بِسْمِ اللهِ ْ ِ ْلرَّحْ مَ نِ ْلرَّحِيمِ

جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا

كلية العلوم _قسم الفيزياء

مشروع تخرج بعنوان:

الإشعاعات المؤينة وإستخدام كاميرا جاما في التصوير

إعداد الطالبان :

لقمان عبدالإله إبراهيم طه

الصديق حسن الصديق فضل المولى

إشراف:

البرفيسور: أحمد الحسن الفكي

سبتمبر 2016

الفهرس

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
1	الأية	I
2	الإهداء	II
3	الشكر والعرفان	III
	الفصل الأول **خطة البحث**	1
1.1	المقدمة	2
1.2	مشكلة البحث	3
1.3	أهداف البحث	3
1.4	فرضيات البحث	3
1.5	أسئلة البحث	4
1.6	أهمية البحث	4
1.7	الطريقة المتبعة في البحث	5
1.8	ترتيب الفصول	5
	الفصل الثاني **الإشعاعات المؤينة**	7
2.1	الإشعاع المؤين	8
2.2	تفاعل الإشعاع مع المادة واجهزة الكشف عنه	9
2.3	الكشف عن الإشعاعات المؤينة	11
2.4	النشاط الإشعاعي	12
2.5	أشعة جاما	13
2.6	مصادر الإشعاع	13
2.7	الجرعات	15
2.8	تحديد الجرعات	16
2.9	أثر الإشعاعات على جسم الإنسان	17
2.10	تفاعل الإشعاع مع الخلايا	17
2.11	العمليات التي تقود إلى التلف الإشعاعي	18

2.12	تأثير الإشعاع على الإنسان	20
2.13	تأثير الإشعاع على جسم الإنسان	21
	الفصل الثالث **تطبيقات الإشعاعات المؤينة**	24
3.1	مقدمة	25
3.2	تطبيقات الإشعاعات والنظائر المشعة في الطب	25
3.3	تطبيقات الإشعاعات المؤينة في الزراعة والأغذية	26
3.4	تطبيقات الإشعاعات والنظائر المشعة في الصناعة	27
3.5	بعض الإستخدامات التطبيقية الأخرى للإشعاع	27
3.6	تطبيقات أشعة جاما	28
	الفصل الرابع **التصوير بكاميرا جاما**	29
4.1	التشخيص بالطب النووي	30
4.2	التقنيات العلمية لطرق التصوير النووي	31
4.3	مخاطر التصوير النووي	32
4.4	عيوب التصوير النووي	32
4.5	التصوير بكاميرا جاما	33
4.6	مكونات كاميرا جاما	34
4.7	نتائج الفحص بالجاما كاميرا	39
4.8	انواع المعاييرالازمة قبل إستخدام كاميرا جاما	39
4.9	الأعراض الجانبية الناتجة من التشخيص	40
4.10	الفترة الزمنية المستخدمة في التصوير	40
4.11	المادة المشعة المستخدمة	41
4.12	طريقة إعطاء المادة المشعة للمريض	41
4.13	المرضى الذين يستطيعون التشخيص	41
4.14	تأثير التشخيص على المريض	41
4.15	المناقشة	43
4.16	التوصيات	43
4.17	الخاتمة	44
4.18	الملاحق	45
4.19	المراجع	48

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الأية

قال تعالى:

وَأَيُّوبَ إِذْ نَادَىٰ رَبَّهُ أَنِّي مَسَّنِيَ الضُّرُّ وَأَنتَ أَرْحَمُ الرَّاحِمِينَ))

سُورَةُ الأَنبِيَاءِ
الأية (83)

إهـــداء

إلى من سهرت الليالي وغرست الحب والحنان في فؤادي إلى من هي العطاء الذي يفيض بلا حدود

رمز يجسد الكفاح والخلود

أمي العزيزة متعها الله بالصحة والعافية

إلى من سعى وشقى لكي أنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشئ من اجل دفعي إلى طريق النجاح الذي ساعدني أن ارتقي سلم النجاح بحكمة وصبر

أبي العزيز

إلى الذين احبهم ومن اجلهم تهون الصعاب وبقربهم تهون الصعاب وبقربهم تكتمل السعادة

أخوانى وأخواتى

إلى أصدقائي الذين أحبهم كانو معي وسيظلون فى الذاكرة طوال العمر

زملاء الدراسة

إلى كل من علمنى حرفا من ذهب وكلمات من درر وعبارات أسمى في العلم لمن صاقو لنا علمهم حروفا ومن فكرهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح

أساتذتى الاجلاء

إلى الذي سعى وأجتهد معي في هذا البحث صديقي و أخي الذي لم تنجبه أمي **الصديق حسن**

شكر وعرفان

ولو أني أتيت كل بلاغة * وأفنيت بحر النطق في النظم والنثر**

لما كنت بعد القول إلا مقصرا * ومعترفا بالعجز عن واجب الشكر**

الشكرلله عز وجل على توفيقه والشكر موصول إلى جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا كلية العلوم _ قسم الفيزياء .

وأخص بالشكل كل أساتذة قسمالفيزياء على كل ما قدموه لنا من علم ومعرفة ، والشكر أجزله للبروفيسور أحمد الحسن الفكي .

كما لا يفوتني أن شكر أسرة مر كز النيلين الطبي للتشخيص على كل ما قدموه لنخرج هذا البحث بهذا الشكل .

والشكر موصول أيضا لكل من ساعدنا وساهم معنا في هذا المشروع .

الفصل الأول

خطـــة البـحـث

الفصل الأول

خطة البحث

(1.1) المقدمة

التصوير النووي هو من أهم تطبيقات النشاط الإشعاعي في الطب النووي و يختلف التصوير بالأشعة النووية بإختلاف العضو المراد تشخيصه و الهدف الاساسي من التصوير هو الحصول على صورة لتوزيع المواد المشعة في الجسم و ذلك بعد حقنها في الجسم وريديا أو عن طريق البلع.

يكمن الفرق الأساسي بين مختلف أنماطر التصوير بالأشعة النووية في نوع المادة المستخدمة و في طريقة إعطائها للمريض و تصدر المادة أشعة ضعيفة يتم إلتقاطها بواسطة أجهزة خاصة كما أن هناك عدة أنواع من الإشعاع المستخدم في التشخيص منها التشخيص بالأشعة السينية و التشخيص بأشعة جاما.

فقد انتشر إستخدام الإشعاعات المؤينة في العديد من المجالات الصناعية والطبية والزراعية وغيرها ورغم الفوائد الجمه لهذه الإشعاعات إلا انها قد تسبب اضرار وخيمة على الإنسان والبئة ، وإذا لم يتم التعامل معها بحرص شديد وبطرق آمنه ، وقد تتفوق الفوائد والمنافع كثيرا على الاضرار بالنسبه للمجتمع ككل ،واحيانا قد تتفوق الأضرار على الفوائد في حال الإستخدام غير الآمن لهذه الإشعاعات .

اما بالنسبة للعاملين بالإشعاعات فإنهم معرضون للضرر اكثر من غيرهم إلا انه يمكن خفض الضرر على هؤلاء العاملين المهنيين بالإشعاعات المؤينة الى حدود معينة عند تعرضهم على هذه الإشعاعات ، حتى ولو كان هؤلاء العاملون غير المختصين في مجال التقنيات والعلوم النووية .

وسنتناول في ايضا هذا البحث تطبيقات الاشعة المؤينة عموما والتشخيص بأشعة جاما وفيها نستخدم التصوير بكاميرا جاما ، وهي عبارة عن جهاز إلكتروني يستخدم في التشخيص الطبي ، وتقوم كاميرا جاما بإلتقاط اشعة جاما الصادرة من اللعضو المراد تشخيصه بعد حقنه بالمركب المشع على حسب نوع المركب والعضو المستهدف ، كما سنتناول بالدراسة والتجربة العملية الآثار الجانبية للتصويرالنووي للإنسان بواسطة كامير جاما ، ويمكن ان نتعرض للمشاكل التي تحدث نتيجة التشخيص والذي قد تؤثر بصوره عامه على المرأه الحامل وجنينها احيانا ، وقد تظهر بعض الآثار تختلف بإختلاف الجنس والعمر وعوامل اخرى سوف نتعرض لها جوانب هذا البحث .

(1.2) مشكلة البحث

تتمثل مشكلة هذا البحث في الاضرار الناتجة من التعرض للإشاعاعات المؤينة من تشوهات خلقية وطفرات جينية ، والأضرار الناتجة من التصوير النووي للإنسان بواسطة كاميرا جاما على فئات مختلفة من العمر والجنس والبئه المحيطة .

(1.3) أهداف البحث

معرفة طرق كيفية الوقاية من الإشعاعات المؤينة وتقليل الضرر الناتج من الإشعاع ، ومعرفة ما إذا كان التشخيص الطبي بكاميرا جاما له آثار جانبية ، وتطوير مجال الفيزياء الطبية والتشخيص الطبي وتفادي هذه الآثار .

(1.4) فرضيات البحث

يفترض في هذا البحث معرفة كيفية الوقاية من الاشعاع وتفادي الاخطار الناتجة من الاشعاعات المؤينة ، ومعرفة كافة تطبيقات الإشعاع المؤين وبعض تطبيقات اشعة جاما ، ويفترض ايضا ان التصوير بكاميرا جاما ليست له اضرار جانبيه خطيره ولكن قد تؤثر بصورة عامة على المرأه الحامل وجنينها واحيانا قد تظهر الحكة وفقدان الشهية بالطبع هذه تختلف بإختلاف الجنس والعمر .

(1.5) أسئلة البحث

- ما هو الإشعاع المؤين ؟
- ما هي اقسام الإشعاع المؤين ؟
- كيف يتم الكشف عن الإشعاعات المؤينة ؟
- ما هي مصادر الإشعاع ؟
- ما هي تطبيقات الإشعاعات المؤينة ؟
- ما هي الأضرار الناتجة من التصوير النووي بواسطة كاميرا جاما ؟
- ما هي الفترة الزمنية القصوى المسموح بها حتى يتم تصوير المريض للمره الثانية مرة اخرى ؟
- ما هي انواع المركبات المشعة المستخدمة في هذا النوع من التصوير ؟
- كيف يتم إختيارها ؟

- ❖ كيف يتم إعطائها للمريض ؟
- ❖ هل يستطيع اي مريض اخذ صورة ؟

(1.6) أهمية البحث

تتلخص اهميه البحث في وضع ضوابط يتم اتخاذها لسلامة الاشخاص من التعرض للاشعاع وكيفية تقسيم زمن التعرض للاشعاع بحيث انه لا يتعدي الجرعة المسموح بها ومعرفة الاثار المترتبة من الاشعاع ،ومعرفة تطبيقات الاشعاعات المؤينة واجزائها كما يهتم البحث في وضع ضوابط يتم اتخاذها لسلامة المريض وتحديد الاشخاص المراد تشخيصهم وقبل التصوير يتعين علينا التطرق للمشاكل التي تحدث نتيجة للتشخيص بالكاميرا جاما .

(1.7) الطريقة المتبعة في البحث

إتبعنا في هذا البحث الطريقة الوصفية من حيث الهيكل الإساسي للبحث التي تم شرحها بواسطة مشرف البحث وفي الجانب العملي إتبعنا الطريقة التحليلية المكونة من عدد من المرضى في فئات عمرية محددة بحسب الطبيب الأخصائي المختص بهذا التشخيص الذي قام بالإجابة على جميع أسئلة البحث من واقع خبرته العملية .

(1.8) ترتيب فصول البحث

لقد تم ترتيب فصول البحث وتقسيمه إلى أربعة فصول وشمل الفصل الأول الخطة المتبعة في البحث من مقدمة البحث ومشكلة البحث **و**أهداف البحث **و**فرضيات البحث وأسئلة البحث وأهمية البحث والطريقة المتبعة في البحث .

