الحساسية ، ويظهر ذلك خلال ساعات من التشعيع . فكريات الدم البيضاء أكثر الخلايا الدموية حساسية وتختفي من الدورة الدموية أولاً وتبدأ باختفاء الخلايا الليمفاوية ثم الخلايا المحببة بأنواعها الثلاثة ثم كريات الدم الحمراء ، تليها الصفائح الدموية ، لذلك يؤخذ الهبوط في عدد الخلايا الليمفاوية كدليل على حدوث التعرض الإشعاعي فإذا نقص عددها إلي المستوى 100 إلي 200/مم2 خلال الفترة من 12 ساعة إلي 24 ساعة ، فمن المحتمل أن تكون الجرعه الإشعاعية مميتة (العدد الطبيعي للكريات الليمفاوية 2100/ مم2) . أما إذا نقص عددها إلي 500/مم2 خلال الفترة من 24 ساعة إلي 48 ساعة فهذا

دليل على إمكانية التأثر بالإشعاع ، أما إذا كان عدد الخلايا الليمفاوية أعلى من 1000/مم2ثم زاد بعد أِبوع من التشعيع فيكون الشفاء غالباً مؤكداً . وقد تحدث وفاة الكائن الحي دون نقص محسوس في كريات الدم الحمراء اليافعة ويرجع ذلك إلي أن الجهاز المسئول عن تجديد هذه الكريات قد تأثر بالتشعيع . أما الخلايا الليمفاوية فتختفي سريعاً لأن عمرها قصير حوالي يومين في حين عمر الخلايا الحمراء 120 يوماً وهذه من ضمن أسباب زيادة حساسية الخلايا الليمفاوية للتشعيع.

النزيف الداخلي أيضاً من أغراض التعرض الإشعاعي ، وهو مرتبط ارتباط وثيقاً بمستوى صفائح الدم السابحة في الدورة الدموية وتأثير الإشعاع على جذر الشعيرات الدموية ، ويعزى ذلك إلي نقص في عدد الصفائح الدموية .

والنزيف الدموي نادراً ما يكون حاداً إلا إذا قل عدد الصفائح الدموية عن 20,000/ مم2 (العدد الطبيعي 240,000/ مم2) وتكمن ملاحظة النقص في عدد الصفائح الدموية معملياً بتأخير مدة تكوين الجلطة الدموية . وحدوث النزف الداخلي يمكن أن يعوق الدورة الدموية ويسبب هبوطاً مفاجئاً للقلب .

بلازما الدم ذات مقاومة كبيرة للإشعاع ولا توجد حتى الآن أي تغيرات ملحوظة في مكوناتها وبالتالي لا توجد تغيرات تتعلق بضغط الدم أو نتاج القلب من الدم إلا إذا تعرض الجسم كله لجرعة كبيرة من الإشعاع تقدر بالآف الرونتجن ، وقد تحدث إعاقة للدورة الدموية نتيجة للتعرض لجرعات أقل من الإشعاع ، ولكن ذلك ليس نتيجة لتغيرات في بلازما الدم ، إنما يكون نتيجة لتغيرات في الأعضاء المنتجة لخلايا الدم وتكسر جدر الأوعية الدومية وانسدادها ، وهو السبب الرئيسي في حدوث الغرغرينا *Gangrene* ومن التغيرات التي تحدث أيضاً بعد التشعيع انتفاخ الخلايا الطلائية الداخلية المبطنة لجدر الشعيرات الدموية والشرائيين الصغيرة مسببة انسدادها . وأحياناً يحدث التصاق لجدر الشعيرات الدموية نتيجة لحدوث التهابات مكونة جلطة وتلفا في مكان الخلايا الطلائية الداخلية التالفة . وأيا كان الضرر فالنتيجة في النهاية واحدة وهي عدم ورود الدم إلي الأنسجة التي تغذيها الشعيرة الدموية فتموت لنقص المواد الغذائية والأكسجين ، والعلاج الوحيد هو البتر .

