الفصل السابع

الأدلة على تسبب الرادون في الإصابة بمرض سرطان الرئة

7 - 1 تمهيد

تشير بعض المصادر إلى أن أول تقرير نشر عن أضرار الرادون يعود لعام 1556م في كتاب عن علم التعدين (27، 48)، حيث خصص مؤلفه فصلا للحديث عن الآثار الصحية التي يعانيها عمال المناجم وخاصة مناجم الفضة في جبال (إيرز) عند الحدود بين ألمانية وتشيكوسلوفاكيا[1]، وقد ذكر المؤلف أن عمال المناجم يستنشقون غبار أكّالا يأكل الرئتين .. لذا نجد في مناجم جبال (الكرباث) نساء تزوجن سبعة أزواج كلهم هلكوا في أعمار مبكرة نتيجة استهلاك الرئتين .. إلخ. وقد سماه (مرض الجبل) الذي شخص فيما بعد بمرض سرطان الرئة. وتبين فيما بعد أن تركيز غاز الرادون في مناجم جبال (إيرز) مرتفع جداً، قدر نحو 3.7×10^5بيكريل/م^3، لذا من المحتمل أن يكون هلاك عمال المناجم كان بسبب مرض سرطان الرئة نتيجة غاز الرادون وولائده.

ولم يكتشف الإشعاع الذري إلا متأخراً قبل نحو قرن من الزمان، عندما اكتشف رونتجن الأشعة السينية في تشرين الثاني من عام 1895م، ثم اكتشف بيكريل النشاط الإشعاعي الطبيعي لليورانيوم بعده بأشهر عام 1896م، وبعده بسنتين اكتشف رذرفورد أشعة ألفا أثناء قيامه باختبار الإشعاع الذي يطلقه اليورانيوم، ووجد أيضاً أشعة بيتا.

ولم يمض وقت طويل على اكتشاف الإشعاع الذري حتى بدأت تأثيراته الضارة تظهر، فقد ذكر العالم توماس أديسون في شهر مارس من عام 1896م حدوث استثارة

(1) تشيكوسلوفاكيا: لقد انقسمت هذه الدولة حديثاً إلى دولتين هما جمهوريتي التشيك وسلوفاكيا.

obeikandl.com

لعينيه من جراء التجارب التي استخدم فيها الأشعة السينية، وقد يكون هذا هو السبب الذي دفعه إلى التوقف عن إجراء هذه التجارب. وفي نهاية عام 1896م تم ملاحظة بعض أضرار الأشعة السينية وبخاصة الحروق الجلدية وسقوط الشعر.

وفي ذلك الحين دخلت ماري وزوجها بيير كوري حلبة الكشف عن نظائر مشعة حيث كانا يختبران خام اليورانيوم الذي يدعى «بيتشبلند»[1] وهي المادة نفسها المستخرجة من جبال (إيرز) التي أشرنا إليها آنفا، حيث كان يستخرج منها الفضة، أما في الحالة الأخيرة فقد كان يستخرج منها اليورانيوم لغرض استخدامه في صبغ الزجاج الملون. لقد وجد الزوجان أن مستوى الإشعاعية في العينة المختبرة من هذا الخام أعلى بكثير مما يمكن أن يسببه ما يحتويه من يورانيوم، وفي البحث اكتشفا نظيرين مشعين سموا أحدهما البولونيوم والآخر الراديوم.

لقد استطاعت ماري كوري بعملها الدؤوب لمدة أربع سنوات من استخراج 85 ملي غرام فقط من الراديوم من نحو سبعة أطنان من خام البيتشبلند! وقد هلكت مع ابنتها إيرين بسبب سرطان خلايا الدم البيضاء المسمى (لوكيميا) نتيجة ترسب الراديوم المشع في عظامهما.

7 - 2 مرض سرطان الرئة وعموم الناس

إن مرض سرطان الرئة يتطور بشكل بطيء، ولا تظهر أعراضه عادة إلا في مراحل متأخرة، وعند طلب العلاج يكون المرض قد انتشر، ويصبح العلاج بأنواعه مثل الجراحة، أو العلاج الإشعاعي أو الكيميائي غير فعال، لهذا فإن من المهم الوقاية من هذا المرض لغرض الحد من انتشاره بين الناس.

وقد بلغ عدد الحالات المسجلة للإصابة بمرض سرطان الرئة بين السعوديين عام 2001م إلى 220 حالة، وهذه تشكل 3,9% من مجموع الإصابات المسجلة بأنواع أمراض السـرطان المختلفة والبالغة 5616 حالة حديثة (49)، وعليه فإن معدل الإصابة بمرض