اما في الفصل الثاني تحدثنا عن الإشعاع المؤين وتفاعل الإشعاع مع المادة وأجهزة الكشف عنه ، والكشف عن الإشعاعات المؤينة وقياسها وتحدثنا ايضا عن النشاط الإشعاعي وأشعة

جاما ومصادر الإشعاع والجرعات (الممتصة والمسموح بها الجرعة الفعالة ...الخ) وعن اثر الإشعاعات النووية علي جسم الإنسان وعن مرض السرطان .

اما في الفصل الثالث تحدثنا عن تطبيقات الإشعاع المؤين ، تطبيقات الإشعاع المؤين في الطب ، و إستخدام الإشعاعات و النظائر المشعة في الزراعة و الصناعة وبعض الإستخدامات التطبيقية الأخرى و تطبيقات أشعة جاما.

واخيرا الفصل الرابع شمل مقدمة عن التشحيص بالطب النووي البحث والتصوير بالأشعة النووية وطرق التصوير النووي وفوائده ومخاطره و عيوبه الإشعاعية وكاميرا جاما والمصادر المشعة ومكونات كاميرا جاما و نتائج الفحص بالجاما كاميرا أنواع المعايرات المختلفة اللازمة قبل إستخدام الجاما كاميرا والأعراض الجانبية الناتجة من التشخيص بكاميرا جاما والفترة الزمنية المستخدمةفي التصوير والمادة المستخدمة وطريقة إعطائها للمريض والمرضى اللذين يستطيعون التشخيص وتأثير التشخيص وعمر المريض على المريض وتصنيف المناطق حسب معدل الجرعة وفترة الإقامة ومناقشة البحث والتوصيات والخاتمة والملاحق وأخيرا المراجع

الفصل الثاني

الإشعاعات المؤينة

الفصل الثاني

الإشعاعات المؤينة

(2.1) الاشعاع المؤين:-

الاشعة المؤينة عبارة عن حزمة من الجسيمات السريعة او الموجات الكهرومناطيسية تنشأ من مصدرين اساسين ، الاول ناتج عن تحلل نوي العناصر غير المستقرة فتنبعث جسيمات سريعة غالبا تصاحبها اشعة جاما ،المصدر الثاني ينتج من إنتقال الالكترونات من مستوى طاقة أعلى الى مستوى طاقة منخفض فتنبعث موجات كهرومغناطيسية خارج الذرة ، فإذا إمتلك الإشعاع طاقة كافية فأنه سوف يتمكن من إزاحة الكترون سالب ذرات الوسط التي يصطدمها فتتحول الذرة الى ايون موجب وتسمي هذه العملية "بعملية التأين" ويطلق علي الإلكترون السالب والايون الموجب إسم "الزوج الإلكتروني".

وتسمى جميع الأشعة ذات الطول الموجي الأقل من الاشعة فوق البنفسجية المرئية وكذلك الأشعة الجسيمية بالأشعة المؤينة ، حيث أن اختراقها لأي جسم يترك كمية من الطاقة تودي إلى تأينه ، أي تحول ذراته إلى أيونات نتيجة لفقدها بعض إلكتروناتها.

تنقسم الأشعة المؤينة إلى نوعان ، النوع الاول يمثل حزمة من الجسيمات ، وهو على علي نوعين ،وتمثل الجسيمات المشحونه كجسيمات بيتا والبزترونات والبروترنات ودقايق الفا والباي والميزون ، وجميعها تستطيع ان تؤين المادة بشكل مباشر عن طريق التصادم اذا كانت طاقتها كافية لذا تسمي حزمة هذه الجسيمات بالأشعة المؤينة المباشرة والمقصود بتأين المادة هو تكوين مجموعة كبيرة من الايونات بداخلها أما النوع الثاني من الجسيمات فيمثل الجسيمات غير المشحونة مثل النيوترونات ،التي عند اصطدامها مع ذرات الوسط يصدر عنها جسيمات

ثانوية مشحونة كالبروتونات التي تستطيع هي أن تؤين ذرات المادة عن تصادمها معها لذا تسمى حزمة النيوترونات بالأشعة المؤينة غير المباشرة أما النوع الثاني من الاشعاع المؤين فيمثل الموجات الكهرومغناطسية كالأشعة السينية واشعة جاما التي تتكون من الفوتونات التي لاتملك كتلة او شحنة وهي لا تستطيع ان تؤين المادة بصورة مباشرة عند التصادم بل تقوم بتوليد جسيمات ثانوية مشحونة الإلكترونات التي تقوم بتأين ذرات الوسط عن طريق التصادم معها لذا تسمي حزمة الموجات الكهرومغناطيسية بالإشعاعات المؤينه غير المباشرة.

جميع الاشعة المؤينة ضارة بالجسم البشري لذلك يجب معرفة كشف وقياس شدة الأشعة المؤينة والتعرف علي الأجهزة المستخدمة في ذلك وكذلك الوحدات التي تقاس بها هذه الأشعة .

(2.2) تفاعل الإشعاع مع المادة

يصنف الاشعاع النووي للمجاميع التاليه:

أ- الجسيمات المشحونة كهربيا.

ب- اشعة جاما.

ت- جسيمات غير مشحونة كهربيا.

الإشعاع يتفاعل مع المادة بطرق مختلفة بناءا علي خواصه فجسيمات ألفا وبيتا والبروتونات والأيونات الثقيلة هي جسيمات مشحونة كهربيا وتتفاعل مع المادة محدثه تأينا فيها.

يحدث التأين نتيجة المجال الكهربي الذي يحيط بالجسم المشحون وليس نتيجة الاصطدام المباشر مع الذرة الجسيمات المشحونة تتفاعل مع غلاف الذرة الخارجي وهي تتفاعل مع النواة في الحالات التي تمتلك فيها طاقة عالية فقط في كل عملية تأين تخسر جسيمات ألفا وبيتا والبرتونات والأيونات الثقيلة جزء من طاقتها وتتحرك بعدها ببطء اكثر من السابق.

تتفاعل النيوترونات مع نوي الذرات محدثة ثلاثه انواع من التفاعلات التفاعلات المرنة وهي التي تتسبب في انحراف النيوترونات وعدم تهيج نواة الذرة التفاعلات غير المرنة وفيها تمتص نواة الذرة جزءا من طاقة النيوترونات

(2.2.1) التأثير الكهروضوئي:

وهو عبارة عن امتصاص الذرة لأشعة جاما مع إنبعاث واحد من الالكترونات الذريه فجزء من طاقة جاما يبذل لخلع الإلكترون من مداره وباقي الطاقة يعطي للالكترون كطاقة حركية وطاقة ربط الالكترونات وهي (0.51Mev) وتكون الذرة بعد طرد الالكترون مستثاره وفقد الطاقة يصحبه انتقالات إلكترونية وإنبعاث أشعة X Ray هذه الظاهرة تتم فقط في الذرة وليس مع الالكترون الحر وذلك بسبب قوانين انحفاظ الطاقة وكمية الحركة.

(2.2.2) تأثير كومبتون:

تتميز اشعة جاما المتوسطة الطاقة بنوع من التفاعلات يسمى باستطارة كومبتون ويمثل اهمذة الأدله علي الطبيعة الكمية للضوء عند الاصطدام مع الذرة تنقل اشعة جاما جزءا من طاقتها الى الالكترون المنبعث بينما تستمر علي السير ولكن تغيير في الاتجاه والتردد أما اشعة جاما ذات الطاقة العالية وعند اصطدامها مع نواة الذرة يتكون جسيمان إلكترون وبوزيترون.

(2.2.3) إنتاج الزوج:

اذا كانت طاقة الفوتون أعلى من 1.022Mev فانه عندد سقوط هذا الفوتون في المجال الكهربي لنواة الذرة يمكن ان يفني هذا الفوتون ويتكون بدلا منه زوج مكون من الكترون وبوزيترون وتعرف هذه العملية بإنتاج الزوج

(2.3) الكشف عن الإشعاعات المؤينه وقياسها

تختلف وسائل تسجيل الأشعاعات المؤينة وتقدير شدتها وخصايصها إختلافا كبيرا من ناحية التصميم والتعقيد والدقة ومنها .

1. التسجيل الفوتوغرافي للإشعاعات:

تؤثر الاشعاعات المختلفة علي بعض الأنواع من الألواح الفوتوغرافية الحساسة مثل تأثير الضوء علي افلام التصوير العادية وتستخدم هذه الخاصية بكثره في قياس تعرض الأشخاص للإشعاعات وخاصة العاملين في المؤسسات النووية وتتلخص هذه الطريقة في إعداد لوح حساس صغير مغلف بمادة عازلة للضوء وموضوع في إطار من البلاستيك يعلق علي الصدر وبعد فتره محدده من الزمن يظهر هذا اللوح الحساس ويقارن بالواح قياسيه مماثلة ومن هذه المقارنة تحدد الجرعة الاشعاعية التي يتعرض لها الفرد من الممكن إستخدام مرشحات خاصه مع اللوح الحساس لتمييز الأنواع المختلفة من الإشعاعات المؤينة التي أثرت في اللوح الحساس وطاقة كل منها.

2. عداد جايجرGeiger Counter:

وهو جهاز يعتمد علي قدرة الاشعة المؤينة علي تأين الغازات ويتكون الجزء الرئيسي لهذا الجهاز من انبوبة تعرف بانبوبة جايجر – مولر نسبه الى مخترعها وهي عبارة عن انبوبة محكمة الغلق مملؤه بغاز خامل مثل الارجون ولها طرفان مثل لمبة الكهرباء العادية يتم توصيلها بطرفي دائره كهربائية بها فرق جهد كهربي وعند مرور الأشعه خلال الأنبوبة يتأين الغاز بها وتتحول ذراته إلى الاتحاد مع الالكترونات مره اخري ولكن في حاله وجود فرق الجهد الكهربي تتجه الأيونات الموجبة إلي الطرف الكهربي السالب وتتجه الإلكترونات إلي الطرف الكهربي الموجب مسببة مرور ومضة كهربائية يمكن تسجيلها بإحدى طريقين أو

بكليهما معا إما بإطلاق ومضات صوتية متتالية يتناسب عددها مع شدة الإشعاع المسبب للومضات وتختلف عددات جايجر في تصميمها وأحجامها ودقتها إختلافا كبيرا.

3. العداد الوميضي Scintillation Counter

تتميز بعض المواد الصلبة مثل يوديد الصوديوم بأنها تشع ضوءا عن تعرضها للاشعاع المؤين وتعتمد كل أنواع العددات الومضية علي هذه الخاصية ويتكون الجزء الاساسي منها من بلورة يوديد الصوديوم موصلة دوائر كهربية بحيث يمكن تحويل الومضات الضوئية المنبعثة منها الي إشارات كهربية يتم تكبيرها ثم تسجيلها بإحدى الوسيلتين كما في عداد جايجر او بكلتا الوسيلتين معا وتختلف هذه الاجهزة في حجمها وإستعمالاتها المتعددة.

(2.4) النشاط الأشعاعي:Radioactivity

يعرف النشاط الإشعاعي بأنه قدرة بعض النظائر علي إصدار إشعاعات مؤينة بشكل تلقائي لا يمكن التحكم وهذا الإصدار يحدث عندما يحدث تحلل تلقائي لنواة النظير مع إصدار جسيمات نوويه مثل جسيمات الفا أو بيتا وقد يتبعها إشعاعات جاما وتعرف النظائر التي يحدث فيها هذا التحلل بالنظائر المشعة وقد تحدث هذه العملية في النظائر اذا كانت نقية أو تدخل ضمن مركبات كيميائية وهذه العملية مستقلة عن الظروف الطبيبعية مثل الحرارة وحالة النظير وينقسم النشاط الاشعاعي الي قسمين هما النشاط الاشعاعي الطبيعي والنشاط الاشعاعي الصناعي .

