الطب النووي

د. السيد محمود السيد سليمان

بدأ الطب النووي منذ أكثر من خمسين عاماً وأصبح الآن من التخصصات الطبية المهمة في مجال تشخيص وعلاج الأمراض الخطرة ، ويوجد الآن في الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من أربعة الآف قسم طب نووي في المستشفيات المختلفة تجري أكثر من ١٠ ملايين عملية تصوير وعلاج نووي في العام. ورغم أهمية هذا التخصص للعناية بالمرضى إلا أنه غالبا ما يحدث لبس أو سوء فهم بينه وبين تخصصات أخرى مثل الأشعة العامة والأشعة المقطعية (CT) والتصوير بالرنين النووي المغناطيسي (MRI).

يعنى الطب النووي بالعضو من الناحية التشريحية، بالإضافة إلى الناحية الوظيفية، والتي تعطي معلومات مفيدة وهامة عن عمل العضو وبيان الأجزاء التي لاتعمل فيه أو المصابة بأمراض سرطانية، وذلك في حالة الفحص المبكر، وبذلك يمكن تشخيص أي مرض منذ بدايته. وتعد هذه الميزة الوظيفية من المزايا التي يتفرد بها الطب النووي عن التقنيات الأخرى التي يتم فيها تشخيص العضو عن طريق تكوين صور له من الناحية التشريحية فقط، لذلك تعد تقنيات الطب النووي من أحسن التقنيات للعديد من البحوث الطبية مثل دراسة وظيفة قلب المريض والاختناقات في شرايين الدم خاصة التي تغذي الأجزاء المختلفة من المخ، وكذلك في تصوير ودراسة وظائف جميع أعضاء الجسم كالكبد والكلى والغدة الدرقية وغيرها .

وتستخدم في الطب النووي كميات قليلة من المواد الدوائية المشعة (Radio Pharmaceutical) التي تصدر أشعة جاما (γ) ، والتي تتميز بقابلية الالتحام بالأعضاء والأنسجة والعظام ليتم تسجيلها بآلات تصوير محددة تسمى آلة تصوير ـ كاميرا ـ جاما (Gamma or PET Cameras)، وتعمل هذه الكاميرا مع الحاسب لتكوين صور متتابعة للعضو. ويتم إدخال المادة الدوائية المشعة داخل الجسم إما بالاستنشاق أو البلع أو الحقن، وعند وصول هذه المادة إلى العضو المراد فحصه، فإنها تصدر إشعاعات جاما التي يمكن تصويرها خلال فترة معينة كافية لإعطاء معلومات عن وظيفة هذا العضو، وفي نفس الوقت تصويره ومعرفة الدقائق التشريحية له. وتبلغ الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها المريض من جراء إدخال كمية من مادة مشعة لأشعة جاما خلال عملية الفحص نفس الكمية ـ تقريباً ـ التي يمكن أن يتلقاها المريض أثناء التشخيص باستخدام الأشعة السينية. لهذا تعد تقنيات الطب النووي مناسبة من حيث المخاطر والتكاليف، فضلاً عن أنها تستخدم الآن في كثير من التخصصات الطبية، مثل: طب الأطفال، والقلب، والمخ، والأعصاب، والعظام، ويوجد الآن أكثر من مائة طريقة من طرق التصوير بتقنيات الطب النووي التي تستخدم في التشخيص والعلاج والوقاية من الأمراض.

يتضح مما سبق أن تقنية الطب النووي تنبني على المواد الصيدلانية المشعة وآلة التصوير الاشعاعي المعروفة بكاميرا جاما.

يستعرض هذا المقال طرق تحضير المواد الصيدلانية المشعة والاستخدامات الطبية لهذه التقنية، وكذلك شرح موجز لعمل آلة التصوير الإشعاعي.

المواد الصيدلانية المشعة

المواد الصيدلانية المشعة (Radio Pharmaceutical) عبارة عن عناصر مشعة تستخدم في الطب. وتختلف العناصر المشعة عن العناصر غير المشعة في أن العناصر المشعة يمكنها أن تصدر إشعاعات مؤينة حتى تصل للحالة المستقرة. ويرجع السبب في عدم استقرار العناصر المشعة أن عدد نيوتروناتها أكبر من نيوترونات العنصر المستقر .