ب- الجهاز التناسلي *Reproductive System* :

تعتبر المناسل (الخصبة في الذكر والمبيض في الأنثى) من الأعضاء الحساسة للإشعاع حيث تحدث تحولات وطفرات واختلالات لمكونات الكروموسوم في أي من الحيوان المنوي أو البويضة بعد التشعيع . ومن آثار التشعيع أيضاً حدوث عقم *sterility* (عدم خصوبة *Infertility*) مؤقت أو دائم وفقاً لكمية الإشعاع ونوعيته . ويحدث ذلك بجرعات إشعاعية أقل في الأنثى عن الذكر ، فمثلاً يحدث عقم مؤقت في أنثى الحيوانات الثدييه بعد التعرض لجرعة إشعاعية أقل من 200 رونتجن في حين يحدث عقم دائم بعد التعرض لجرعة إشعاعية تفوق 300 رونتجن في حين يحدث عقم دائم في الجرعات الإشعاعية الأعلى من 1000 رونتجن . ويلاحظ في الأنثى أن يكون المبيض والخلايا الحويصلية في المبيض عناصر عالية الإحساس للإشعاع ، وكذلك في الذكر تكون الخلايا المنتجة للحيوانات المنوية العناصر الأعلى حساسية للإشعاع ، والعكس بالنسبة للخلايا المنوية والحيوانات المنوية فهي مقاومة للإشعاع . وفي الذكر الثديي يلاحظ فقدان الحيوانات المنوية لحركتها وحدوث تغيرات شاذة بها بعد التشعيع ، لذلك يلاحظ أن الأشخاص العاملين في مجال الإشعاع والمرضى المعالجين بالإشعاع يعانون من ظاهرة العقم أو عدم الفاعلية وهما تعبيران علميان مختلفان في المعنى ، فالأولى معناها عدم القدرة على الإنجاب ، أما الثانية فمعناها عدم القدرة على ممارسة الجنس . والأولى يؤثر فيها الإشعاع بصفة مؤقتة عند الجرعات المنخفضة وبصفة دائمة عند الجرعات العالية ، أما الثانية وهي عدم القدرة على ممارسة الجنس فهذه غالباً لا تحدث إلا عند التعرض لجرعات مميتة ، وقد تتأثر هذه الفاعلية نتيجة للتعب والحالة النفسية التي تبدو على الشخص بعد التشعيع ، ولكن الإشعاع نفسه لا يحدث عدم قدرة على ممارسة الجنس ، فهو قد يقلل أو يمنع إنتاج الحيوانات المنوية ، ولكنه لا يؤثر في إفراز هرمونات الجنس ، ولهذا لا تتأثر فاعلية ممارسة الجنس .

ج- الجهاز الليمفاوي *Lymphatic System* :

الطحال والعقد الليمفاوية والغدة التيموسية تنتمي للجهاز الليمفاوي ، ولذلك فهي على درجة عالية من الحاسبة للإشعاع ، فالأنقسام الميتوزي في الطحال يقف في أقل من ساعة بعد التعرض لجرعة متوسطة من الإشعاع ، ويتبع ذلك بوقت قصير تلف شديد للخلايا الليمفاوية ، ومن الآثار الضارة أيضاً للإشعاع على الطحال فقدان الوزن حيث يعتبر ذلك مؤشراً حساساً للجرعة التي تعرض لها العضو ، كما يقف أيضاً إنتاج الطحال للكريات الحمراء والبيضاء حيث تضمحل الخلايا المكونة لها تماماً ، وإذا كان الإشعاع بالدرجة التي يحدث معها نزيف في كل الجسم فإن الطحال أيضاً يلاحظ فيه النزيف ، والعقد الليمفاوية والأنسجة الليمفاوية الأخرى لها حساسية عالية لمستويات الإشعاع المنخفضة . فبعد التشعيع ينقص حجم العقد الليمفاوية وفقاً لكمية الإشعاع ، وهي إما أن تعرض نفسها وتستعيد وظيفتها وإما أن تصبح منتفخة وبها استسقاء ونزف.

والغدة التيموسية تظهر أيضاً حساسية عالية للإشعاع بزيادة كبيرة في محتوى الخلايا الليمفاوية .