(2.4.1) النشاط الاشعاعي الطبيعي

هو قدرة النظائر الموجودة اصلا في الطبيعة علي إطلاق الإشعاعات المؤينة تلقائيا مثل الراديوم اذ يتحول الراديوم الي رادون بعد بعد اطلاقه جسيمات الفا التي نرمز لها بدلالة عنصر الهيليوم .

(2.4.2) النشاط الاشعاعي المستحث:

يضاف إلي النشاط الاشعاعي الطبيعي الذي يحدث النوى غير المستقرة إشعاعيا اخر يسمي بالنشاط المستحث

(2.5) أشعة جاما

أكتشفت بواسطة العالم الفرنسي فيلارد في العام 1990و هذه الأشعة ذات أطوال موجية قصيرة في الطيف الكهرومغناطيسي وذات الطاقة الأعلى وذلك لأنها تنتج من التصادم النووي ومن العناصر المشعة والأنوية المعجلة بطاقة عالية جدا بإستخدام المعجلات مثل السيلكترون والسنكاترون في الطبيعة تنتج أشعة جاما من الشمس نتيجة للتفاعلات النووية وتصل طاقة أشعة جاما إلي مليون الكترون فولت و كما أن العناصر المشعة مثل اليورانيوم تنتج أشعة جاما بصورة مستمرة.

تقطع أشعة جاما في الفضاء مسافات فلكية كبيرة وتمتص هذه الأشعة فقط عند إصتطدامها بالغلاف الجوي للكرة الارضية وبهذا يشكل الغلاف الجوي حماية للمخلوقات الحية من هذه الأشعة المدمرة.

(2.5.1) ما يمكن أن نراه بأشعة جاما:

إن الرؤيا بواسطة مراصد تعمل بأشعة جاما تعطينا صورة لما يحدث في أعماق المجرات والنجوم السماوية حيث يطمح علماء الفلك من دراسة طيف أشعة جاما المنبعثة من تلك الاجسام و فتح باب جديد في الفيزياء والتحقق من النظريات التي تفسر نشأة الكون .

(2.6) مصادر الاشعاع:-

(2.6.1) المصادر الطبيعية:

تمثل مجموعة الاشعاعات التي تتواجد حولنا في الطبيعة دون تدخل الانسان فيها ومن اهمها مايلي:

1. **الاشعاعات الكونية**

تمثل الجسيمات الكونية الكبيرة مثل البروتونات والميزونات التي تدخل الغلاف الجوي للارض اما الجزء الاخر فهو الجزء الثانوي الذي يتالف من الاشعاعات المتولدة من تفاعل الجزء الاساسي مع الغلاف الجوي وتعتبر المجرات والشمس المصدران الاساسيان لها حيث تمتلك الاشعاعات القادمة من المجرات طاقة هائلة تقدر بقيقا الكترون فولت اما الاشعاعات الشمسية فتكون طاقاتها في حدود الميقا الكترون فولت وما نشعر به من اشعاعات علي سطح الارض فهي من المصادر الشمسية حيث تتباين شدتها بحدود 10% من وقت لاخر

القشره الارضيه

معظم المواد المشعة الموجودة بشكل طبيعي علي سطح الارض مصدرها القشرة الارضية .

(2.6.2) المصادر الصناعية

وتتضمن كافة العناصر المشعة المنتجة من قبل الإنسان وتلك الاجهزة المولدة للإشعاع وكذلك كافة النوى المشعة الناتجة من التفجيرات النووية وما يلحقها من نواتج الوقود النووي ويمكن إدراجها في التصنيف التالي

i. **التعرض المهني:**

ويمثل التعرض لنسبة قليلة من الجمهور الذين يعملون في المجال الاشعاعي أو أن يكون موقع عملهم ضمن منشأة تتعامل مع الإشعاع حيث يتوقع ان يكون معدل التعرض لهم اكبر من الناس العاديين في المناطق الاخري.

ii. **متساقطات التفجيرات النووية**

تضيف النوي المشعة المتساقطة علي الأرض والمزارع والماء والناتجة عن التفجيرات النووية نسبة عالية من التعرض الإشعاعي لعموم الناس بمنطقة التفجير والمناطق المحيطة بها حيث لوحظ زيادة في مستويات الإشعاع في النصف العلوي من الكرة الارضية.

iii. **المفاعلات النووية ودورة الوقود النووي:**

تبدا دورة الوقود النووي من عملية استخراج خامات اليورانيوم الطبيعي من مناجمه داخل الارض الي حين تنقيته وتصنيفه كوقود نووي ومن ثم استخدامة في المفاعلات النووية لتوليد الطاقة ، تتولد خلال تلك المراحل مجموعة كبيرة من النفايات المشعة مما يتطلب العمل علي التخلص منها ومن تأثيراتها علي الصحة العامة عن طرق دفنها تحت التربة او المحيطات .

(2.7) الجـرعات:

هي مصطلح يشير إلي كمية الطاقة الإشعاعية الممتصة بوسط مادي وتشمل التالي

(2.7.1) الجرعه الفعالة

بعد أن اتضح أن بعض أجزاء الجسم أكثر حساسيه للإشعاع بالمقارنه بأجزاء أخري فقد أعطيت الأعضاء من جسم الانسان نسبا وزنيه مختلفه وعند ضرب الجرعه المكافئه في النسب الوزنيه للأعضاء بالنسبة للجسم وجمع النتائج لجميع الاعضاء نحصل علي ما يعرف بالجرعه الفعالة ويعبر عنها بوحدات السيفرت.

(2.7.2) العتبة

أصغر مقدار من الاشعاعيحدث تاثيراً يمكن الكشف عنه.

(2.7.3) الجرعة المتراكمة

مجموعة الجرعات الناتجة عن تكرار تعريض الجسم كله أو جزء منه للإشعاع.

(2.7.4) الجرعة القاتلة

هي جرعة من الإشعاع المؤين تكفي لإحداث الوفاة.

(2.7.5) الجرعة المسموح بها

الجرعة التي يتناولها الشخص خلال فترة زمنية معينة دون توقع ضرر منها.

(2.7.6) الجرعة الخارجية

هي كمية الإشعاع التي يتعرض لها الإنسان بالإضافة الى التناول الإشعاعي المحتمل خلال سنة كاملة من العمل في مجال الإشعاع.

(2.7.7) الجرعة المكافئة

الريم هو وحدة الجرعة المكافئة والذي وراء إحداث التأثيرات البيلولوجية المختلفة وتعرف هذه الجرعة الموزوزنة بإسم الجرعة المكافئة .

عليه فان الجرعة المكافئة = الجرعة الممتصة في المعامل الكيفي أي أن واحد ريم = واحد راد X المعامل الكيفي ، بالإضافة إلى ان الجرعة المكافئة الكلية = معدل الجرعة المكافئة X زمن التعرض .

ووحده الجرعه المكافئه هي الريم لكل ساعه .

(الريم هي وحده النظام القديم .والسيفرت هي الوحده الجديده ،حيث الريم =0.01سيفرت).

(2.7.8) الجرعة الممتصة

هي كمية الطاقة الإشعاعية التي يمتصها كيلو جرام واحد من كتله الماده التي تأثرت بلإشعاع

(2.8) تحديد الجرعات الإشعاعية

يمكن تحديد مستوى الجرعة الإشعاعية في أماكن العمل أو تحديد الجرعة الإشعاعية الممتصة لأي مادة تتعرض إلى الإشعاعات سواء عن طريق الحسابات او عن طريق القياس باستعمال أجهزة المسح الإشعاعي

(2.9) أثر الإشعاعات علي جسم الإنسان

عندما يتعرض أي كائن حي إلي الإشعاعات النووية و يحدث تأين الذرات المكونة لجزيئات الجسم البشري مما يؤدي الي دمار هذه الأنسجة وهي مهددة حياة الإنسان بالخطر وتعتمد درجة الخطورة الناتجة من هذه الإشعاعات علي عدة عوامل منها نوعها وكميتها والطاقة الناتجة منها وزمن التعرض .

ولهذه الإشعاعات نوعان من الآثار البيولوجية

a. **الأثر الجسدي**

ويظهر غالبا علي الإنسان حيث يصاب ببعض الأمراض الخطيرة مثل سرطان الجلد والدم وإصابة العيون بالمياه البيضاء ونقص القدرة علي الإخصاب

b. الأثر الوراثي

وتظهر آثاره علي الأجيال المتعاقبة وظهر ذلك بوضوح علي اليابانيين بعد إلقاء القنبلتين النوويتين مما أدي الي وفاة الآلاف من السكان وإصابتهم بحروق وتشوهات وإصابة أحفادهم بالأمراض الخطيرة القاتلة ويجب مراعاة عدم تعرض المرأة الحامل للأشعة كوسيلة للتشخيص حتى لا تصيب الطفل بالتخلف العقلي والحد الأقصى المأمون للإشعاعات النووية الذي يجب ألا يتجاوزه الإنسان وهو (5 ريم) في اليوم الواحد (والريم هو وحدة قياس الأشعاع الممتص وتعادل رونتجن واحد من الأشعة السينية) ويتعرض الانسان الي الكثير من مصادر الإشعاع في الحياة اليومية مثل الأشعة الكونية الصادرة من الفضاء الخارجي وتعرضه للإشعاعات الضارة خلال تعامله مع النظائر المشعة سواء في مجالات الطب او الصناعة أو الزراعة وتعرض العاملين في المفاعلات النووية والمناجم التي تستخرج منها العناصر المشعة ومن العوامل الرئيسة المسببة للتلوث النووي ما يحدث في دول النائية وإجراء التجارب وخاصة بعد الحرب العالمية الاخيرة بهدف تطوير الأسلحة الذرية لزيادة القوة التدميرية لها وقد أدت التجارب الي إنتشار كمية كبيرة من الغبار الذري المشع في مناطق إجراء التجارب وتحمل الرياح هذا الغبار المشع إلي طبقات الجو العليا والذي يحتوي على بعض النظائر المشعة مثل السيزيوم 137 والسترونسيوم 90 والكربون 14 واليود 131 وغيرها من النظائر والتي يستمر نشاطها الإشعاعي فترة طويلة من الزمن ليتساقط فوق كثير من المناطق البعيدة عن موقع التجارب حيث تلوث الهواء والماء والغذاء وتتخلل دورة السلسلة الغذائية حيث تنتقل إلى الحشرات والنباتات والحيوانات وأخيراً الإنسان وأغلب النظائر المشعة يستمر النشاط الإشعاعي لها فترة طويلة من الزمن الأمر الذي يضاعف من أضرار التلوث على كافة عناصر البيئة .

(2.10) تفاعل الإشعاع مع الخلايا

إن الفرق الأساسي بين الإشعاعات النووية والإشعاعات الأخرى (مثل الحرارة والضوء) هو أن الإشعاعات النووية لديها الطاقة الكافية لإحداث تأين ففي الماء الذي تتكون منه معظم الخليا يمكن ان يقود التأين الي تغيرات جزيئية تنبثق عنها فصائل كيميائية من أنواع مختلفة لمادة الكروموسومات ويأخذ هذا التلف شكل تغيرات في تركيب ونشاط الخلية ويمكن أن تظهر هذه التغيرات في الجسم البشري كآثار مرضية مثل الغثيان أو إعتام عدسة العين او السرطان على المدى البعيد .

(2.11) العمليات التي تقود إلى التلف الإشعاعي

غالبا ما تتخذ أربعة مراحل

- ❖ المرحلة الفيزيائية الابتدائية .
- ❖ المرحلة الفيزوكيميائية .
- ❖ المرحلة الكيميائية .
- ❖ المرحلة البيولوجية.