الجدير بالذكر أن العناصر المشعة يمكن أن تصدر إما جسيمات ألفا (α) أو جسيمات بيتا (β) أو إشعاعات جاما (γ) في

سبيل وصولها إلى الحالة المستقرة، ويمكن تعريف هذه الجسيمات وأشعة جاما كما يلي:-

● جسيمات ألفا

جسيمات ألفا (α) عبارة عن نواة الهيليوم ٤ ($^{4}_{2}He$) المكونة من بروتونين ونيوترونين، وهي جسيمات مشحونة موجبة الشحنة تبلغ شحنتها ضعف شحنة البروتون. لذا يمكن التحكم في مسارها باستخدام مجالات كهربائية أو مغناطيسية، كما يمكن تعجيلها باستخدام المعجلات النووية إلى قيم عالية للطاقة. وتنتمي هذه الجسيمات إلى مجموعة الجسيمات النووية الثقيلة، وتنتج طبيعياً بسبب تفكك نواة العنصر المشع إلى نواة مستقرة، ومن ذلك مثلاً :-

تفكك نواة البولوتونيوم ٢١٨ إلى نواة الرصاص ٢١٤ مع إصدار جسيم ألفا.

$$^{218}_{84}Po \longrightarrow ^{214}_{82}Pb + \alpha$$

● جسيمات بيتا

جسيمات بيتا (β) هي إلكترونات سريعة جداً منشؤها من النواة، ولها خصائص مماثلة لإلكترونات الذرة. وتحمل وحدة واحدة من الشحنة السالبة. وهناك نوع آخر من إشعاع بيتا اكتشفه **س.د.اندرسون** عام ١٩٣٢م، يتكون من جسيمات لها نفس كتلة الإلكترون، ولكنها ذات شحنة موجبة، وتعرف بالبوزترونات. لذلك يرمز لإشعاع بيتا أما بالرمز β^- (الإلكترونات) أو β^+ (البوزترونات)، وفي الاستخدام اليومي يعني المصطلح إشعاع بيتا عادة النوع السالب.

وينقسم التفكك الذي ينتج عنه إصدار جسيمات بيتا إلى ثلاثة أنواع :

١- التكفك الإلكتروني (Electron decay)

$$^{14}_{6}C \longrightarrow ^{14}_{7}N + \bar{e} + \nu$$

٢- التفكك البوزيتروني (Positron decay)

$$^{22}_{11}Na \longrightarrow ^{22}_{10}Na + \bar{e}^{+} + \nu$$

٣- الأسر الالكتروني (Electron Capture)

$$^{45}_{22}Ti + e \longrightarrow ^{45}_{21}Sc + \nu$$

$\bar{e}$: الكترون ، ν : نيترينو ، $\bar{e}^{+}$: بوزيترون

● إشعاع جاما

إشعاعات جاما (γ) عبارة عن فوتونات (موجات كهرومغناطيسية) كالفوتونات الضوئية ذات تردد عال جداً (أي أنها ذات طاقة عالية جداً)، وتنتج من التغيرات في النواة. وهي ليست أجساماً مادية، ولاتحمل أي شحنة ولايمكن التحكم في مسارها أو تعجيلها باستخدام المجالات الكهربائية أو المغناطيسية.

ويعد النيكل المثار ($^{60}Ni^{*}$) من العناصر التي تصدر اشعاعات جاما، وذلك كما يلي:-

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow \beta\,(2505\ KeV) + ^{60}_{28}Ni^{*} \longrightarrow ^{60}_{28}Ni + \gamma\,(1173\ KeV) + \gamma\,(1332\ KeV)$$

قاد التعرف على الأنواع المذكورة أعلاه من الاشعاعات العلماء إلى اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي وتحديد النظائر الطبيعية المشعة، واستخدامها في العديد من التطبيقات الطبية والصناعية، وقد شهدت الفترة من عام ١٩٢٠م إلى ١٩٣٠م تقدماً كبيراً في تلك المجالات، إلا أن محدودية عدد النظائر الطبيعية المشعة حدت من هذه التطبيقات، وأصبحت الحاجة ملحة لانتاج نظائر مشعة صناعياً. وقد أمكن ذلك عندما اخترع العالم **إرنست لورانس** (**Ernst Lawrence**) في بركلي- كاليفورنيا ١٩٢٤م جهاز السيكلترون(Cyclotron) ، وهو عبارة عن ماكينة كهربائية وظيفتها تسريع الديوترونات (أيونات الهيدروجين المستقرة) إلى سرعات كبيرة جداً، حيث قام باطلاق هذه الديوترونات السريعة على هدف من الكربون $^{12}_{6}C$ فازداد عدد البروتونات إلى ٧، وتحول الكربون إلى نيتروجين، وقد أثبتت هذه التجربة إمكانية انتاج النيتروجين المشع وليس فقط تحويل الكربون إلى نيتروجين.