د- الجهاز الهضمي *Digestive System* : الطبقة الطلائية المخاطية للقناة الهضمية حساسة تماماً للإشعاع ، ولكنها ليست بالدرجة العالية مثل الجهاز المنتج لكريات الدم والمناسل ، فيلاحظ أنه بعد التشعيع يقف الأنقسام الميتوزي متبوعاً باستقاء *Edema* وتأكل ونخر في الخلية الطلائية المخاطية ، وهذه التغيرات المبكرة مسئولة عن الأعراض التي تظهر بالقناة الهضمية نتيجة للمرض الإشعاعي وهي سبب فقد الشهية للطعام *Anorecia* وغثيان وفي وإسهال .

هناك أيضاً تغيرات وظيفية تشمل النقص في إفراز إنزيم البيسين وحامض الأيدروكلوريك بواسطة المعدة وزيادة في إنتاج المخاط بواسطة الإمعاء والقولون وتوقف الامتصاص في الإمعاء والقولون ، كما يحدث جفاف للفم بسبب نقص إفراز اللعاب ، وكلما زادت جرعة الإشعاع التهبت الإمعاء مع ظهور أشكال شاذة *Bozzare Forms* من الخلايا المخاطية .

أما الإسهال الذي يحدث في القناة الهضمية فيظهر على شكل لين من مخاط أو دم ، ويمكن التحكم فيه بواسطة العلاج بالأدوية مثل *paregoric* ويحدث القئ بعد الجرعات

الإشعاعية المنخفضة ويمكن أن يكون ذا أهمية تشخيصية . في حين أن بداية القئ المبكر تكون عادة دلالة على التعرض لجرعة إشعاعية عالية ، وهذه الأعراض أيضاً ذات أهمية تشخيصية في تحديد الأسباب النفسية والجسمية والتمارض *Malingering* ، ويمكن التحكم في القئ بالأدوية المضادة للقئ *Antiemetic* إذا لم يكن السبب نفسياً أو جسمياً .

هـ - الجلد *Skin* يعتبر الجلد نسيجاً حساساً للإشعاعات نسبياً ، ومماثلاً تقريباً لنفس القدر من الحساسية الموجودة في القناة الهضمية ، وتظهر تأثيرات الإشعاع عادة على الجلد على هيئة إحمرار *Erythema* وتغيرات في الشعر والأظافر ، حيث يلاحظ سقوط الشعر *Epilation* حتى عند التعرض للجرعات الإشعاعية المنخفضة ، أما في الجرعات العالية فيحدث زوال اللون وتقرحات والتهابات . ويعالج التلوث الإشعاعي للجلد أو الشعر فور حدوثه باستخدام المنظفات مع كمية وفيرة من الماء . أما علاج الحروق الناتجة عن تعرض الجلد للإشعاع فتعامل كالحروق الحرارية حيث تنظف وتطهر وتعالج بالمضاد الحيوي .

و- المياه البيضاء *Cataract* : تعتبر عدسة العين أكبر المساحات حساسية للإشعاع فهناك حقيقة معروفة هي أن المياه البيضاء تنتج من التعرض للإشعاعت المؤينة وتعبير (مياه بيضاء) يستخدم لوصف أية درجة من العتامة في الشفافية الطبيعية لعدسة العين ، وتتفاوت ما بين نقط صغيرة إلي عتامة كاملة حيث ينتج العمى الكلي ، وعدسة العين من الوحدات ذات الصفات البيولوجية الخاصة حيث تتكون غالباً من ألياف تغطيها من الأمام طبقة طلائية محاطة بمحفظة ، ولا يوجد دم وارد إلي عدسة العين . أما الخلايا المنقسمة فمحدودة في المنطقة الأمامية وبمجرد أنقسامها تهاجر إلي الخلف لتكون ألياف العدسة . فإذا تلفت هذه الخلايا المنقسمة نتيجة لتعرضها للإشعاع فإن العدسة لا تملك القدرة على إزالتها ، وتكون الخلايا التالفة أليافاً معتمة تكون بداية لتكون المياه البيضاء . وجميع الشواهد المتاحة (الأحياء من هيروشيما وناجازاكي وحالات معزولة أخرى) تقترح أن الجرعات من إشعاعات جاما وإكس لازمة لبدء حدوث المياه البيضاء . وتتراوح الجرعات البادئة لذلك من 200 إلي 500 راد كجرعة واحدة في مقابل حوالي 1000 راد