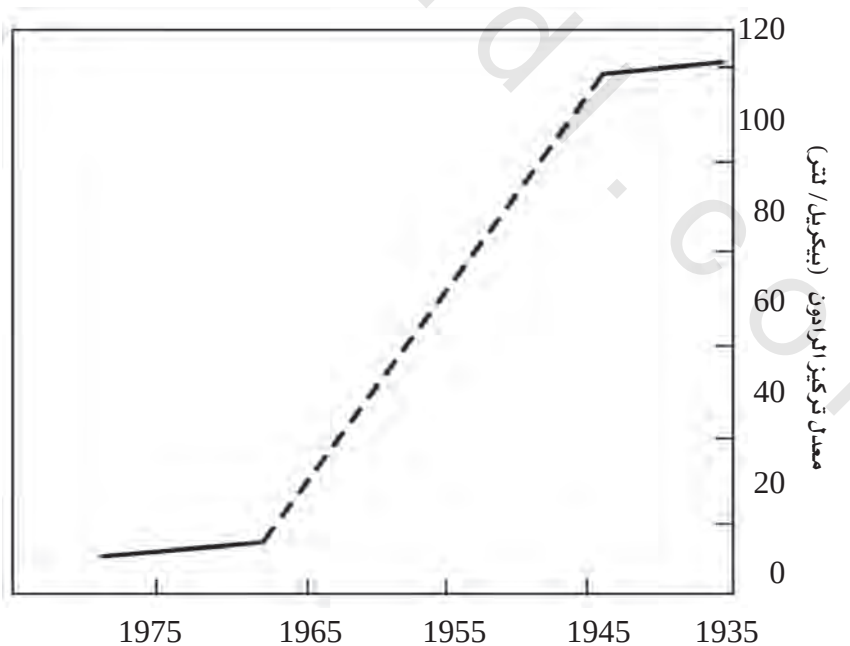
(1) خام بيتشبلند Pitchblende: خام لأوكسيد اليورانيوم ويحوي بعض المعادن الأخرى مثل الفضة، ويوجد في أوروبة وكندا.

سرطان الرئة المعاير عمرياً يبلغ 100000/2,71 للجنسين، ومعدله في الرجال (4,1/ 100000) أعلى منه في النساء (100000/1,4)، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فيشكل مرض سرطان الرئة 13% من مجموع الإصابات بأنواع أمراض السرطان في عام 2003م ومعدل الإصابة بهذا المرض في هذا البلد مرتفع جداً (100000/107)، ويُعدُّ التدخين المسبب الرئيس لمرض سرطان الرئة، حيث تقدر الجمعية الأمريكية للسرطان مشاركته في إحداث مرض سرطان الرئة بأمريكة بنحو 81% (50) كما أن استنشاق الدخان من قبل غير المدخنين فيما يسمى بالتدخين السلبي يزيد من احتمال إصابتهم بمرض سرطان الرئة بمقدار 30%. أما المسببات الأخرى لمرض سرطان الرئة فهي التعرض للتلوث الهوائي، أو غاز الرادون، أو الأسبستوس، أو بعض المواد الكيميائية الضارة، العضوية منها وغير العضوية. ويعدُّ غاز الرادون المسبب الرئيس الثاني لمرض سرطان الرئة بعد التدخين حيث تقدر مشاركته في أمريكة بنحو 10% من حالات أمراض سرطان الرئة (51).

7 - 3 انتشار الإصابة بمرض سرطان الرئة بين عمال المناجم

منذ القرون الوسطى أدرك الناس في كل من جنوب ألمانية وتشيكوسلوفاكيا معاناة عمال المناجم من مشكلات في الرئة أسموها بمرض الجبل (انظر باب (7 - 1)). وكانت هذه المناجم لاستخراج معادن غير اليورانيوم، لكن تبين أن صخور هاتين المنطقتين غنية باليورانيوم حتى إن بعضها حول لاستخراج اليورانيوم من خام البيتشبلند. وقد كان تحديد أول إصابة بسرطان الرئة في عام 1879م لأحد عمال المناجم الألمانية، وبلغ عدد الهالكين بمرض سرطان الرئة في هذا المنجم 150 عاملاً بين عامي 1869 و1877م من مجموع العاملين البالغ عددهم 650 عام 1879م، وقدر عدد العاملين الذين هلكوا بمرض سرطان الرئة في المدة بين عامي 1869 و1935م بنحو 400 شخص. وقد عزيت حديثاً معظم هذه الوفيات لاستنشاق ولائد غاز الرادون، غير أنه لم يشر لدور الرادون في هذه الوفيات إلا عام 1924م ولم يقبل بصورة عامة إلا في ستينيات القرن العشرين.