إن الاشعاع يحدث تأينا في المادة التي يمر فيها وإن هذا التأين يؤدي الي أضرار لتلك المادة وإذا كانت تلك المادة خلية او نسيجا حيا فهذه الأضرار تؤدي الي تعطيل وظائف تلك الخلية أو ذلك النسيج او إرباك وتعديل تلك الوظائف وبذالك يؤثر في النظام ككل والذي يظهر كحالة مرضية في الجسم.

يتفاعل الإشعاع مع الخلية الحية بطريقتين:

A. الطريقة المباشرة

فالتفاعل المباشر يتم بعد إمتصاص الذرات المكونة للخلية او الأنسجة الحية لطاقة الإشعاع فتتأين مما يؤدي الي تحلل الجزيئات التي تدخل هذه الذرات في تركيبها ومن هنا يبدأ الخطر الذي يمكن ان يجتاح الخلية الحية ولتصوير الأمر رقميا فإن جرعة مقدارها 1 جراي هذه

تكافئ 1 سيفرت من أشعة جاما وهي كمية استثنائية لا يمكن الحصول عليها إلا في حرب نووية أو خلال عملية العلاج الإشعاعي أو نتيجة لحادث نووي او إشعاعي خطير جدا وإن الجرعة اعلاه ستؤدي إلي ان يأخذ كل جرام من النسيج طاقة مقدارها جزء واحدمن 100 جزء من 1 جول وهذه الكمية من الطاقة ستؤدي الي تشكيل 200 مليون مليون زوج أيوني في الجرام الواحد من النسيج فإذا علمنا ان عدد ذرات جرام واحد من النسيج هو 80 ألف مليون مليون ذره ونجد أن عدد ذرات التي تأثرت هو ذرة واحدة من كل 400 مليون ذرة هذا مع التأكيد والتذكير بضخامة الجرعة الممتصة من الإشعاع .

B. الطريقة غير المباشرة

إن الاشعاعات لا تنتقل أثرها مباشرة إلي الخلية الحية من خلال تأين ذرات الخليةوإنما تأين جزيئات الماء الذي يشكل الماده الأكثر وفرة في النسيج الحي مما يؤدي الي تكوين عدد من الأيونات شديدة التفاعل تسمي الجذور الحرة تقوم هذه الجذورالحرة بتكوين مركبات سامة مع الاشارة هنا الي أن البحوث التجريبية علي الأحياء الدقيقة إشارة الي ان أثر هذه الطريقة في الأضرار بالخلية الحية يفوق أثر الطريقة المباشرة عدة أضعاف حيث تقوم المركبات الكيمائية السامة مثل البيروكسيد الهيدروجين بإلحاق الأذى بمكونات الخلية والجزيئات الهامة بأنسجة الكائن الحي كما أن هنالك بعض الآثار المتراكمة التي لا يمكن إصلاحها وتتراكم مع مرور الزمن .

إن الآثار الاشعاعية علي أنسجة وأعضاء جسم الإنسان التي يمكن الإحساس بها او ملاحظتها تنقسم الي قسمين

- فالأول هو الاثار المبكرة والتي تظهر بعد امتصاص الجرعة الاشعاعية من عدة ساعات الي عدة أيام .
- اما ما يظهر بعد ذلك فهو من الاثار المتأخرة والتي قد يظهر أثرها بعدما يزيد علي أثر من سنة من اخذ الجرعة الإشعاعية .

الحساسية الإشعاعية

هي مدى تأثر الخلية والعضو والكائن الحي للإشعاع وتختلف الحساسية الإشعاعية من فرد إلى آخر ضمن نفس النوع وحسب العمر والجنس ويمكن تلخيص حساسية الخلية للإشعاع في أطوار الخلية المختلفة فالخلية أشد حساسية عندما تكون أقرب لخلايا الإنقسام الخلوي وظهور آثار التغيرات ومنها

- ❖ موت الخلية .
- ❖ منع إنقسام الخلية .
- ❖ زيادة معدل نموئها وانقسامها .
- ❖ حدوث تغيرات مستديمة في الخلية تنتقل وراثيا عند انقسامها .

(2.12) تأثيرات الإشعاع علي الإنسان

1) تأثيرات الإشعاع المبكرة على الإنسان

إن التأثيرات المبكرة للإشعاع هي تلك التأثيرات التي تحدث بعد عدة ساعات من التعرض الحاد للأشعة أقل هذه التأثيرات تشتمل الغثيان والإجهاد وإرتفاع درجة الحرارة وتغيرات دمويه منها هموط او اجتثاث نخاع العظم وتأثيرات معوية مثل تقشر الخلايا المبطنة للأمعاء والتغيرات ربما يكون الموت خلال شهر اوشهرين بعد التعرض الحاد للإشعاع .

2) تأثيرات الإشعاع المتأخر على الانسان

وهي تظهر بعد مرور سنين من التعرض للإشعاع وهي السرطانات وإعتام العين وغيرها

3) تأثير الإشعاع على الأجنة البشرية

يتوقف تأثير الإشعاع على الأجنة البشرية على مراحل النمو فإذا تعرضت البويضة المنقحة أثناء الاسابيع الأولى للإشعاع يتم إنفصالها عن الرحم ويحدث الإجهاض وإذا كان عمر الجنين ثلاثة أشهر فإنه يتعرض لتشوهات جسدية خصوصا في الجهاز العصبي والعيون أما في

الفترات التي تلي الشهور الثلاثة الاولى فإن الجنين يتعرض الى تشويه اليدين والأرجل وتتأثر الاجنة حتى ولو بتركيزات بسيطة من الإشعاعات لذا لايسمح بأخذ الاشعة للحوامل حيث الجرعات المسموح بها للأم الحامل أقل بكثير من المسموح بها للأشخاص .

(2.13) من تأثيرات الإشعاع على الإنسان

(2.13.1) السرطان

إن السرطان هو تكاثر مفرط للخلايا في أحد أعضاء الجسم و يحدث نتيجة لتلف جهاز التحكم في خلية فردية فيؤدي بها الى الإنقسام بسرعة أكثر من الانقسام الاعتيادي ثم ينتقل هذا الخلل الى الخلية الوليدة وبهذا يزداد تعداد الخلايا إلى حد يؤذي الخلايا الصحيحة في نسيج العضو ولأنه لا يمكن عادة تمييز السرطان المسبب بالإشعاع عن السرطان الذي يحدث فجأة غير انه في المستويات العالية نسبيا من التعرض يمكن عمل تقديرا تتقريبية ويعتبر السرطان من التأثيرات المتأخرة للإشعاع ويظهر هذا التلوث مع بداية إستخدام الذرة في مجالات الحياة المختلفة خاصة في المجال العسكري والصناعي .

(2.13.2) الحمى

يؤدي التعرض الى جرعة عالية من الإشعاع إلى ظهور الحمى في وقت مبكر أو الجرعة القليلة فتظهر أعراض الحمى بعد بضع أيام من التعرض.

(2.13.3) تساقط الشعر

خلال 17-21 يوم من التعرض لجرعه تزيد عن 2 سيفرت ويعود الشعر إلى النمو بعد بضعة أشهر لكنه قد يختلف لونه عن الشعر الاصلي أما عند التعرض لجرعة تزيد عن 7 سيفرت يؤدي إلى تساقط الشعر نهائيا دون أن يعود إلى النمو.

(2.13.4) إعتام عدسة العين

من بين الآثار المتأخرة عن الاشعاعات هو إعتام عدسة العين وهو المرض المعروف باسم الكتراتيا وتوجد قيمة معينة للجرعة الكافية التي يحدث بعدها هذا المرض وهي حوالي 15

سيفرت لذا يجب ان لا تزيد الجرعة التي تتعرض لها العين طول حياتها عن هذه القيمة حتى لا تتعرض لهذا المرض .

(2.13.5) إنخفاض متوسط العمر

أكدت التجارب أن متوسط العمر ينخفض قليلا بالتعرض للإشعاعات ولقد أظهرت الإحصائيات التي تم اجرائها على مجموعات بشرية تعرضت لجرعات عالية .

إن جرعة مكافئة مقدارها 1 سيفرت تؤدي إلى قصر عمر الإنسان بما لا يزيد عن سنه واحدة .

(2.13.6) الجلد

إن الجلد هو أكثر الأعضاء تعرضا للإشعاع ففي الحوادث النووية وأثناء العلاج الاشعاعي الخارجي فإن الجلد يستلم جرعة إشعاعية كبيرة ويظهر أثرها على شكل إحمرار كما إنه يتطور إلى درجات الحروق الأربعة المعروفه طبيا وبعد التعرض للإشعاع يكون من غير الممكن تقديم أي مساعدة لتجنب المضاعفات فالتفاعل يبدأ بتأين مكونات الخلية وتشكيل المركبات الكيميائية السامة والمضاعفات الحيوية في الخلايا والأنسجة ولا يمكن التدخل مطلقا في هذه المراحل جميعا والعلاج يكون فقط في تخفيف الآثار وزيادة المناعة ومقاومة المضاعفات التي تسببها مكونات البيئة المحيطة كالبكتيريا وكما قد يؤدي الإشعاع

الي إحمرار البشرة وذالك عند ملامستها للإشعاعات المنبعثة عن المصادر فترة طويلة من الزمن و تظهر هذه الأعراض كذالك عند التعرض لفترة قصيرة من الزمن الي جرعة بين 2-3 سيفرت أو أعلي و لولا المنافع الكثيرة التي جناها الانسان من المواد المشعة والإشعاع الصادر منها لما كان إنتاج مثل هذه المواد مقبولا .

(2.13.7) التأثيرات علي الدم

إن تعرض الجسم لجرعة إشعاعية كبيرة يؤدي إلي نقص مؤقت في عدد كريات الدم حيث يكون النقص أشد في عدد كريات الدم البيضاء من الحمراء وإنخفاض عدد الكريات البيضاء

يجعل الجسم ضعيف المقاومة للأمراض بينما نقص الكريات الحمراء يسبب نقصا في إمداد الغذاء والأوكسجين لأنسجة الجسم المختلفة مما يسبب إصابة الشخص المتعرض بفقر الدم مما يؤدي الي إضعاف الجسم بشكل عام ويمكن أن تظهر هذه الاعراض عند جرعة أكبر من 2 سيفرت .

إن تعرض الجسم إلي جرعة إشعاعية كبيره حوالي 10 سيفرت فان الشخص المتعرض يشعر فجأة بدوار وتغير وإعياء شديد ويمكن أن تؤدي الجرعة الي تلف الجدار المبطن للأمعاء مما يسبب الإسهال ويؤدي ذالك إلي فقدان الجسم الي سوائل ويتدهور وزن المريض مما يؤدي الي وفاته كما إن جرعه مقدارها 20 سيفرت قد تؤدي إلي أضرار بالجهاز العصبي المركزي حيث يمكن أن تؤدي إلي الإغماء الذي قد يؤدي إلي الوفاة بسبب ما يعرف بموت الجهاز العصبي المركزي .

الفصل الثالث

تطبيقات الإشعاعات المؤينة

الفصل الثالث

تطبيقات الإشعاعات المؤينة

(3.1) مقدمة

حدث في العقود الأخيرة من القرن العشرين تطور هائل في تطبيقات الإشعاعات المؤينة والمواد المشعة في عدد من المجالات الصناعية والزراعية والطبية وغيرها.

(3.2) تطبيقات الإشعاعات المؤينة في الطب.