كجرعات متفرقة تتم على مدى شهور أو سنوات . ولا توجد شواهد تقترح أن الجرعات المنخفضة (200 إلي 650 راد) تؤدي إلي عتامات ثابتة يحدث بسببها فقدان الرؤية ، في حين أنه مع الجرعات العالية (650-1150راد) قد تزداد العتامة إلي درجة فقدان الرؤية ، ولذلك فإن هذه الحقيقة تلقى الأولوية في الاهتمام عند العاملين بالأشعة والفنيين في مجال أشعة إكس . خصوصاً أولئك العاملين في الأجهزة الفلوريسينية ، حيث يؤخذ في الاعتبار حماية العين . وعدسة العين من التراكيب البسيطة من الناحية الهستولوجية ، مما يجعل تكون المياه البيضاء واحداً من الأضرار الناتجة من التعرض الإشعاعي ، وقد يتسبب الإشعاع أيضاً في التهاب القرنية وزيادة الحساسية للضوء والم واحمرار العين .

ز- الجهاز العصبي المركزي *Central Nervous System* : وهو من أقوى الأجهزة مقومة للإشعاع في الحيوانات الثديية . ونسبياً يعتبر المخ أكثر حساسية للإشعاع في الحبل الشوكي . ولكن هذه الحساسية لا تظهر إلا بعد التعرض لجرعة مقدارها 1000 رونتجن . ولا تظهر آثار الإشعاع على الجهاز العصبي المركزي عادة إلا عند التعرض للإشعاع المركز على المكان المستخدم في العلاج الإشعاعي وليس عند تعرض الجسم كله للإشعاع ، ففي حالات التعرض المركز على المكان يتسبب الإشعاع في تليف الأوعية الدموية بالمخ أو الحبل الشوكي محدثاً نقصاً في إمداد الدم *Ischemia* . ومن المعلوم أن عدة آلاف رونتجن قد تتلف أجزاء معينة في الجهاز العصبي المركزي مسببة فقدان الوظيفة للمراكز الحيوية ، والتي يحدث بعدها الموت . وعلى أية حال فالجهاز العصبي المركزي – عموماً – يعتبر من الأجهزة ذات المقاومة العالية للإشعاع .

ح- الأعضاء الأخرى : الأعضاء الأخرى مثل القلب . والكلى والكبد والبنكرياس ذات مقاومة شديدة للإشعاع والتغيرات التي تحدث لهذه الأعضاء تحدث فقط عند التعرض لجرعات عالية من الإشعاع مثل النزيف والنخر والاستسقاء *Edema* .

الباب الرابع
جهاز العلاج بالإشعاع وإجراءات الجرعة والوقاية

مقدمة :

يوظف العلاج الإشعاعي التطبيقات المختلفة بالإشعاع المؤين في تفويض نسبة الخلايا السرطانية ومعالجة الأورام سواء باستخدام العناصر والنظائر المشعة أو بتوليد وفق إشعاعي مؤجح وعالي الطاقة وتسليطه على الأنسجة والخلايا الورمية بقية القضاء عليها نهائياً ، أو تقليص كتلة الورم لتحقيق تأثيراته على أقل تقدير وتقليدياً يتم استخدام الأشعة السينية المولدة الكترونيا كمصدر للإشعاع بجرعات عالية أضعاف المستخدمة بالأجهزة التصويرية ، إضافة إلي استخدام مصادر أخرى مثل أشعة جاما أو وفق النيوترونات أوالبروتونات ، وقد ساهم الاستخدام الواسع لتطبيقات الإشعاع في معالجة السرطان في ارتفاع في الشفاء بشكل كبير ، وتعد أهم المعالجات الفعالة للعديد من الأورام الناشئة بأعلى أجزاء الجسم .