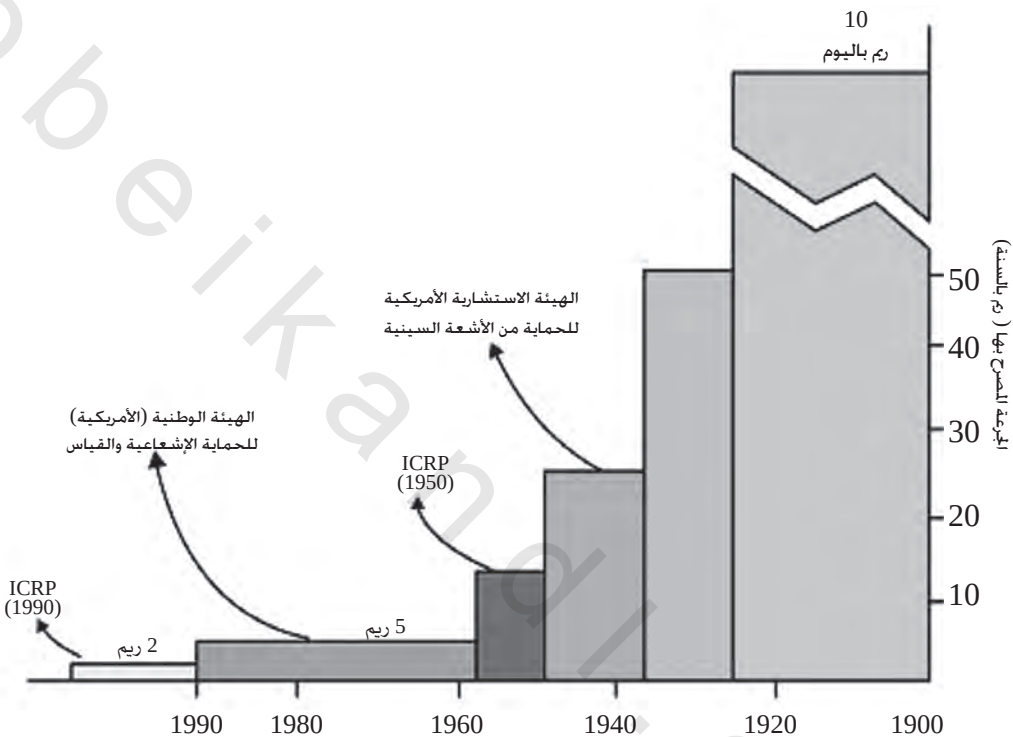
وقد تبين أن نسبة غاز الرادون في المناجم الألمانية الآنفة الذكر كانت مرتفعة، وقدرت بما يتراوح بين 10^5 و$5,6 \times 10^5$ بيكريل/م^3، وكانت نسبة حدوث أمراض سرطان الرئة مرتفعة أيضاً، وكان عمال المناجم التشيكوسلوفاكية يعانون من مشكلات الرئة نفسها، للسبب نفسه، فقد أثبتت دراسة للأعوام بين 1929 و1940م أن 50% من عمال هذه المناجم هلكوا بمرض سرطان الرئة. وعلى الرغم من ذلك فلم يكن بالإمكان استنباط علاقة مباشرة بين التعرض الإشعاعي وحدوث مرض سرطان الرئة في عمال المناجم قبل الحرب العالمية الثانية، ولكن بعد انتهاء الحرب أجريت دراسات تفصيلية للعاملين في المناجم لغرض تحديد خطورة الرادون خاصة في أمريكا بدأت عام 1949م، وكان العمل جارياً على نطاق واسع لاستخراج اليورانيوم لغرض صنع السلاح النووي أولاً، ثم لغرض إنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الوقود النووي (1). وأجريت دراسات مماثلة لعمال المناجم في كل من تشيكوسلوفاكيا وكندا وفرنسا (9) والصين للغرض نفسه. الشكل (7 - 1) يوضح الخفض الذي أجري على تركيز غاز الرادون في بعض المناجم مع الزمن، بعد تبين مخاطره الإشعاعية. ويبين الشكل (7 - 2) التخفيض الذي أجري على الجرعة الإشعاعية المصرح بها للعاملين في مجال الإشعاع الذري للسبب نفسه.



شكل (1 - 7) التخفيض الذي أجري على معدل تركيز غاز الرادون في مناجم إحدى الدول مع زيادة الوعي بمخاطره، وتم ذلك بزيادة التهوية القصرية (27).

7 - 4 الإصابة بمرض سرطان الرئة في الحيوانات المخبرية

أجريت دراسات على حيوانات مثل الفئران والجرذان والكلاب في عقود سابقة لمعرفة مدى تأثير المواد المشعة على تلك الحيوانات،



شكل (7 - 2) التخفيض التاريخي في الجرعة الإشعاعية المصرح بها للعاملين في مجال الإشعاع (73).

(الريم هي الوحدة القديمة للجرعة المؤثرة، و1 ريم = 0,01 سيفيرت)

ومدى التغيرات التشريحية التي تظهر عليها في بادئ الأمر، وكانت مبنية على قياس تركيز غاز الرادون، في حين تبين لاحقاً أن ولائد الرادون هي المتسببة الرئيسة في الجرعة الإشعاعية المسببة لمرض سرطان الرئة، إلا أن طرق البحث والإحصائيات في تلك الدراسات لم تكن كافية لتظهر بشكل جلي الارتباط بين مرض سرطان الرئة والتعرض لغاز الرادون وولائده (12، 39).