فتحت هذه التجربة آفاقاً كبيرة لإنتاج المزيد من النظائر المشعة بواسطة السيكلترون. وكذلك الحال بالنسبة للمفاعلات النووية التي ساهمت كثيراً في تقدم انتاج النظائر المشعة بإعداد وكميات كبيرة يمكن استخدامها في جميع المجالات. وفي المجال الطبي يمكن إنتاج العديد من المواد الصيدلانية المشعة بطريقة صنعية من المفاعلات النووية سواء من خلال تفاعلات الإثراء النيوتروني ـ إضافة نيوترونات (neutron inrichment) أو نزع بروتونات في نوى مستقرة ـ لتوليد نظائر مشعة مثل إنتاج الكوبالت ٦٠، أو من خلال الانشطار النووي لليورانيوم مثل إنتاج السيزيوم ١٣٧ وغيره الكثير. أو باستخدام معجلات الجسيمات المشحونة والتي تعمل على النقص النيوتروني ـ نزع نيوترون (neutron deficient) من نواة العنصر ـ أو إضافة بروتون.

● مراحل التحضير

يتم تحضير المواد الصيدلانية المشعة من العناصر التي تطلق أشعة جاما بصفة أساس، حسب المراحل التالية:-

١ـ إستخلاص النظائر المشعة من المادة الأم.

٢ـ التنقية من أية مواد كيميائية أو نظائر أخرى أو أي من الشوائب .

٣ـ التحويل الكيميائي الى صورة بيولوجية نشطة مناسبة للوصول والإمتصاص في أعضاء وأنسجة الجسم البشري .

٤ـ جعل هذه المواد مناسبة للتناول (عن طريق البلع أو الاستنشاق أو الحقن).

٥ـ الكشف والتحكم في نوعية المواد الدوائية المشعة المنتجة .

الجدير بالذكر أن الصيدلانيات المشعة تخضع للقواعد التي تطبق على الأدوية،

إلا أنها تخضع أيضاً إلى عدة قواعد، تشمل: قواعد الأمان الاشعاعي، وفترة العمر النصفي، والحفظ، والتخلص من النفايات .

● المواصفات

تختلف مواصفات النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي حسب الغرض المستخدمة فيه كالتالي:-

* **أولا : التشخيص**، وذلك كما يلي:-

١- أن تكون فترة العمر النصفي - الفترة التي تقل بعدها الشدة الإشعاعية للنظير إلى النصف - قصيرة جداً وتتناسب مع فترة الاستخدام .

٢- أن لا تكون باعثة لجسيمات ألفا، كما يفضل أن لا تكون باعثة لجسيمات بيتا إن أمكن، وذلك بهدف خفض الجرعة الإشعاعية للمريض التي تنتج عن هذه الإشعاعات دون فائدة من الناحية التشخيصية .

٣- أن تكون طاقة أشعة جاما كافية للتسجيل خارج العضو .

٤- أن تكون في أقصى حالات النشاط. وبذلك لاتسبب أي أعراض جانبية ولا سمية.

يعد التكنيسيوم ٩٩م ($^{99}_{43}Tc$) من أهم النظائر المشعة المستخدمة في الطب النووي حيث يستخدم في مجال التشخيص بصفة أساس - لما له من خواص مثالية لاستخدامه في هذا المجال، وهي :

١- يبلغ عمره النصفي ٦ ساعات، وهي فترة كافية لفحص العمليات الحيوية للأعضاء المختلفة وتصويرها، مما يقلل من الجرعة الاشعاعية المعطاة للمريض.