وسوف نستعرض في هذا الفصل بعض اهم تطبيقات الإشعاعات و المواد المشعة في الطب في عدة مجالات متنوعة اهمها ما يلي:

(3.2.1) إستخدام الإشعاعات المؤينة او النظائر المشعة في التشخيص:

إنتشرت في القرن العشرين ظاهرة إستخدام الإشعاعات المؤينة المختلفة في مجال تشخيص كافة الظواهر المرضية في الجسم البشري و في التطبيقات البيلوجية و الطبية المحتلفة فمنذ إكتشاف الإشعة السينية في نهاية القرن التاسع عشر بدأ إستخدامها في تصوير كافة أعضاء الجسم البشري و انسجته ، فبالتالي تشخيص الغالبية العظمى من العيوب و التشوهات البدنية في الكائنات الحية فالإشعة المذكورة قادرة على تكوين صورة جلية للتفاصيل الداخلية لأي عضو او نظير بشري او غير بشري مما يوفر للطبيب إمكانية هائله لتشخيص المرض او العيب او التشوه في العضو او النسيج المعين ، و مع تطور علم التصوير الإشعاعي من التصوير على افلام التصوير العادية الى التصوير الفلوروسكوبي على الشاشات ثم التصوير المقطعي بإستخدام الحاسبات الالية.

(3.2.2) إستخدام الإشعاعات المؤينة في التعقيم الطبي:

تعتبر الإشعاعات المؤينة اهم الوسائل الرئيسية لتعقيم المعدات الطبية و الأدوات مثل المحاقن و الصيدلانيات و الأدوية و الدم و غيرها.

ويعود السبب في ذالك للأتي:

- قلة التكلفة بالنسبة لطرق التعقيم الأخرى كالحرارة والبخار.
- تغليف الادوات او المواد المطلوب تعقيمها داخل غلاف غير منفذ للهواء او البكتيريا الفيروسات ثم يتم تعريضها الى أشعة جاما او الأشعة السينية فتقتل جميع البكتيريا والفيروسات.
- لا يؤدي التعقيم بالأشعة المؤينة الى رفع درجة حرارة المادة الواضعة للتعقيم ، يعتبر التتعقيم بالإشعاع هو الطريقة المثلى والوحيدة لتعقيم هذه المواد ، ويتم الان تعقيم هذه الأدوية والصيدلانيات بالإشعاع دون حدوث اي تلف لها ، كذالك اصبحة عملية تعقيم الدم بالإشعاع قبل نقله للمريض عملية ضرورية تتم في معظم المستشفيات الراقية.

ببساطة طرق التعقيم بالإشعاع وعدم الحاجة لتجهيزات معقده والعامل الوحيد المؤثر هو جرعة التعرض الإشعاعي اي زمن التعرض لحزمة الأشعة.

(3.3) الإشعاعات والنظائر المشعة في الزراعة والأغذية

تستخدم الإشعاعات المؤينة والنظائر المشعة، في وقتنا الحالي ،إستخداما واسعا في عدة مجالات زراعية بغرض ذيادة الدخل الذراعي، وفي عمليات حفظ المحاصيل الزراعية. وأهم إستخدامات الإشعاعات المؤينة في الزراعة ما يلي :

- ذيادة إنتاجة الأرض
- ل إنتاج محاصيل ذات مقاومة عالية للأمراض والتقلبات الجوية

- منع او تقليل التالف الناتج من تخزين المحاصيل
- مقاومة الحشرات والآفات النباتية والحيوانية
- ذيادة انتاجية الالبان واللحوم في الحيوانات والطيور

(3.4) إستخدام الإشعاعات والنظائر المشعة في الصناعة

تستخدم الأن المصادر المشعة والإشعاعات المؤينة في عدة مجالات صناعية مختلفة ، وذالك بغرض تحين نوعية المنتجات الصناعية وإجراء فحوص الجودة على المنتجات دون تحطيم العينة .

ويمكن القول انه لا يوجد في الوقت الحالي صناعة كبيرة إلا وتقوم في جزء من اجزائها على إستخدام الإشعاعات والمصادر المشعة ، ومن الإستخداماتها ما يلي :

- إستخدام الإشعاعات في عمليات لحام وقطع الفلزات السميكة
- إستخدام الإشعاعات في صناعة المطاط وفي لحامه
- إستخدام الإشعاعات في الصناعات الكيميائية وصناعة الأخشاب والطلاء
- إستخدام الإشعاعات في الصناعات البترولية والتعدين
- إستخدامالنظائر المشعة في صناعة البطاريات الكهربائية والنووية

(3.5) بعض الإستخدامات التطبيقية الأخرى للإشعاع

فضلا عن الإستخدامات المتعددة للإشعاع في مجالات الطب والزراعة والصناعة تستخدم الإشعاعات والنظائر المشعة في العديد من المجالات الاخرى . فمثلا ، تستخدم في دراسة البئة وتلوثها. فقد إنتشر إستخدام التحليل التنشيطي النيتروني او تحليل الإشعاعات الناتجة عن قذف العينات بالبروتونات المعجلة إلى دراسة تلوث البئة ، ومعرفة مكونات هذا التلوث من المواد والعناصر ، وتبلغ دقة تحديد عناصر التلوث بالطرق النووية (10)-12 جرام ، وهي دقة لا يمكن تحقيقها بإتباع اي من الاساليب الاخرى . كذالك يستخدم علماء الآثار الطرق

النووية لتحديد اعمار الاثريات المكتشفه ولعملية التأريخ عموما ،وذالك بقياس النشاط الإشعاعي الصادر عن الكربون 14 ، الذي يتكون أثناء حياة الكائن ، كما تستخدم الطرق النوووية للكشف عن الجرائم .

وهنالك العديد الإستخدامات الأخرى للإشعاعات كالبحث عن مصادر المياه الجوفة ، وتحديد كميتها ، وإتجاه سريانها وسرعة هذا السريان ، وكذالك في عدة مجالات اخرى لا يتسع هذا البحث لسردها.

(3.6) تطبيقات أشعة جاما

(3.6.1) الطب

تستخدم أشعة جاما في الطب لقتل الخلايا المسرطنة ومنعـها من النمو حيث تنفذ الجاما من الجلد وتعمل علي تأيـن الخلايا وهذا يسبب قتل تلك الخلايا والتشخيص الطبي.

(3.6.2) الصناعة

تستخدم أشعة جاما في الصناعة لفحص أنابيب البترول وإكتشاف نقاط الضعف فيها حيث تستخدم أشعة جاما في تصوير هذه الانابيب بتسليط أشعة جاما علي الانابيب ووضع فلم حساس خلف الانابيب وتتكون صورة الظل علي الفلم حيث تظهر مناطق الضعف بصورة مميزة مثل تصوير عظـم الانسان بواسطة أشعة إكس كما تستخدم أشعة جاما في تخليـص المواد الغذائية والمصنعة من الجراثيم والبكتيريا وغيرها.

(3.6.3) العلوم

تستخدم أشعة جاما في تطوير المفاعلات والقنابل النووية والتجارب العلمية لكشف أسرار النواة والتعرض لأشعة جاما يسبب تأين الخلايا البشرية وتسبب بصورة رئيسية في السرطانات ولوقاية الاشخاص اللذين يعملون في مجال أشعة جاما يستخدم حاجز من الرصاص بحيث له معامل إمتصاص عالي جدا لهذه الأشعة .

الفصل الرابع

التصـوير بكـاميرا جامـا

الفصل الرابع

التصوير بكاميرا جاما

(4.1) التشخيص بالطب النووي

نتيجة لتطور إنتاج النظائر المشعة ذات الأعمار النصفية المختلفة ولتطور الطرق والأجهزة النووية امكن إستحدام هذه النظائر والطرق في تشخيص العديد من الأمرض وفي علاج عدد منها.

ومنذ النصف الثاني من القرن العشرين بدأ الإستخدام الإكلينيكي للعديد من النويدات المشعة في تشخيص العديد من الأمراض والظواهر المرضية داخل اقسام مستقله في المستشفيات عرفت بأقسام الطب النووي او ضمن اقسام الاشعة التشخيصية.

عموما فإن مسطلح الطب النووي يعني إستخدام النويدات المشعة ذات الأعمار النصفية القصيرة نسسبيا لتصوير الاعضاء والانسجة البشرية الداخلية لجسم المريض بهدف تشخيص المرض وتحديد اي ظواهر مرضية او خلل في الوظائف الفسيولوجية لهذه الأعضاء او الأنسجة وذالك من خلال تصويرها بالإشعاعات التي تنطلق من النويدات بعد حقنها او إدخالها للجسم او بعد اخذ عينات من جسم المريض .

إن التصوير بكاميرا جاما ليس خطرا لأن طاقة أشعة جاما تكون منخفضة لمستويات تناسب العمل التشخيصي ومن أهم الأهداف التي يحققها التصوير النووي بواسطة كاميرا جاما هو

الحصول على نتائج سليمة و دقيقة و ذات كفاءة عالية مما يساعد الطبيب على العلاج و ذللك لان أشعة جاما تعطي نتائج أفضل من التصوير بالإشعاعات الاخرى

.

(4.2) التقنيات العلمية لطرق التصوير النووي

(4.2.1) إشعاع البوزيترون الطبقيpositron emission tomography

يمكن بإستخدام تقنية إشعاع البوزيترون الطبقي الحصول على صورة لجسم الإنسان من خلال إلتقاط الإشعاع الذي يصدر عن المواد المشعة التي يحقن بها جسم المريض و التي تكون اما كاربون11 أو فلورين18 أو أوكسحين15 أو نيتروجين13 وكل هذه العناصر مواد مشعة لها عمر نصف قصير جدا، و يتم الحصول على هذه المواد المشعة من خلال تسليط نيوترونات معجلة على ذرات تلك العناصر لتصبح مشعة و عند حقن جسم الانسان بتلك العناصر المشعة تطلق جسيمات تسمى البوزيترون (عديم الكتلة و ذو شحنة موجبة) فيتحد مع الكترون في جسم الانسان و ينطلق عن هذا الاتحاد فوتونيين كل فوتون عبارة عن أشعة جاما التي تستخدم للحصول على الصورة .

(4.2.2) الاشعاع الفوتوني المقطعي

Single photon emission computed tomography (SPECT)

هذه التقنية تشبه تقنية إشعاع البوزيترون الطبقي و لكن تستخدم في عملية التصوير عناصر مشعة مختلفة تكون لها أعمار أنصاف أطول من تلك المستخدمة في التقنية السابقة الذكر كما انها تطلق إشعاع جاما واحد بدل من شعاعين.

(4.2.3) تصوير جهاز الدورة الدموية cardiovascular imaging

تستخدم تقنية تصوير الدورة الدموية للحصول على منحنيات عن تدفق الدم داخل جسم الانسان و في هذه التقنية يقوم الطبيب بحقن المريض بمركب الثاليوم المشع بينما يمارس المريض الجري على جهاز رياضي و يتم التصوير بإستخدام أشعة جاما الصادرة عن انحلال عنصر الثاليوم بواسطة كاميرا جاما و بعد ذلك يأخذ المريض فترة راحة لدراسة معدل النبض بدون اي مجهود ومن الصور التي تم الحصول عليها قبل التمرين و بعده يمكن معرفة التغير في تدفق الدم في الحالتين و بهذا الفحص يمكن الطبيب بمعرفة العوائق التي يمكن ان تكون موجودة في الشرايين و الاوعية او حتى في عضلة القلب نفسه.

(4.2.4) أجهزة مسح العظامbone scanning

في بعض الفحوصات يحقن المريض بمادة خاصة تعرف باسم التكنيشيوم والتي تحتوي على الفوسفات التي تتجه الى العظام خصوصا التي يكون فيها نشاط غير طبيعي .

(4.2.5)مخاطر التصوير النووي

- ❖ من الممكن ان يكون هناك نوع من الحساسية في جسم بعض الاشخاص من مواد المشعة .
- ❖ حقن الجسم بالمواد المشعة قد يسبب آلام مؤقتة.
- ❖ على المرأة الحامل او المرضعة إخبار الطبيب قبل الفحص

(4.4) عيوب التصوير النووي

- ❖ كثرة الاستعدادات المتعلقة بالتصوير تستنزف الوقت و ذلك لأن وصول المادة المشعة للجزء المراد تصويره يأخذ في بعض الاحيان ساعات او ايام.
- ❖ القدرة التحليلية للتصوير النووي أقل من التقنيات الأخرى و لكن المعلومات التي نحصل عليها من التصوير النووي لا يمكن الوصول لها بأي تقنية اخرى.
- ❖ قد يؤدي إلى نتائج مضللة في حالة ان يكون الاتزان الكيميائي في الجسم غير طبيعي بمعنى ان الفحص يتأثر اذا كان الشخص مصاب مثلا بالسكري او اذا تناول الشخص وجبة غذائية قبل الفحص بساعات.