obeikandl.com

بعد ذلك أجريت بحوث منظمة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسة للوصول إلى فهم العلاقة بين التعرض الإشعاعي للرادون وولائده وظهور مرض سرطان الرئة. وفي أحد هذه الدراسات عرضت فئران وكلاب لمستويات مختلفة من غاز الرادون وحده، ومع ولائده الملتصقة بغبار هواء الغرفة، وأظهرت الدراسة أن العامل الرئيس في تحديد جرعة جسيمات ألفا (المتحررة من الولائد) للنسيج المبطن لتجاويف القنوات الرئوية المعروف بإسم الظهارة[1] هو مدى التصاق الولائد بذرات الهباء، وأن هذه الجرعة سببها الرئيس (>95%) وليدي الرادون: البولونيوم 218 و214، وليس غاز الرادون (39). وفي بحث آخر درست إشعاعية المجرى التنفسي في الجرذان، بدءا من الأنف وانتهاء بالرئتين بعد التعرض لغاز الرادون وحده، ولغاز الرادون وولائده معاً، فوجد أنها تبلغ في الحالة الثانية 125 ضعف الحالة الأولى، مما يظهر مدى مشاركة ولائد الرادون في الجرعة الإشعاعية في المجرى التنفسي. وفي بحث فرنسي عرِّضت جرذان لغاز الرادون مع الهباء الجوي، وأخرى لتركيز متفاوت من ولائد الرادون فقط، ولخليط من الملوثات الأخرى مع الولائد، واستطاعوا توليد أكثر من 800 حالة سرطان رئة في نحو 10,000 حيوان، ووجد أن الخطر مدى الحياة للإصابة بمرض سرطان الرئة تتراوح بين نحو 1,5 و7,5 × 10^{-4} لكل سوية عمل شهرية (39) ((انظر تعريف سوية العمل الشهرية في باب (2 - 7)). ويقدر خطر إصابة الإنسان مدى الحياة بمرض سرطان الرئة في وحدة تعرض قدرها سوية عمل شهرية بنحو 2 × 10^{-4} (39). ووجد أن العوامل الرئيسة التي تؤثر في كفاءة إحداث مرض سرطان الرئة هي أولاً زيادة الجرعة المتراكمة في الرئة من جسيمات ألفا، وثانياً انخفاض معدل التعرض لولائد الرادون، كذلك ثبت أن لوجود الملوثات الأخرى مثل غبار اليورانيوم وعوادم مكائن الديزل، ولدخان التبغ تأثير في إحداث مرض سرطان الرئة (39). ولم يظهر دليل يثبت وجود حد آمن (عتبة آمنة) إذا قلت الجرعة عن 20 سوية عمل شهرية.

(1) الظهارة: النسيج المبطن لتجاويف القنوات الرئوية، وهو يطلق على كل نسيج يكسو سطحاً أو يبطن تجويفاً.

7 - 5 العلاقة بين الجرعة الإشعاعية والتأثيرات

أثبتت دراسات عمال المناجم ازدياد حدوث مرض سرطان الرئة مع زيادة التعرض لولائد غاز الرادون حتى تصل إلى حد أقصى، ثم تقل مع الارتفاع الكبير للتعرض الإشعاعي. إن هذا الانخفاض في حدوث مرض السرطان مع زيادة الجرعة المرتفعة ليس فريداً بمرض سرطان الرئة، فقد وجد في أنواع من مرض السرطان في الحيوانات وفي الخلايا المستنبتة التي تستزرع خارج الجسم، وربما يعود السبب في ذلك، ولو جزئيا ، لمقتل عدد كبير من نوع معين من الخلايا نتيجة التعرض الكبير للإشعاع. وهذا القتل يمنع هذه الخلايا التي تعرضت للتلف من أن تصبح خلايا سرطانية، لأن الخلايا الميتة لا تستطيع الانقسام لتولد ورماً سرطانياً. وينبغي الإشارة هنا إلى أن النقصان في معدل حدوث مرض السرطان لا يحدث إلا عند الجرعات التراكمية المرتفعة جداً، التي لا تقل عن 500 سوية عمل شهرية، ولا يتوقع أن تحدث مثل هذه التعرضات في البيوت إلا في الظروف الاستثنائية (7).

وتأثير التعرض للجرعات الإشعاعية المرتفعة مثبت بالأدلة المشاهدة مباشرة وخاصة من دراسة الناجين من ضحايا قنبلتي هيروشيما وناجازاكي، ومن ضحايا الحوادث الإشعاعية، ومن الأفراد الذين تعرضوا لجرعات مرتفعة في العلاج الإشعاعي. فالتعرض لجرح إشعاعية تزيد على 40 جراي في مدة قصيرة يحتمل أن يؤدي إلى هلاك مبكر نتيجة التأثير الحاد للإشعاع. أما إذا قلت الجرعة إلى حد ما، أو وقعت أثناء مدة من الزمن، فإن تأثيرها الرئيس هو إحداث مرض السرطان (7)، فمثلاً يؤدي التعرض لجرعة إشعاعية مقدارها جراي واحد إلى زيادة احتمال حدوث مرض السرطان بمقدار أجزاء بالمئة تتراوح بين 5,6 و7,3% (8).

ليست هناك أدلة مباشرة تشير إلى هلاك الإنسان بمرض السرطان نتيجة التعرض للإشعاع في جرعات منخفضة مثل 0,01 جراي. ولتحديد معدل حدوث مرض السرطان نتيجة التعرض لمستويات منخفضة من الجرعات الإشعاعية، ينبغي استنباط ذلك مما نعرفه عن مخاطر الجرعات المرتفعة. وفيما يلي تعريف بالفرضيات التي وضعها العلماء عن مخاطر الجرعات الإشعاعية المنخفضة.