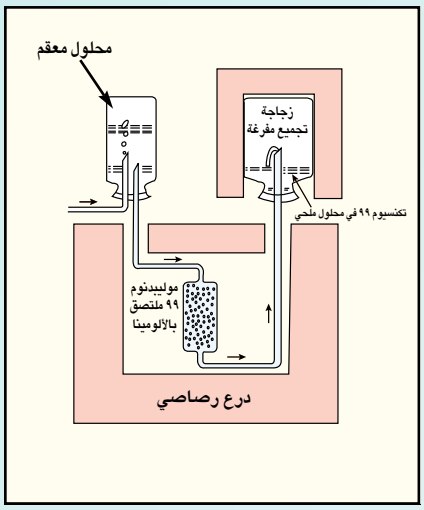
٢- وجوده في حالة مثارة لايشع سوى إشعاعات جاما وإلكترونات قليلة الطاقة، وبالتالي تكون الجرعة المعطاة للمريض قليلة.

٣- رغم أن طاقة أشعة جاما المنطلقة منه قليلة، إلا أنه يمكن تسجيلها بواسطة مصورة جاما ، وهذا أيضا يقلل كمية الجرعة الاشعاعية المعطاة للمريض.

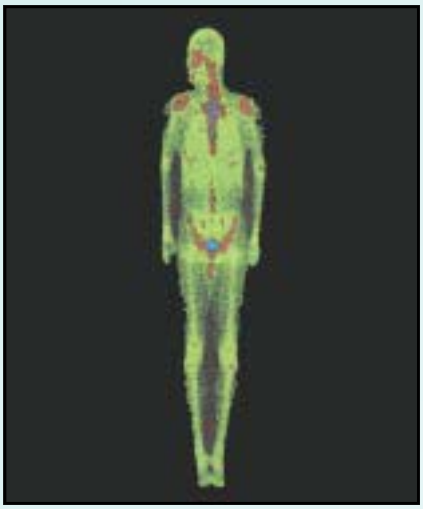
٤- خواص التكنيسيوم الكيميائية تجعله ملائماً ، حيث يلتصق بعدد كبير من المواد البيولوجية النشطة التي تحمله إلى الأعضاء المختلفة المراد فحصها بالتحديد. فيتم إمتصاصها، ويبدأ في إطلاق أشعة جاما. وهذه هي أساسيات مايسمى بتقنية تتبع الأثر. ونتيجة لقصر فترة العمر النصفي للتكنسيوم ٩٩م فإنه يحضر في المستشفيات من النظير الأم المولبدينوم ٩٩م ($^{99}_{42}Mo$) بواسطة مولد التكنيسيوم ٩٩م، وهو عبارة عن أنابيب من الزجاج، شكل (١)، محاطة بالرصاص ومحتوية على المولبدينوم ٩٩ ذو العمر النصفي ٦٦ ساعة ، وهذا يتحلل مصدراً جسيمات بيتا إلى التكنيسيوم ٩٩ ، المستخدم في العلاج .

بجانب التكنيسيوم٩٩م هنالك العديد من العناصر المشعة - تصدر اشعاعات جاما بصفة أساسية- التي يمكن استخدامها في العلاج والتشخيص والتي تنتج صناعياً أما بواسطة السيلكترون جدول (١) ، أو بواسطة المفاعلات النووية جدول (٢) ، حيث تتميز العناصر المنتجة بواسطتهما باعمار نصفية قصيرة ، لذا توجد مثل هذه الأجهزة في بعض المستشفيات .

الجدير بالذكر أن تطبيقات الطب النووي لاتجرى داخل جسم المريض فقط (In Vivo) ولكن تستخدم في التحاليل الطبية الخارجية، أي بوضع المادة المشعة في انبوبة إختبار (In Vitro) . من هذه التحاليل مايسمى بالتحليل الاشعاعي



● شكل (١) مولد التكنيسيوم ٩٩ .



● توزيع المادة المشعة الدوائية أثناء المسح النووي.

النظير	العمر النصفي	التطبيقات
جاليوم ٦٧ (^{67}Ga)	٣,٢٦ يوم	تصوير الأورام وتحديد مكان العدوى.
تاليوم ٢٠١ (^{201}Tl)	٧٣,١ ساعة	تصوير وتشخيص عضلات القلب والسرطان الليمفاوي البسيط.
يود ١٢٣ (^{123}I)	١٣,٢ ساعة	تشخيص وظائف الغدة الدرقية.
إنديوم ١١١ (^{111}In)	٢,٨ يوم	دراسة المخ والتهابات وعدوى القولون .
كربون ١١ (^{11}C)	٢٠ دقيقة	تقنية البوزترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض النفسية.
نيتروجين ١٣ (^{13}N)	١٠ دقائق	تقنية البوزترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض النفسية.
اكسجين ١٥ (^{15}O)	٢ دقيقة	تقنية البوزترون المقطعية لدراسة أمراض المخ والأمراض النفسية.
فلور ١٨ (^{18}F)	١١٠ دقيقة	الكشف المبكر عن السرطان وأمراض المخ.