بسبب الإضمحلال السريع للمواد المشعة فإنها ستكون مؤثرة لفترة محدودة و لهذا من المهم للمريض أن يكون متواجد في الموعد ليتناول المادة المشعة في الزمن المحدد و إلا سيطلب له الطبيب حجز موعد آخر.

(4.5) التصوير بأشعة جاما

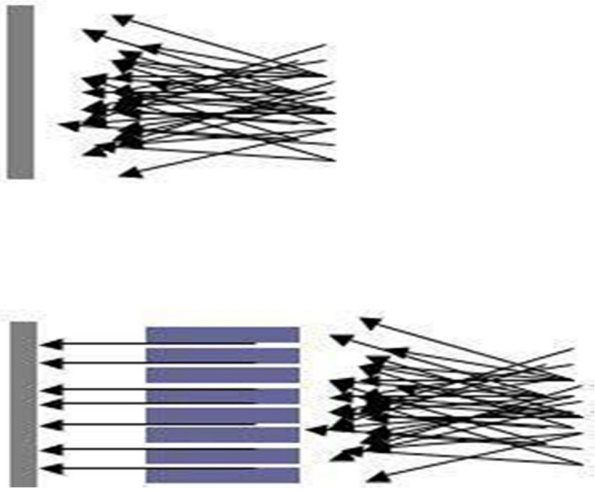
التشخيص بأشعة جاما و فيها يستخدم التصوير بكاميرا جاما و هي عبارة عن جهاز إلكتروني يستخدم في التشخيص الطبي لتصوير توزيع المركبات المشعة في النسيج المراد تشخيصه و تقوم كاميرا جاما بإلتقاط أشعة جاما الصادرة من العضو المراد تشخيصه بعد حقنه بالمركب المشع على حسب نوع المركب و العضو المستهدف .

كما سنتناول بالدراسة و التجربة العملية الآثار الجانبية للتصوير النووي للإنسان بواسطة كاميرا جاما و قبل التصوير يتعين علينا التطرق للمشاكل التي تحدث نتيجة التشخيص والذي قد تؤثر بصورة عامة على المرأة الحامل و جنينها و أحيانا قد تظهر الحكة و فقدان الشهية و بالطبع هذه الآثار تختلف بإختلاف الجنس و العمر و عوامل أخرى سوف نتعرض لها بالتفصيل في هذا الفصل.

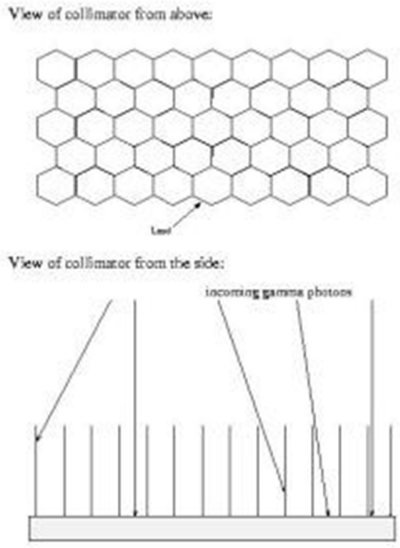
(4.6) مكونات الجاما كاميرا

(4.6.1) الكوليميترCollimator

بإختصار هو أشبه بفلتر يفلتر سيل من الأشعة بحيث أنه يمرر فقط الأشعة التي تكون متوازية



ويتم إلتقاط الصورة في جهة واحدة من الإشعاعات المتوازية التي تم فلترتها اما إذا تم إستخدام الجهاز بدون كوليمتر سيقوم بتصوير الجزء المرغوب من كل الجهات حسب الأشعة القادمة من كل جهة وبالتالي لن تنتج صورة واضحة أو دقيقة من الاعلى ومن الجانب كما في الشكل (2)



شكل رقم (2)

(4.6.2) كاشف وامض Scintillation Detector

عادة هذا الكاشف للكشف عن فوتونات جاما والكاشف الذي عادة يتم إستخدامه في كاميرات الجاما التي تتكون من [NAI(TI)].

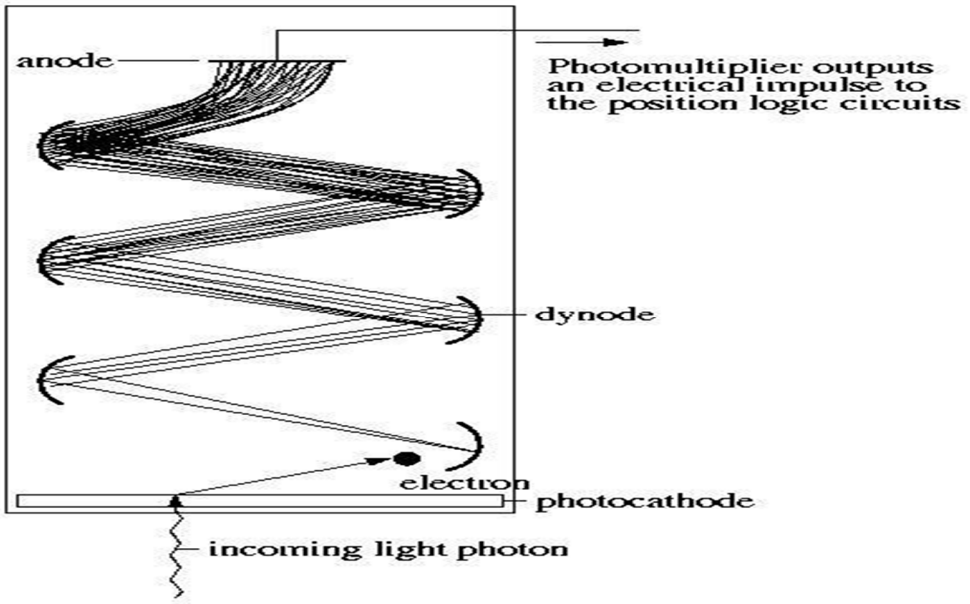
ويتم إستخدام هذا المركب نظرا لجودته وقوة فعاليته في إلتقاط او الكشف عن إشعاعات جاما المنطلقة من المركب المشع ويتفاعل هذا الكاشف مع فوتونات أشعة جاما بالنظرية الكهروضوئية أو نظرية كومبتون مع أيونات اليود في البلورة التي يتكون منها الكاشف .
وهذا التفاعل يسبب باطلاق الالكترونات والتي بدورها تتفاعل مع البلورة لإنتاج الضوء في عملية تعرف بإسم الوميض أو إطلاق الشرارات.

(4.6.3) أنابيب تضخيم الضوءPhotomultiplier Tubes

من كاشف الوميض لا يصلنا سوى كمية قليلة من الضوء ولذلك فإن أنابيب تضخيم الضوء هي أنابيب متصلة بالجهة الخلفية من البلورة وفي مقدمتها يوجد مايسمى بالفوتوكاثود الذي إذا تم تحفيزه بفوتونات الضوء يطلق إلكترونات.

أنابيب تضخيم الضوءعبارة عن آلة تكشف وتكبر الإلكترونات التي ينتجها الفوتوكاثود لكل 7 – 10 فوتونات موجهة على الفوتوكاثود يتم توليد إلكترون واحد فقط وهذا الالكترون الذي من الكاثود يتم تركيزه على الداينود الذي يختزن هذا الإلكترون ويعيد إطلاق العديد من الإلكترونات عادة من 6 إلى 10 وهذه الإلكترونات الجديدة يتم تركيزها على الداينود وتعاد العملية مرة أخرى وأخرى في داينود متعددة ، وفي قاعدة الـ Photomultiplier Tube يوجد أنود الذي بدوره يجذب هذه المجموعة الكبيرة من الإلكترونات وتحويلها إلى نبض

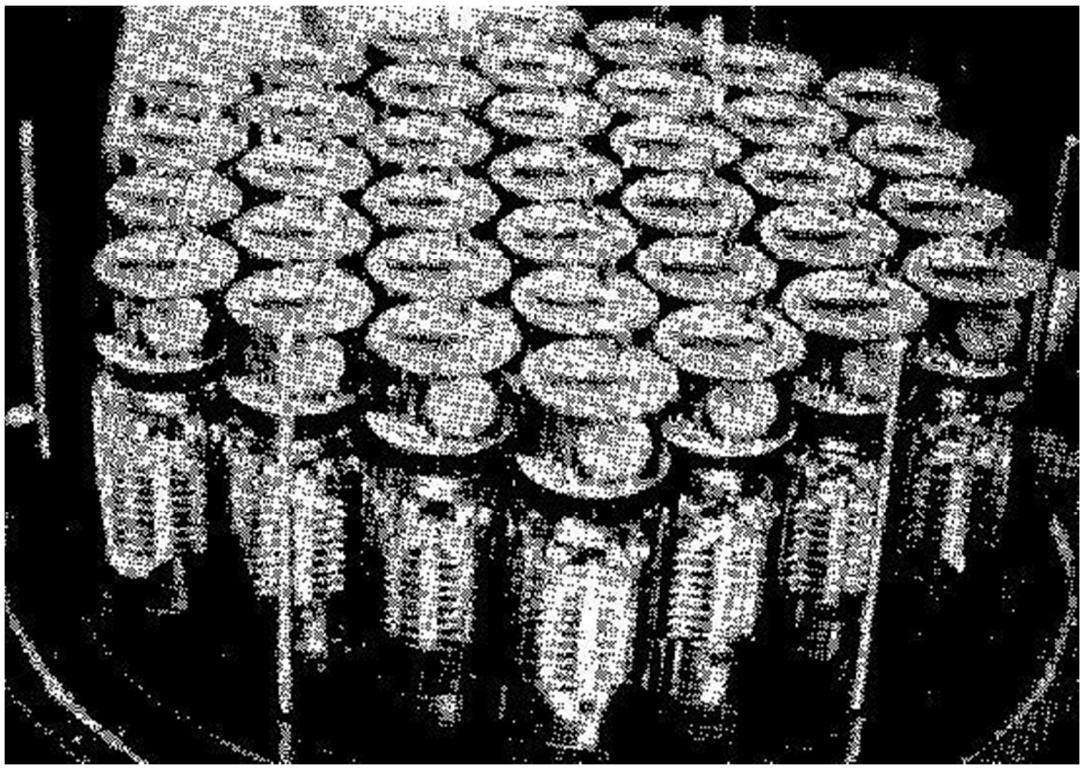
كهربائي و كما في الشكل رقم (3)



A Photomultiplier Tube

شكل رقم (3)