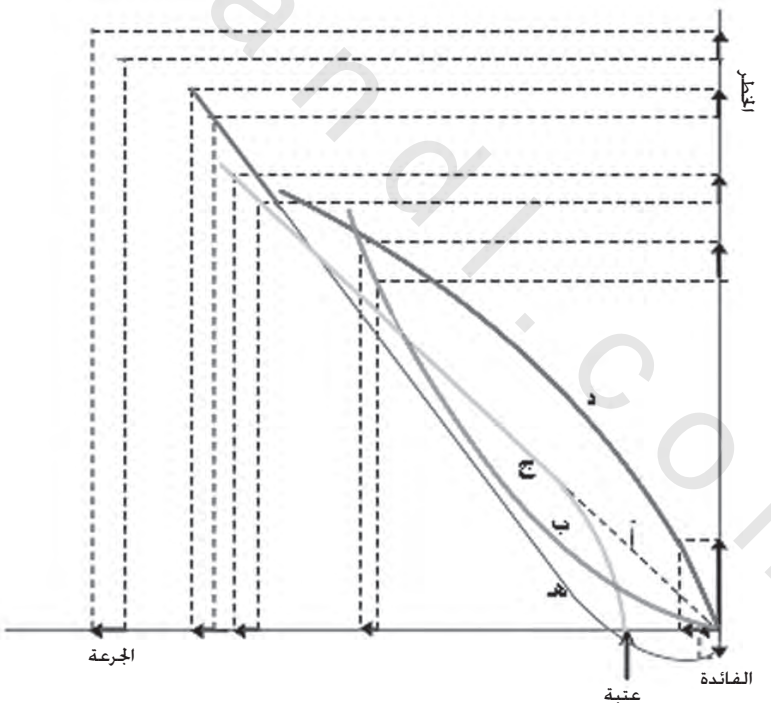
مخاطر الجرعات الإشعاعية المنخفضة هي الإصابة بأحد أمراض السرطان، وهذه المخاطر متدنية جدا لذا يصعب تقديرها تجريبيا، خاصة مع وجود المسرطنات الأخرى في الطبيعة. ونظرا لأهمية هذا الأمر لجميع البشر الذين يتعرضون دوما للإشعاع الطبيعي لا محالة، فقد عمد العلماء إلى وضع عدة فرضيات لاستنباط حجم هذه المخاطر. ويمكن توضيح هذه الفرضيات برسم بياني، يمثل الإحداثي السيني (الأفقي) فيه الجرعة الإشعاعية، ويمثل الإحداثي الصادي (العمودي) الخطر الإشعاعي، والخط البياني -سواء كان مستقيما أم منحنيا- يبين العلاقة بين الخطر والجرعة الإشعاعية.

تستخدم في الحماية من الإشعاع الذري -لأغراض السلامة- فرضية العلاقة الطردية التي تعد أن الخطر الإشعاعي يزداد طرديا مع مقدار الجرعة، أي إن مضاعفة الجرعة تضاعف من احتمال حدوث مرض السرطان، ومضاعفة الجرعة ثلاث مرات تزيد الاحتمال ثلاث مرات، وهلم جرّا (انظر الخط المستقيم أ في الشكل (7 - 3)). وهذه العلاقة هي التي توصي بها الهيئة الدولية للحماية الإشعاعية حتى نكون أكثر أمانا في الحماية من الإشعاع. ولكن الهيئة تعتقد أن العلاقة خطية تربيعية ، فعند الجرعات المنخفضة تكون الزيادة في الخطورة قليلة، ولكن مع ازدياد الجرعة تكون الزيادة في الخطورة أكبر (انظر المنحنى ب في الشكل (7 - 3)). وهذه العلاقة تعضدها التجارب التي أجريت على النبات وعلى الحيوانات الصغيرة، وكذلك الدراسات النظرية.

ويذهب بعض العلماء خطوة أبعد من ذلك، بافتراض أنه لا خطورة البتة عند الجرعات المنخفضة، أما إذا ازدادت الجرعة عن حد معين أو عتبة فإنها تصبح خطرة، وتزداد هذه الخطورة مع ازدياد الجرعة (انظر المنحنى ج في الشكل (7 - 3)). ومؤيدو هذه النظرية يعتقدون أن أنسجة الجسم وخلاياه وجزيئاته لها القدرة على الإصلاح، ويقولون إنه لولا قدرة الجسم على التخلص من الخلايا السرطانية المفردة التي تتكون في الجسم بالمئات في الأوقات جميعها، لأصبنا جميعا بأمراض السرطان عاجلا أو آجلا، لأن هناك العديد من المسرطنات في الحياة. وهناك مجموعة قليلة

من الباحثين الذين يعتقدون أن الخطورة تزداد عند الجرعات المنخفضة ثم تقل زيادتها مع ازدياد الجرعة، وتسمى هذه العلاقة فوق الخطية (انظر المنحنى د في الشكل(7 - 3))، ولكن من الصعب تعضيد هذه الفرضية.

الفرضية الخامسة التي تقول بالفائدة الصحية للجرعات الإشعاعية المنخفضة وتشير إلى ظاهرة مشاهدة في كثير من المواد، حيث إن الكميات الكبيرة منها سام، في حين أن قليلاً منها مفيد مثل الليثيوم والكادميوم والسلينيوم -سامة وقاتلة عندما تؤخذ بجرعات كبيرة-، ولكن الجسم يحتاج كميات قليلة منها لنبقى أصحاء، وكذا الحال بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية الصادرة من الشمس تحرق الجلد، ولكن صحتنا تعتل إذا لم نتعرض لأشعة الشمس بتاتا. وهذا ينطبق أيضا على الأدوية التي تؤدي إلى الهلاك إذا أخذت بجرعات كبيرة، ومؤيدو هذه الفرضية يعتقدون أن هذا ينطبق أيضا على الإشعاع الذري (انظر المنحنى هـ في الشكل (7 - 3)) (8).