وتكمن فاعلية هذا العلاج في مقدرة الإشعاع على تدمير وتفتيت الحمض النووي للخلايا السرطانية وهو المادة الكيميائية التي تحمل المعلومات والشفرات الوراثية والتي تتحكم في العمليات الحيوية اللازمة للتكاثر والنمو وأداء مختلف الوظائف الحيوية وبصفة عامة التي تنمو وتتكاثر بوتيرة سريعة ، شأن الخلايا السرطانية هي أكثر حساسية تجاه مفعول الإشعاع وأشد تأثيراً بطبيعة الحال ، تتخذ تدابير وقائية أثناء المعالجة الإشعاعية تلافياً لتعرض أكبر كم ممكن من الأنسجة والأعضاء الطبيعية السليمة الإشعاع ، وتم عادة حمايتها باستخدام دروع واقية وبانماط مختلفة وبالرغم من مثل هذه الاحتياطات إلا أن بعض الخلايا الطبيعية تتأثر بالإشعاع ، وأن كانت عموماً قادرة على التعافي بحيوية أكبر نظراً لمقدرتها على استخدام تقنيات الجسم الطبيعية لإصلاح وترميم الأضرار الواقعة على الحمض النووي .

وتتفاوت كمية الطاقة لدى الأنواع المختلفة من الإشعاع المؤين وبطبيعة الحال ، كلما كانت الطاقة أكبر زاد العمق الذي يمكن للإشعاع اختراقه داخل الأنسجة وتبعاً للمقدرة

على النفاذ يتم اختيار النوع المناسب وبالطاقة الإشعاعية الملائمة لنوع الورم عند كل مريض ، وتشمل أنواع الإشعاع المستخدمة .

الفوتونات عالية الطاقة : سواء من عنصر نشط إشعاعية مثل الكوبالت والسيزيوم أو من آلة تقوم بتوليد الإشعاع المؤجج .

***حزمة البروتونات (proton beam) :** والبروتونات هي أجزاء من الذرات تتميز بأنها لا تسبب ضرراً بالغاً بالأنسجة التي تمر عبرها ، بينما يتركز تأثيرها على خلايا الأنسجة التي توجد بنهاية مسار أشعتها بحقل المعالجة ، مما يقيد في تسليط كم إشعاعي مكثف على الخلايا الورمية مع تقليل تعرض الخلايا والأنسجة المجاورة .

*** حزمة كهربية (Electrcity beams) :**

وهي مفيده عند المعالجة الخارجية والسطحية ، مما يحمل الأنسجة المتواجد ، عميق من اختراق الإشعاع .

*** حزمة النوترونات :**

وهي عادة تستخدم لمعالجة بعض أنواع الأورام بالرأس والرقية والبروستاتة .

<u>العلاج الإشعاعي :</u>

يمثل العلاج الإشعاعي أحد الطرق الرئيسية الثلاث لعلاج السرطات وهي :

العلاج الإشعاعي ، والجراحة ، والعلاج الكيميائي ، وهناك طريقة رابعة تجري حولها بحوث كثيرة في الوقت الحاضر وهي طريقة العلاج بالحرارة ، وطريقتا العلاج الإشعاعي بالجراحة تستعملان في السيطرة على الأورام الموضوعية ، بنيما يقتصر العلاج الكيميائي على السرطان المنتشر في الجسم .

إن العلاج الإشعاعي مبني على مقدرة الإشعاع الذري على قتل الخلايا ، أو جعلها غير قادرة على التكاثر والانتشار ، فالورم السرطاني ينمو بسبب التكاثر غير المنضبط للخلايا السرطانية ، ولهذا فإن أية وسيلة توقف هذه المدرة على التكاثر يمكنها أن تتحكم في نمو السرطان ، والإشعاع من الوسائل الفعالة في هذا المجال .