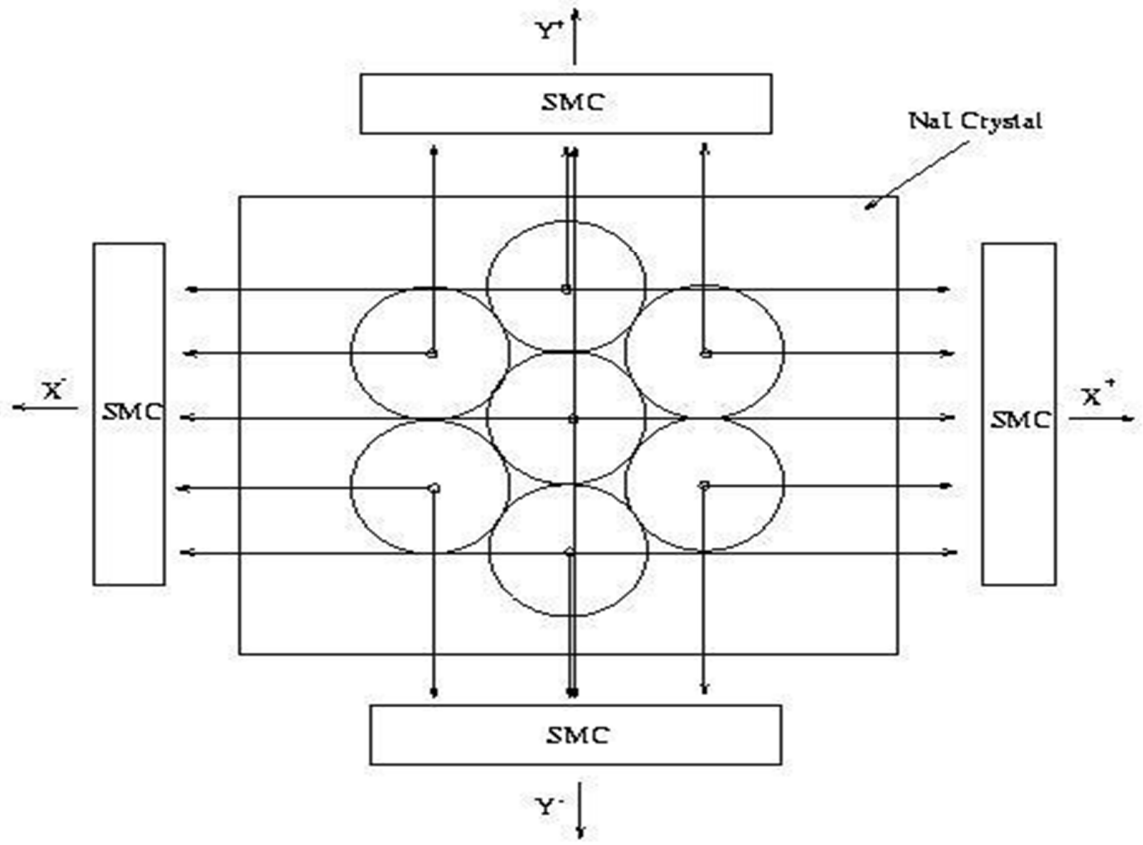
كل جاما كاميرا لها مجموعة من هذه الأنابيب يتم ترتيبها بشكل هندسي معين والكاميرا النموذجية تحتوي من 37 إلى 91 أنبوب كما هو موضح في شكل رقم (4) .



شكل رقم (4)

(4.6.4) وضعية التسليكات الكهربائية Position Circuitry

منطقيا يعني الوضعية يجب أن تكون تابعة لأنابيب تضخيم الضوء المذكورة في الاعلى بحيث أنها تستقبل النبضات الكهربائية من الأنابيبالSumming Matrix Circuit وإختصارا SMC او قالب تجميع النبضات وهذا يسمح بوضعية الدوائر أن تحدد كل ومضة حدثت على بلورة الكاشف للتوضيح في الشكل رقم (5)



شكل رقم (5)

(4.6.5) كمبيوتر تحليل البياناتData Analysis Computer

في النهاية يتم تحويل كل هذه الإشارات إلى الكمبيوتر وبعدها يتم إستخدام برامج معينة لإخراج الصورة بشكل ثلاثي الأبعاد إما تكون رمادية أو ملونة على حسب البرنامج وبعدها يتم تبسيطها وتحليلها وتخزينها في القرص .

وهذه هي أهم المكونات الرئيسية في الجاما كاميرا .

(4.7) نتائج الفحص بالجاما كاميرا

تعطي بيانات التوزيع الإشعاعي للمركب المشع المستخدم والمناسب للعضو الذي فحص دلالة على سلامة أو صحة العضو أو أن هنالك خلل يستطيع الطبيب أن يشخصه ولكن يجب التنبيه إلى أن يكون الفحص الإشعاعي بالجاما كاميرا قد تم إجرائه بعد التأكد تماما من صلاحية النواحي المختلفة لعمل الكاميرا .

(4.8) أنواع المعايرات المختلفة اللازمة قبل إستخدام الجاما كاميرا

هناك عوامل مختلفة تؤثر على جودة صورة توزيع النظير المشع ودقة هذا التوزيع إذا لم يتم ضبطها قبلا فإنها قد تؤدي إلى تشخيص خاطئ للتوزيع الذي حصل عليه ويكون راجعا لعدة مصادر خطأ منها تماثل حساسية البلورة الكاشفة وأنابيب التضاعف الفوتوني بما يؤدي إلى عدم تماثل التوزيع المسجل في الكاميرا للنظير المشع عن حقيقة توزيعه في العضو الذي تم فحصه .

وأهم المعايرات اللازمة للجاما كاميرا هي

- التأكد من وجود الطاقة الجامية الصادرة من النظير المشع في مكانهاالصحيح على منحنى الطاقة في أنظمة الجاما كاميرا أي ما يسمى بروز الفوتون وأيضا تحديد النافذة المختارة حول بروز الفوتون وهي عموما تحدد بـــ (30%) أي يحدد قبول الفوتونات ذات الطاقات المتساوية لـــ (±10%) على جانبي الطاقة الجامية للنظير المشع .
- يكشف عن دقة التمييز المكانية للكاميرا بإجراء إختبارات معينة.
- يكشف عن دقة التمييز الطاقية للكاميرا بإستخدام إختبارات معينة .
- يكشف عن مدى التجانس في حساسية الكاميرا وتشمل على إجراء اختبارات معينة

للتأكد من تجانس عمل المكونات الداخلية مثل مضاعفات الفوتونات وأيضا تجانس الكاشف والمحدد .

- ❖ يكشف أيضا على ما يسمى بالخطية وهي مدى كفاءة رصد مصدر خطي مشع كخط مستقيم وأيضا على شاشة العرض النهائية للكاميرا .
- ❖ يكشف أيضا على عدم تغيير قيمة الحساسة المتوقعة للكاميرا ككل بالنسبة لعدد الفوتونات الصادرة من مصدر مشع وعدد الفوتونات المسجلة بأنظمة الكاميرا .

(4.9) الأعراض الجانبية الناتجة من التشخيص بكاميرا جاما

تنقسم هذه الأعراض إلى نوعين

(4.9.1) قريبة المدى

وتنتج بسبب المادة الصيدلانية الخاصة بالتشخيص وتظهر أعراضها في نفس اللحظة (خلال ال24 ساعة الأولى من التشخيص) وهذه الأعراض مثل الدوران والغثيان والرجفة.

(4.9.2)بعيدة المدى

وتنتج حسب كمية الإشعاع الذي تعرض لها ونوع المادة المشعة وعمر المريض وهي غالبا ما تظهر بعد فترات طويلة من الزمن (أكثر من سنة) وهذه الأعراض غالبا ما تؤدي إلى تغيرات جينية قد تظهر في الأبناء .

(4.10) الفترة الزمنية المستخدمة في التصوير

لا توجد فترة زمنية محددة للجرعات وإنما يتم تحديدها بواسطة الأخصائي المتابع للحالة ويعتمد ذلك على الصورة الأولى التي أخذت له ولمتابعة الحالة العلاجية للمريض .

(4.11) المادة المشعة المستخدمة

في أغلب الأحيان تستخدم مادة إشعاعية واحدة لجميع الأعضاء أما الإختلاف فيكون في المادة الصيدلانية التي تعتمد بدورها على العضو المراد تشخيصه .

(4.12) طريقة إعطاء المادة المشعة للمريض

بعد تحضير المادة الإشعاعية مع المادة الصيدلانية يتم إعطائها للمريض عن طريق الحقن الوريدي او عن طريق طعام اوشراب للشخص المريض .

(4.13) المرضى اللذين يستطيعون التشخيص

توجد هنالك مجموعة من المرضى لا يمكن تشخيصهم بهذا النوع من التشخيص لأنها تؤثر على حالتهم الصحية فمثلا إذا كانت المادة الصيدلانية أو المادة الإشعاعية يؤثر سلبا على مرضى القلب كزيادة سرعة نبضات القلب أو قلة كفاءة أداء الكلى لمرضى الكلى (أمراض مزمنة) أو الحوامل أو لديهم حساسة من هذه المواد (الصيدلانية والإشعاعية) فلا يمكن لهؤلاء أن يتم تشخيصهم .

(4.14) تأثير التشخيص على المريض

عمر المريض عامل أساسي في صحته فأخطر أثر يمكن أن يحدث لمرضى صغيري السن وذلك لانهم في طور البناء والنمو ويليهم كبيري السن (العجزة والمسنين) وذلك لقلة كفاءة وظائف أعضائهم وخلاياهم وفي آخر ترتيب يأتي الشباب الذين يتسمون بقوة التحمل والمناعة الجيدة مقارنة بباقي الفئات .

تصنيف المناطق حسب معدل الجرعة وفترة الإقامة

تصنيف المنطقة	وسطي معدل الجرعة $\mu Sv\ h^{-1}$		
	معامل الإقامة = 0.2	معامل الإقامة 0.5 =	معامل الإقامة 1.0 =
منطقة مراقبة	أكبر من 15	أكبر من 6	أكبر من 3
منطقة إشراف	<15 & >2.5	<6 & >1	<3 & >0.5
منطقة غير مصنفة	أصغر من 2.5	أصغر من 1	أصغر من 0.5

جدول رقم (1)

عادة تصنف المناطق حسب معدل الجرعة على حدودها مقرونا بالزمن المتوقع أن يقضيه العامل فيها (زمن الإقامة) ويعبر عنه بمعامل الإقامة وهو نسبة الزمن الذي يقضيه العامل في المنطقة إلى زمن العمل الكلي .

فمثلاً إذا قضى العامل 20% من وقته في المنطقة فهذا يعني أن فترة الإقامة هي 400 ساعة من أصل 2000 ساعة عمل أو أن معامل الإقامة هو 0.2 ويبين الجدول السابق حدود تصنيف المناطق باستخدام معدل الجرعة ومعاملات الإقامة 0.2 و 0.5و 1.0 .

(4.15) المناقشة

للبحث أهمية التي تتعلق بالإشعاعات المؤينة وتطبيقاتها وتتعلق ايضا بالتشخيص الطبي النووي وإدراكنا التام بأهميته في علاج المرضى فقمنا بكتابة بحثنا هذا وطرحنا بعض الأسئلة التي تتعلق بأهمية البحث وفوائده ودراسة الآثار الجانبية الناتجة من التشخيص بأشعة جاما .

وقمنا بالإستفاضة على كافة مايتعلق ببحثنا من حيث الإشعاعات المؤينة (مصادرها وكميات الإشعاع والجرعات للمواد الإشعاعية) وتطبيقاتها وللمواد الصيدلانية وطريقة إعطائها للمريض عن طريق الحقن وأهم مكونات جهاز الجاما كاميرا ودرسنا الآثار الجانبة الناتجة عن التشخيص وأنواعها والإجابة على أسئلة البحث عن طريق الأخصائي المختص في مركز النيلين الطبي التشخيصي وقام بالإجابة على جميع أسئلة البحث وذلك لخبرته العملية في هذا المجال ولقد قمنا بوضع توصياتنا وإقتراحاتنا لتطوير الفيزياء النووية عموما والتشخيص الطبي على وجه الخصوص .