شكل (7 - 3) فرضيات العلاقة بين الجرعات الإشعاعية المنخفضة وخطرها المحتمل. (أ) العلاقة طردية بين الجرعة والخطر. (ب) العلاقة خطية - تربيعية. (ج) علاقة العتبة الآمنة. (د) العلاقة فوق الخطية. (هـ) علاقة الفائدة الصحية للجرعات الإشعاعية المنخفضة (8).

obeikandl.com

7 - 6 العوامل الأخرى المؤثرة على تسبب الرادون في الإصابة بمرض سرطان الرئة

مرض سرطان الرئة أنواع، تصنف حسب نوع الخلايا التي يحدث فيها، كما أنه يقع في المناطق المختلفة من الرئة، وقد كان العلماء يأملون في تمييز مرض سرطان الرئة الذي يحدثه التعرض للرادون عن أمراض سرطان الرئة الذي تحدثها المسرطنات الأخرى، وبخاصة التدخين، لأن ذلك يسهل تحديد المسبب بمعرفة نوع مرض السرطان، ولكن العلماء لم يجدوا ما يثبت ذلك، إلا أنهم وجدوا أن مرض سرطان الرئة في عمال مناجم اليورانيوم، لا يشمل عادة الأنسجة الرئوية العميقة، بل يغلب أن يكون في القنوات الرئوية الرئيسة.

ويمكن للإشعاع من حيث المبدأ التفاعل مع الكيميائيات الأخرى ومع العوامل الأحيائية مؤدياً إلى زيادة معدلات حدوث مرض السرطان، وهذا من الموضوعات المهمة، خاصة وأن الإشعاع موجود في جميع الأمكنة والأزمنة، ولأن هناك العديد من العوامل في حياتنا العصرية يمكنها التفاعل مع الإشعاع.

لقد أجرت اللجنة العلمية للأمم المتحدة المختصة بتأثيرات الإشعاع الذري «اليونسير»:

(UnitedNation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)

تحليل أولي للمعلومات عن العديد من هذه العوامل وخرجت بشكوك عدة، ولكن هناك أدلة قوية على عامل واحد ألا وهو دخان التبغ حيث يبدو أن مرض سرطان الرئة يظهر في المدخنين من عمال المناجم أسرع من غيرهم (52)، أي إن احتمال إصابة المدخنين من عمال المناجم يساوي حاصل ضرب تأثير الدخان والرادون تقريباً، وليس مجموع التأثيرين، إلا أن معلومات أحدث تشير إلى خلاف ذلك (8). ومن المعلوم أن الخطر النسبي للإصابة بمرض سرطان الرئة بين المدخنين تبلغ أضعاف خطر إصابة غير المدخنين (8) ذلك لأن التدخين هو السبب الرئيس للإصابة بهذا المرض.

obeikandl.com

يبدو أن مدة الكمون بين التعرض للرادون وظهور مرض سرطان الرئة تتناسب عكسياً مع العمر عند التعرض الأول للإشعاع، كما تتناسب طردياً ومقدار التدخين، وعلى التعرض التراكمي. أو بعبارة أخرى، إن أقصر مدة لظهور مرض سرطان الرئة وجدت فيمن بدأ العمل في عمر كبير، ومن يدخن بشراهة، ومن تعرض لجرع إشعاعية كبيرة. ومدة الكمون تتراوح بين 7 و50 سنة، وبمعدل عام يتراوح بين 20 و30 سنة (7).

7 - 7 تأثير غاز الرادون على عموم الناس

لقد حاول العلماء استنباط تأثير غاز الرادون وولائده على ساكني البيوت انطلاقا من الدراسات حول تأثير الغاز على عمال المناجم، وخصوصاً بعد اكتشاف غاز الرادون بتركيز مرتفع في عدد من المساكن. وقد جاءت النتائج الأولى متضاربة، فقد وجد انخفاض في حالات مرض سرطان الرئة في مساكن المناطق ذات تركيز مرتفع لغاز الرادون مقارنة بالمساكن ذات التركيز المنخفض، في حين وجد العكس في حالات أخرى (52)، وفي عدد من الدراسات الحديثة كانت هناك مؤشرات بوجود علاقة طردية بين الإصابة بمرض سرطان الرئة وتركيز غاز الرادون في المساكن (8، 22، 51، 53)، وقد شملت إحدى هذه الدراسات 11 مجموعة من عمال المناجم الذين تعرضوا لغاز الرادون تضم 56000 رجل، حدث بينهم أكثر من 2700 وفاة بمرض سرطان الرئة، وحاولت أن تستنتج الخطر النسبي للرادون (انظر فصل 8) فوجدت أن العلاقة طردية، مما يوحي بأن رادون المساكن يحمل بعض المخاطر، ووجدت أن خطر الإصابة بمرض سرطان الرئة بين غير المدخنين يبلغ ثلاثة أضعاف الخطر بين المدخنين، وهذا مخالف لما أشارت إليه اليونسير من أن مرض سرطان الرئة يظهر في المدخنين من عمال المناجم أسرع من غيرهم (انظر باب (7 - 5))، وفي هذه الدراسة تم الاستنتاج بأن نحو 40% من جميع أنواع الإصابة بمرض سرطان الرئة بين عمال المناجم قد يكون سببه ولائد الرادون: 70% منها بين غير المدخنين و39% بين المدخنين (51). والتعليل الذي وضع لذلك هو أن ترسب الدخان ومشتقاته على القنوات الهوائية وأجزاء الرئتين يعرقل اختراق جسيمات ألفا التي تطلقها ولائد غاز

الرادون في الرئتين للوصول إلى الخلايا الرئوية.و نظرا لكون التدخين هو المتسبب الرئيس لهذا المرض فإن الخطر الكلي لإصابة المدخنين به تفوق خطر إصابة غير المدخنين (52 ، 8).