أ- العلاج الإشعاعي للأورام :

وفي العلاج الإشعاعي للأورام السرطانية توجه حزمة الأشعة نحو الورم بصورة دقيقة لتشمل كتلته المعروفة فقط مع التقليل – ما أمكن – من حجم الأنسجة الصحيحة المعرضة للإشعاع ، ويجب أن يتجنب في ذلك تشعيع الأنسجة الحساسة – بصورة خاصة – كالحبل الشوكي والعين . وقد وجد بالخبرة أن العلاج الذي يعطي بجرعات إشعاعية صغيرة على فترات تصل إلي خمسة أيام في الأسبوع وتمتد من أربعة إلي ثمانية أسابيع هو الأكثر فعالية في قتل الخلايا السرطانية مع تقليل التلف للأنسجة الصحيحة ما أمكن .

كذلك فقد طورت أجهزة العلاج بالأشعة لزيادة كفاءتها وقدرتها على علاج أنواع السرطانات العميقة ، ويوجد الآن في معظم المراكز الكبيرة للعلاج الإشعاعي مسرع نووي أو أكثر أحياناً ، ومثل هذه الأجهزة تولد أشعة لها القدرة على الوصول إلي الورم السرطاني في أعماق الجسم ، كما توجد وحدات العلاج الكوبلتي التي تستخدم أشعة جاما من مصدر (الكويلت – 60) المشع لنفس الغرض .

ومن التطورات الحديثة نسبياً في العلاج الإشعاعي استخدام النترونات في علاج السرطان بدلاً من الأشعة السينية أو أشعة جاما . ومن الجدير بالذكر أنه قد أنشئ في مستشفى الملك فيصل التخصصي بالرياض مولد للنيوترونات ومسرع نووي لعلاج بعض مرضى السرطان ولإنتاج النظائر المشعة التتبعية للاستخدام الطبي .

ويستخدم في عدة معاهد في العالم نوع آخر من الجسيمات لمعالجة مرضى السرطان ويدعي (البايون السالب) وتمتاز البايونات السالبة بإمكانية تركيز جرعتها الإشعاعية في حجم محدود للغاية يحوي الورم السرطاني مع تقليل الجرعة للإنسجة الصحيحة المحيطة به ، وهذا العلاج يستخدم منذ سنوات – بصورة تجريبية – في مركز لوس آلاموس بمدينة نيومكسيكو الأمريكية .

لقد حقق العلاج بالإشعاع نجاحاً ملحوظاً في العديد من أنواع السرطان إذا كان في مراحله الأولى ، مثل سرطان عنق الرحم عند النساء ، وسرطان الرأس والرقبة ، ومرض (هودجكن) الذي يصيب – بصورة رئيسية – العقد والأنسجة الليمفاوية ،

وبعض أنواع سرطان العظام ، وسرطان الجلد وغيرها ، أما في المراحل المتقدمة للسرطان حيث يعد العلاج بأية طريقة من المعجزات ، يمكن للعلاج الإشعاعي أن يسكن الألم . ومع أن التسكين غير مرغوب فيه كالعلاج إلا أنه –أحياناً- ذو فائدة كبيرة في تخفيف معاناة المريض حتى حين .

ب- علاج الأورام بالنظائر المشعة :

وهناك طريقتان أخرتان للعلاج بالأشعة ، وتسمى الأولى الطب النووري العلاجي ، حيث يعطى المريض المادة المشعة المناسبة التي تتجمع في العضو المصاب للعلاج بالإشعاع ، كما في بعض أنواع سرطان الغدة الدرقية . وتقوم الطريقة الثانية على تعريض العضو المراد علاجه بالتشعيع المباشر وذلك بإدخال المصدر المشع داخل أنبوبة حافظة إلي مكان التشعيع داخل الجسم ، أو بوضع المصادر المشعة المغلقة على السطح المراد علاجه ، كما هو الحال في علاج سرطان عنق الرحم .