(4.16) التوصيات

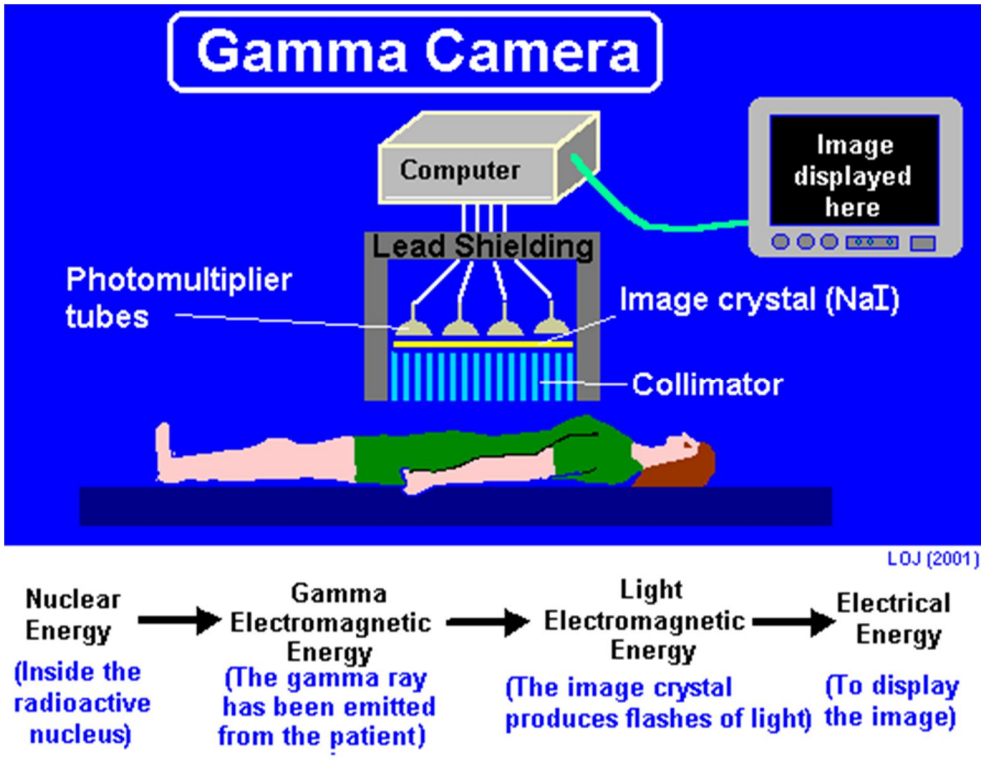
- ❖ الإهتمام بالفيزياء النووية وخاصة الجزء المتعلق بالإشعاعات المؤينة .
- ❖ إستحدام تطبيقات الإشعاعات المونية مما يوفر الوقت والجهد حيث تعطينا نتائج أفضل من سواها.

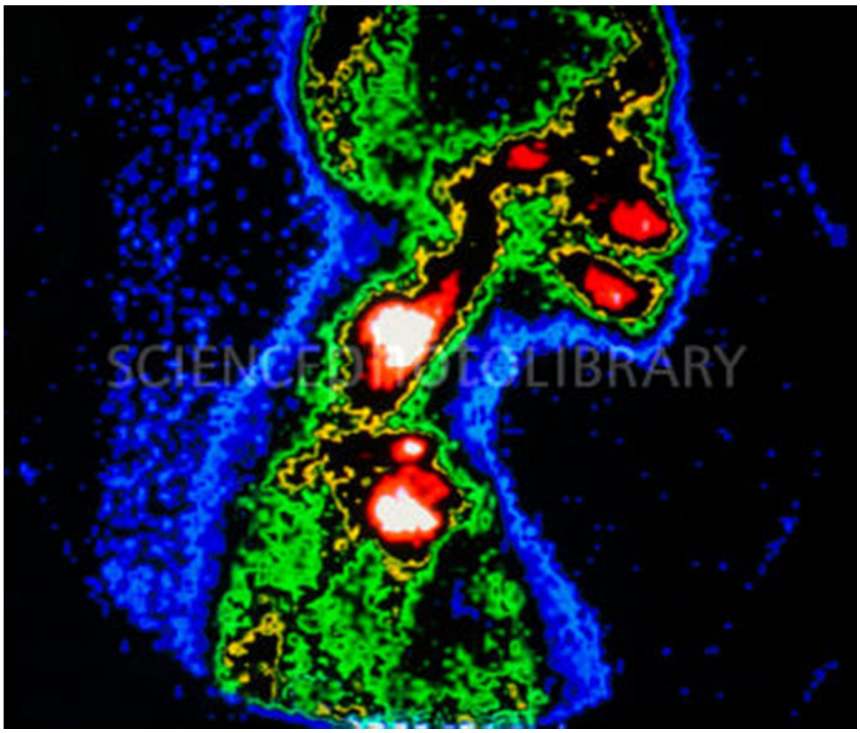
- ❖ الإهتمام التام بالفيزياء الطبية على وجه العموم والتصوير النووي على وجه الخصوص وذلك لخطورة الإشعاع .
- ❖ الإلتزام بالضوابط الصارمة المختصة بالإشعاع وتطبيقاتها كلها .
- ❖ تأهيل كوادر الأطباء الفيزيائيين تأهيلا تاما لتجنب الآثار الجانبية .
- ❖ توعية المرضى و المواطنين بخطورة الإشعاع المستخدم للتشخيص والعلاج .
- ❖ الكشف الدوري للمرضى اللذين تم تشخيصهم بواسطة كاميرا جاما لأن الآثار الجانبية تظهر بعد فترات طويلة .
- ❖ جلب جهاز الكاميرا الجامية في المستشفيات الحكومية لعدم توفرها حاليا .

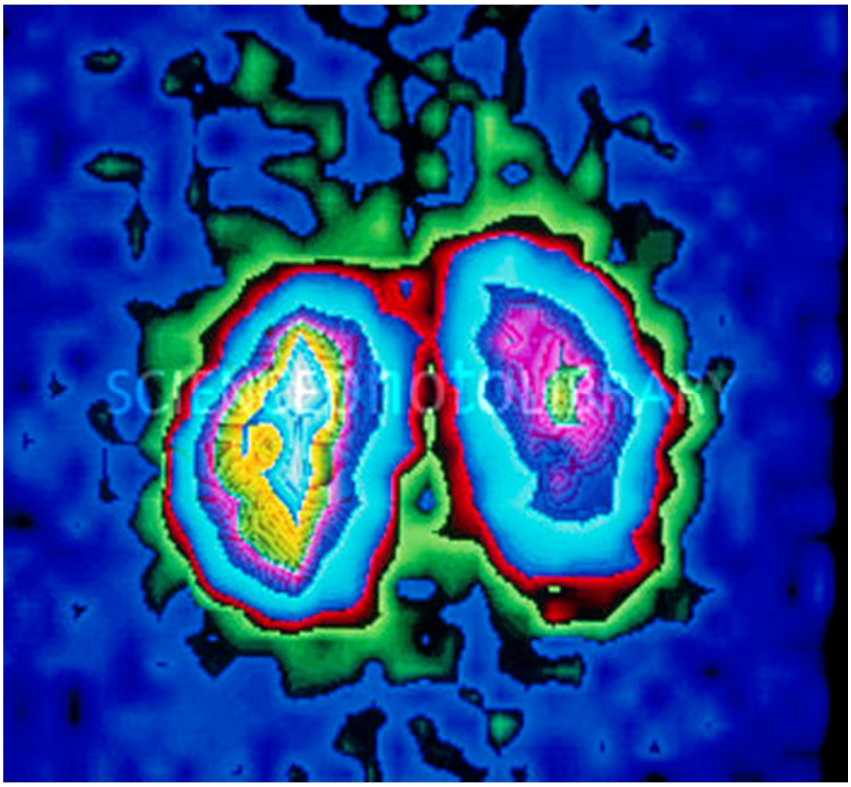
(4.17) الخاتمة

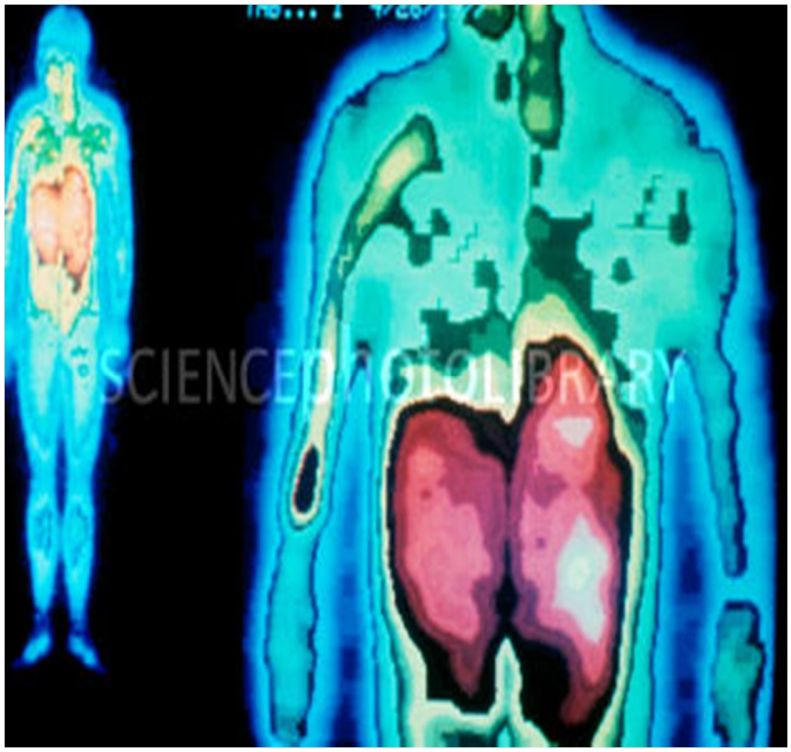
أستخلصنا من دراسة الإشعاع المؤين وتطبيقاته من مصادر الإشعاع حتى أثر الشعاع على الإنسان وإستخدم تطبيقاته يعطينا افضل النتائج من الطرق التقليدية وأن التصوير النووي بواسطة الجاما كاميرا يعطي أفضل النتائج للطبيب و أيضا في الحصول على أفضل معلومات تشخيصية مما تساعد على إكتشاف المرض و تحديد خطورته بسرعة في بداياته وتستخدم لكل الأشخاص ما لم يكن للمريض حساسية ضد المواد الإشعاعية والصيدلانية وكما إن التصوير النووي بواسطة كاميرا جاما يأخذ وقتا طويلا حتي ظهور النتائج وبالرغم من هذا يظل جهاز الجاما كاميرا أفضل جهاز من حيث إعطاء النتائج السليمة والدقيقة ليس كباقي التقنيات والأجهزة الاخري .

(4.18) الملاحق


Gamma Camera
Computer
Image displayed here
Lead Shielding
Photomultiplier tubes
Image crystal (NaI)
Collimator
LOJ (2001)
Nuclear Energy
(Inside the radioactive nucleus)
Gamma Electromagnetic Energy
(The gamma ray has been emitted from the patient)
Light Electromagnetic Energy
(The image crystal produces flashes of light)
Electrical Energy
(To display the image)


SCIENCE PHOTO LIBRARY





(4.19) المراجع

- PRACTICAL NUCLEAR MEDICNE-THIRD EDITHIN (PETERF.SHARP, HOWARG. GEMMELL AND ALISON D.MURRAY (EDS).
- BASICASIC PHYICES OF NUCLEAR MEDICINE (BY KIERAN MAHER).
- PHYSICS IN NUCLEAR MEDICINE (Simon Cherry).
- الفيزياء النووية ، أحمد الناغي ، جامعة القاهرة الطبعة الأولي دار الفكر العربي 1421هجرية ، 2001 م
- الوقاية من الإشعاع والتلوث منطقة الطاقة العراقية ، قصي رشيد ، الدار العربية للطباعة المكتبة الوطنية بغداد 1986م .
- أسس الفيزياء الإشعاعية ، محمد فاروق ، أحمد السريع ،جامعة الملك سعود 1995م
- مركز النيلين الطبي التشخيصي .
- أساسيات الفيزياء تأليف بوش ترجمة دكتور سعيد الجزيري قسم الفيزياء كلية العلوم جامعة القاهرة .
- أساسيات الفيزياء تأليف رأفت كامل واصف ، دار النشر للجامعات الطبعة الثانية 2003م