وفي دراسة ثانية ذكر الباحثون في البداية أن التعرض للتركيز المرتفع من ولائد الرادون يولد مرض سرطان الرئة في كل من عمال المناجم الذين يعملون تحت الأرض، وفي الحيوانات المخبرية المعرضة تجريبيا للرادون. ولتحديد الخطر الذي يشكله التعرض للرادون في المساكن قام الباحثون بدراسة الإصابة بمرض سرطان الرئة بين النساء بمنطقة أيوا في أمريكة وحساب الزيادات الشاذة في حدوث السرطان لكل 11 سوية عمل شهرية من التعرض الذي حدث بعد 5 - 19 سنة من السكنى قبل تشخيص مرض سرطان الرئة فيهن، وقد شملت الدراسة 413 حالة سرطان وأخذ في الاعتبار العمر والتدخين والثقافة، واستمرت الدراسة في المدة بين عامي 1993 و1997م. ومن المفيد الإشارة إلى أن جرعة 11 سوية عمل شهرية تساوي معدل الجرعة التي يتعرض لها السكان أثناء هذه المدة إذا كان تركيز غاز الرادون في المساكن 150 بيكريل/م^3 تقريباً. وقد أوحت الدراسة إلى وجود علاقة ملحوظة بين تراكم جرعة الرادون في المساكن والإصابة بمرض سرطان الرئة (51).

واستنتج الباحثون في دراسة ثالثة (21) أن تقدير حدوث مرض سرطان الرئة في أمريكة والمستنبطة من نتائج دراسات عمال المناجم، تتراوح بين 6000 و36000 حالة هلاك بمرض سرطان الرئة سنوياً، ولكن نظراً للاختلاف بين العمل في المناجم تحت الأرض والسكن في البيوت فإن التقديرات السالفة الذكر عرضة لكثير من الريب[1]، لهذا السبب قام الباحثون بدراستهم هذه لغرض الحصول على معلومات إضافية عن خطر حدوث الإصابة بمرض سرطان الرئة بسبب الرادون في المساكن وشمل البحث ثمان دراسات متوافرة تشمل 4263 حالة سرطان رئة و6612 من الأصحاء ووجدوا أن تقدير الخطر النسبي هو 1,14 لتركيز رادون مقداره 70 بيكريل/م^3. وأشارت الدراسة

(1) يتعرض عمال المناجم تحت الأرض لمعدلات مرتفعة من الجرع الإشعاعية كما يتعرضون لمسرطنات ومثيرات رئوية أخرى مثل الزرنيخ والسلكا، بالإضافة إلى أن نسبة مرتفعة منهم كانوا مدخنين.

obeikandl.com

إلى أن خطر الرادون في المساكن لا يتوقع أن يزيد كثيراً عن التقديرات المستنبطة من عمال المناجم، كما أشارت إلى أن السبب المحتمل لتقارير بعض الدراسات البيئية بوجود انخفاض في حدوث مرض سرطان الرئة مع زيادة التعرض للرادون في المساكن يعود إلى خطأ في تحديد النموذج الرياضي أو لاختلاف غير متحكم به، لذا يمكن إهمال تلك النتائج (25). لقد أشار بعض الباحثين إلى إمكانية تسبب غاز الرادون في حدوث سرطان المعدة وخلايا الدم البيضاء (اللوكيميا)، وهذا لم يثبت نظراً لأن الجرعة الإشعاعية للأنسجة غير الجهاز الرئوي تبلغ واحدا بالمئة تقريباً من جرعة ظهارة الشعيبات القصبية، لذا يمكن إهمال هذه المخاطر (39)، ويبقى مرض سرطان الرئة هو الخطر الرئيس للتعرض لغاز الرادون وولائده (25).

7 - 8 التداوي بالتعرض لغاز الرادون

يقصد آلاف من الناس كل عام ينابيع الرادون طلباً للعلاج، وهي كهوف غنية بغاز الرادون المشع، وخصوصاً كبار السن الذين يعانون من الأمراض المزمنة وذلك في العديد من دول العالم مثل: ألمانية والنمسا وإيطالية واليابان وجمهورية التشيك وهنغاريا والولايات المتحدة الأمريكية (27، 55). وهذا النوع من العناية الصحية مقبول في بعض دول العالم، ومن المراكز المشهورة منجم دوك في ألمانية وقصر الراديوم في جمهورية التشيك وينبوع الرادون في مدينة مياسا اليابانية ومناجم الرادون الصحية الستة في جبال مونتانا بالولايات المتحدة الأمريكية.

إن التداوي بالرادون قديم قبل أن يكتشف هذا الغاز، ويذكر أن في مياه إحدى الجزر الإيطالية مستويات مرتفعة من غاز الرادون المذاب، وذلك لأن الجزيرة مكونة من الصخور البركانية، وقد سكنها اليونانيون قبل نحو 2500 سنة، وكانت هذه الجزيرة تستخدم على نطاق واسع للاستطباب.