● جدول (١) النظائر المشعة المنتجة بالسيكلترون وتطبيقاتها الطبية.

النظير	العمر النصفي(يوم)	التطبيقات
تكنسيوم ٩٩ (^{99m}Tc)	٠,٢٥	تصوير الهيكل العظمي وعضلات القلب والمخ والغدة الدرقية والرئتين والطحال والكلى والحويصلة الصفراء والنخاع العظمي والغدد اللعابية وحوض دم القلب وغيرها.
الكروم (^{51}Cr)	٢٧	دراسة كريات الدم الحراء وتحديد النقص في بروتين الامعاء.
كوبالت ٦٠ (^{60}Co)	١٩٢٥	العلاج الاشعاعي الخارجي .
النحاس ٦٤ (^{64}Cu)	٠,٥٢٩٢	دراسة الأمراض الوراثية المتعلقة بإيض النحاس مثل امراض ويلسون وأمراض منكي.
الايتريوم١٦٩ (^{169}Yb)	٣٢	دراسة السائل المخي والنخاع .
يود ١٢٥ (^{125}I)	٦٠,١٤	تشخيص الجلطات العميقة لاوردة الارجل،، أمراض الكلى، التحاليل الطبية، كثافة العظام.
يود ١٣١ (^{131}I)	٨	التصوير والعلاج خاصة الغدة الدرقية، تشخيص وظائف الكبد، سريان الدم في الكلى، المجاري البولية.
إرديوم ١٩٢ (^{192}I)	٧٣,٨	العلاج الإشعاعي الداخلي.
حديد ٥٩ (^{59}Fe)	٤٤,٥	دارسة إيض الحديد في الطحال .
زينون ١٢٧ (^{127}Xe)	٣٦,٤	دراسة الجهاز التنفسي (الرئتين).
زينون١٣٣ (^{133}Xe)	٢,٩	دراسة الجهاز التنفسي (الرئتين).
فسفور ٣٢ (^{32}P)	١٤,٢٩	علاج مرض زيادة كريات الدم الحمراء.
بوتاسيوم ٤٢ (^{42}K)	٠,٥	تبادل البوتاسيوم في الشريان التاجي .
سماريوم ١٥٣ (^{153}Sm)	١,٩٣٨	تخفيف آلام سرطان العظام من الدرجة الثانية.
سيلينيوم٧٥ (^{75}Se)	١١٩,٨	دراسة إنزيمات الهضم.
صوديوم ٢٤ (^{24}Na)	٦٣	دراسة الإلكترونات داخل الجسم.
أوتيريوم ٩٠ (^{90}Y)	٢,٦٧	علاج السرطان والتهاب المفاصل الكبيرة .

● جدول (٢) النظائر المشعة المنتجة بالمفاعلات النووية وتطبيقاتها الطبية.

المناعي(Radio immuno assay - RIA)، وفيه تخلط المواد المشعة بالسوائل المختلفة للجسم ومنها الدم ، وبذلك يمكن قياس مستوى الهرمونات والفيتامينات ومستوى الأدوية في الدم، وتحديد الأمراض الوراثية وما إلى ذلك. وتكون الصيدلانيات المستخدمة في هذه التحاليل على هيئة مجموعة تركيبية (Kits) لها أسماء تجارية محددة لكل تحليل .

* **ثانياً : العلاج**، وذلك كما يلي:-

١- يجب أن لايكون العمر النصفي للنظير المشع سبباً في إطالة بقاء المريض في المستشفى.

٢- يجب أن يصدر النظيرالمشع جسيمات ألفا وبيتا بطاقة كافية لكي تخترق الأجزاء المصابة المراد علاجها.