ج- العلاج بالنظائر المشعة للأمراض الأخرى :

هناك أمراض أخرى غير الأورام يمكن علاجها باستخدام النظائر المشعة ، ومن أهمها وأكثرها شيوعاً مرض فرط عمل الغدة الدرقية ، حيث يعطى المريض جرعة مناسبة من اليود المشبع تبعاً لشدة المرض ، لتقليل عمل الغدة الدرقية إلي الحد الطبيعي المطلوب ، كما سبق أن أوضحنا وهناك الفسفور المشع الذي يستخدم في معالجة الزيادة المفرطة لكريات الدم الحمراء ، كما أنه يوجد عدد من المواد المشعة المستخدمة في معالجة أمراض المفاصل ، وبخاصة أمراض المفاصل الروماتيزمية ، ولكن هذه الطريقة ليست شائعة الاستعمال .

والانزيمات واليتامينات وفيروسات التهاب الكبد (اليرقان الإنتاني) وبعض البروتينيات المصلية وبعض الأدوية ومواد أخرى عديدة ، وفي هذه الحالة ، تؤخذ عينة من مصل دم المريض – أو أحد سوائل الجسم الأخرى – وتضاف إليها النظائر المشعة المناسبة وذلك لفحص المادة المرغوبة (الهرمونات خاصة) مثل قياس تركيزها ومعرفة البروتين الرابط الذي قد يرافقها عادة . وتمتاز هذه الطريقة بأنها لا تحتاج إلي تعريض المريض للإشعاع ، كما تمتاز برخص ثمنها عادة لأنها لا تتطلب أكثر من أخذ عينة دم أو بول مثلاً ، وتعد

هذه الطريقة من أحدث الطرق المستعملة على نطاق واسع للتشخيص باللجوء إلي النشاط الإشعاعي ، ويقدر عدد الفحوصات التي تجري سنوياً بهذه الطريقة بعشرات بل مئات الملايين ! .

ولعل أوسع استعمال لهذه الطريقة البديعة النوعية هو استعمالها في فحص الهرمون الدرقي الثايروكسين والدايجبتوكسين وهرمون النمو البشري ، ويمكن كذلك – وهذا ما يحدث غالباً – فحص الدم المتبرع به لاحتمال احتوائه على الفيروسات الخطرة التي قد تسبب التهاب الكبد .

وقد وجد أن تشخيص الإصابة بالقصور الدرقي لدى حديثي الولادة يجب أن يجري بأسرع ما يمكن بعد الولادة لأنه سرعان ما يحدث تلفاً في الدماغ لا يشفى . وفي بعض البلدان الأوربية هناكمولود من بين كل ألفين تقريباً من حديثي الولادة يعاني قصوراً درقياً ، ولذلك تركب الآن أجهزة آلية بشكل كامل للمعايرة الإشعاية المناعية يستطيع كل منها أن يقوم بمائة ألف معايرة في العام ، فإذا ما ثبتت الإصابة بالمرض بوشر بالمعالجة بالهرمونات بعد أيام من الولادة .

ويمكننا القول عموماً بأن العمايرة المناعية الإشعاعية هي اليوم إحدى الطرائق الأكثر استعمالاً للتشخيص والأقل كلفة .

ويتكاثر استعمال المعايرة المناعية الإشعاعية في الطب البيطري ، ويتسع نطاقها هنا كما في الطب البشري ، لكشف وقياس عدد متزايد من المواد الأساسية .

التوصيات :-

- استخدام برامج توعية شاملة عن الإشعاع وبيان مخاطره وما يتعلق به عبر وسائل الإعلام المختلفة .
- وضع منهج مبسط للغاية عن مخاطر الإشعاع في مرحلة الأساس وتكثيفه لدى المراحل الأخرى "ثانوي عالي) .
- تنفيذ القوانين الصارمة تعاقب بشدة كل من يقوم أو يساعد على تلويث البيئة بالمواد المشعة أو من يفتح المجال لدخولها من الفضاء الخارجي .
- استخدام كافة الإجراءات الأمنية لدى العاملين أو المتواجدين بمناطق تحتوي على الإشعاع للوقاية منه .
- وأخيراً نتمنى من الحكومة السودانية أن تبذل جهدها في توفير العلاج المجاني للمصابين بأمراض ناتجة عن التعرض للإشعاع .