وأول وثيقة مكتوبة اكتشفت عن التأثيرات الصحية المفيدة لهذه المياه يعود لعام 1559م، وكان عنوانها (العلاج الطبيعي في جزيرة آزاشا)، تبعها كتاب في عام 1835م. وهناك بعض الكتب الحديثة التي تتحدث عن التداوي بالرادون، كما

عقدت مؤتمرات وطنية ودولية لهذا الغرض (55 ، 56)، ولكن لا توجد بحوث علمية منشورة في هذا الموضوع.

ويعود التداوي بالرادون في الولايات المتحدة الأمريكية إلى ما بعد اكتشاف عنصر الراديوم – 226 المشع، ولم يكن يعرف في بادئ الأمر أن التعرض للإشعاع الذري مضر لذا فقد استخدم الراديوم في علاج كثير من الأمراض ولا سيما في أوروبة، وأدى إلى كثير من الويلات (57)!

وفي عام 1915م استخدم الرادون من مصدر الراديوم في العلاج من قبل أحد الأطباء الأمريكيين. أما استخدام ينابيع الرادون للصحة فيعود لعام 1951م عندما اكتشف عامل مناجم أثرا من عنصر اليورانيوم في منجم للذهب قديم يقع في أرضه قريبا من مدينة بولدر بولاية كلورادوا، وفي زيارة إحدى زوجات مهندسي المنجم لزوجها في العمل، وكانت تعاني من التهاب الأوتار، شعرت بتحسن كبير في صحتها من هذه الزيارة، وانتشر هذا الخبر بسرعة، وقام صاحب المنجم بإيقاف التنقيب عن اليورانيوم في منجمه وبيع التداوي بالرادون بدلاً عن ذلك (55). وبحلول عام 1952م قصد آلاف الأشخاص الذين يعانون من التهابات المفاصل وتآكلها وأمراض العمود الفقري وغيرها إلى منجم لأحد المؤسسات الأمريكية للتداوي (55).

وفي ينابيع الرادون الأربعة عشرة في كل من ألمانية والنمسا يتداوى سنوياً نحو 75000 شخص، أما في الاتحاد السوفيتي سابقا فيقدر المتداوون حتى الآن بالملايين، وقد استخدم في علاج القطط والكلاب المسنة أيضا (55).

ويكون التداوي بالرادون إما بالاستنشاق أو بالاستحمام بالماء ذي المستويات المرتفعة من الرادون المذاب، الذي يصل تركيز الرادون فيه حتى 130 مليون بيكريل/م^3.

أما تركيز غاز الرادون في ينابيع الرادون أو ما يسمى بكهوف التداوي في دولة المجر فتتراوح بين 1000 و22000 بيكريل/م^3. ويقضي المريض ثلاثين ساعة علاج عادة في الكهف بمعدل زيارتين إلى ثلاث زيارات في اليوم يقضي فيها ثلاث ساعات. وتقدر الجرعة الإشعاعية السنوية المؤثرة التي يتعرض لها المتداوون من 0,1 و3 ملي سيفرت.

أما المشرفون على هذه الينابيع فقد يصل تعرضهم إلى مئة ملي سيفرت في السنة. وجرعة الجلد للمتداويين عن طريق الاستحمام بالماء المشبع بالرادون تتراوح من 1 إلى 3 ملي سيفرت، وجرعة الرئة من استنشاق غاز الرادون هي واحد ملي سيفرت، وجرعة المعدة 0,1 ملي سيفرت (56). وللعلم فإن معدل الجرعة السنوية المؤثرة للإنسان من الإشعاع الطبيعي تقدر نحو 2,4 ملي سيفرت (56). ومن المفيد الإشارة هنا إلى أن الحدود الأخيرة للتعرض الإشعاعي للعاملين في مجال الإشعاع هو 20 ملي سيفرت في السنة، ولعموم الناس هو 1 ملي سيفرت (انظر ملحق (2)) (58).

والتفسير الذي يضعه المدافعون عن التداوي بالرادون هو أن الجرعات الإشعاعية المنخفضة تحفز خلايا الجسم على عملية الإصلاح وتزيد من مناعة الجسم، كما تحفز الغدد الصماء على الإفراز مما يزيد من نشاط أعضاء الجسم التي تستقبلها عن طريق الدم (55، 56، 59 - 61)، (انظر المنحنى هـ في شكل (7 - 3)).

إن هذا النوع من العلاج مخالف بل ومضاد لما عليه العلماء من أن التعرض للإشعاع الذري يحمل بعض الأخطار الصحية، وهو من مسببات حدوث الأمراض السرطانية، وأن الضرر الإشعاعي يتناسب طردياً مع الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان، والإشكال بالنسبة للتداوي بالرادون أنه غير موثق وليس له سند علمي ثابت (62) بل إن جله مبني على الروايات المتداولة، وقد يكون من العلاج الوهمي المبني على اعتقاد بعض الناس بفائدته[1].

(1) نشرت مجلة المجتمع الكويتية في عددها رقم 1709 وتاريخ 13 - 6 - 1427هـ موجزاً عن بحث أمريكي يثبت أن العلاج الوهمي يؤثر على الجسم وإفرازاته وليس فقط على الحالة النفسية للمريض.

obeikandl.com