الخاتمة :

نختم هذا البحث بالإجابة على الأسئلة الشائعة في الإشعاع وهي :-

ما هو الإشعاع ؟

الإشعاع هو صورة من صور الطاقة ، ويأتي من مصادر يصنعها الإنسان مثل أجهزة الأشعة السينية "أشعة أكس" ، من الشمس والفضاء الخارجي ، ومن بعض المواد المشعة مثل اليورانيوم في التربة .

كيف يمكن أن أتعرض للإشعاع ؟

توجد كميات ضئيلة من المواد المشعة بصورة طبيعية في الهواء الذي تتنفسه ، الماء الذي نشربه ، الطعام الذي نأكله ، وفي أجسادنا نفسها نشير إلي الإشعاع الذي يدخل إلي أجسادنا بسبب ما بالتعرض الداخلي ، التعرض الذي يشار إليه على أنه التعرض الخارجي يأتي من مصادر خارج الجسم مثل الإشعاع من ضوء الشمس ، والمواد التي يصنع الإنسان وتلك الموجودة في الطبيعة .

جرعات الإشعاع التي يتلقاها الناس يتم قياسها بوحدات تسمى "ريم" أو "سيفرت" (السيفرات الواحد يساوي 155 ريم) في تقديرات العلماء يتلقى الشخص العادي في الولايات المتحدة جرعة مقدارها حوالي ثلث ريم عام . ثمانون بالمائة من التعرض البشري التقليدي يأتي من مصادر طبيعية ، والعشرون بالمائة المتبقية تأتي من مصادر إشعاع صناعية وبالأخص الإشعاعات السينية الطبية .

ما هي الآثار الصحية للتعرض للإشعاع ؟

يمكن أن يؤثر الإشاع على الجسم بعدة طرق ، والآثار الصحية السلبية للتعرض قد لا تظهر لسنوات عديدة تتراوح هذه التأثيرات الصحية السلبية من تأثيرات بسيطة مثل أحمرار الجلد إلي تأثيرات خطيرة مثل السرطان والوفاة بناء على كم الإشعاع الذي يمتصه الجسم والجرعة ، نوع الإشعاع ، طريقة التعرض ، ومقدار الوقت الذي يكون فيه الشخص معرضاً .

التعرض لجرعات كبيرة للغاية من الإشعاع قد يسبب الوفاة خلال عدة أيام أو شهور ، التعرض لجرعات أقل من الإشعاع قد يؤدي إلي زيادة خطر الإصابة بالسرطان أو ماعدا ذلك من التأثيرات الصحية السلبية .

كيف يمكنني أن أحمي نفسي من الإشعاع ؟

الطرق الأساسية الثلاث لتقليل التعرض هي من خلال :-

- **الوقت :** قم بتقليل مقدار الوقت الذي تقضيه بالقرب من مصدر الإشعاع .
- **المسافة :** قم بزيادة المسافة التي تفصلك عن مصدر الإشعاع .
- **الوقاية :** قم بزيادة الدرع الواقي بينك وبين مصدر الإشعاع . الدرع الواقي هو أي شيء يشكل حاجز بين الأشخاص ومصدر الإشعاع ، بناء على نوع الإشعاع يمكن أن يتراوح الدرع الواقي من شيء في رقة لوح من زجاج النوافذ إلي سمك عدة أقدام من الأسمنت ، البقاء داخل مبنى أو سيارة قد يوفر الوقاية من بعض أنواع الإشعاع

المراجع :-

1- الإشعاع النووي والوقاية من الإشاع والتلوث "للمؤلف الدكتور المهندس مطاوع الأشهب"

2- الفيزياء النووية والطبيعية ، تأليف أ.د. غذاب طاهر الكناني

3- المخاطر الإشعاعية بين البيئة والتشريعات القانونية (ممدوح حامد عطية ، سحر مصطفى حافظ ، مراجعة فوزي حماد ، تقديم محمد عبد الفتاح القصاص) .

WWW.google.com

4- مقدمة في الفيزياء الحديثة ، (تأليف : أ.د. مبارك درار عبد الله) .