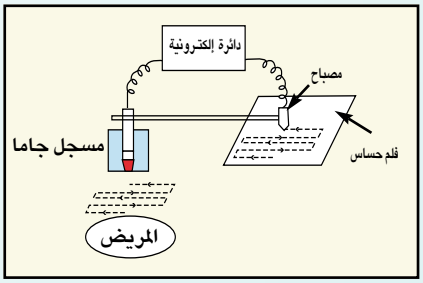
٣- يجب أن تكون طاقات أو إشعاعات جاما ملائمة من حيث الاختراق لإيداع الجرعة في الأنسجة المراد علاجها مع إيداع أقل جرعة في الأنسجة السليمة .

التطبيقات

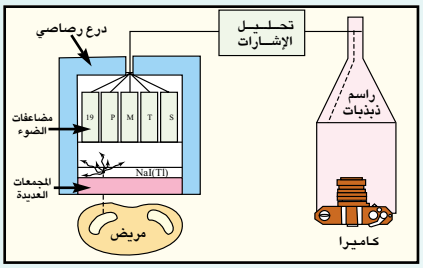
ظهر أول استخدام سريري للنظائر المشعة الصناعية عام ١٩٣٧م لعلاج سرطان الدم في جامعة كاليفورنيا بيركلي، غير أن البداية الحقيقية لاستخدام هذه النظائر بصورة ناجحة تمت في عام ١٩٤٦م عندما عولج سرطان الغدة الدرقية بواسطة اليود ١٣١ المشع الذي قضى عليه تماماً . أما بالنسبة للتصوير باستخدام النظائر المشعة فإن تاريخه يرجع الى فترة الأربعينيات من القرن العشرين عندما قام رواد الطب النووي باستخدام كاشف إشعاعي حساس (عداد **جايجر مولر** GM) على سطح الأجزاء المختلفة من الجسم لتتبع توزيع المادة المشعة السابق حقنها به. وفي عام ١٩٥٠م تمكن **كاسنس** (Cassens) من تطوير أول ماسح خطي ميكانيكي واستخدام كاشف وميضي من يوديد الصوديوم المنشط بالثاليوم NaI (Tl)، كما هو مبين في شكل(٢). وقد تطورت هذه المواسح تطوراً كبيراً بفضل تصنيع كواشف وميضية ذوات بلورات أكبر حجماً ودوائر الكترونية متطورة تعمل على تسجيل توزيع الإشعاع الخارج من الجزء المراد فحصه . لكن هذه المواسح تعاني من عدة عيوب أهمها عدم امكانية استخدامها على الأجزاء المتحركة، ولذا فإن المريض يجب أن يحبس أنفاسه أثناء عملية المسح. أدى هذا إلى اختراع آلة تصوير- كاميرا- جاما ، التي ساهمت كثيراً في مجال التشخيص مقارنة بما كان متبعاً قبل اكتشافها.

● آلة تصوير - كاميرا - جاما

أحدث اختراع العالم **هال أنجر** (Hal Anger) من جامعة كالفورنيا عام ١٩٥٦م لمصورة جاما (Gamma Camera) انقلاباً في الطب النووي، أمكن بواسطة هذه المصورة الحصول على صورة توزيع الإشعاع وهي في الوضع الثابت. وتتميز هذه المصورة بوجود بلورة كبيرة من يوديد الصوديوم



● شكل (٢) الأجزاء الرئيسية للماسح الخطي.



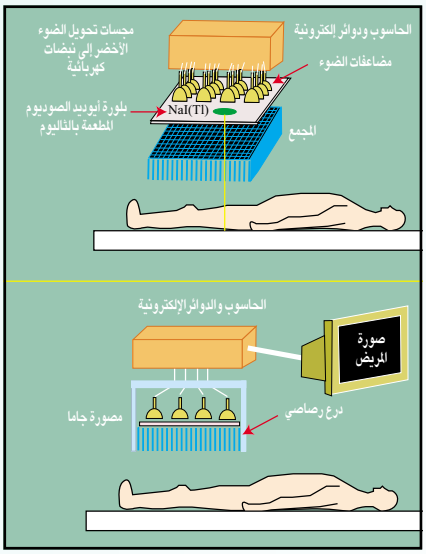
● شكل (٣) المكونات الرئيسية لمصورة جاما في بدايتها الأولية.

المنشط بالثاليوم(NaI (Tl، وكاشف وميضي بقطر يتراوح مابين ٣٠سم إلى ٤٥سم وسمك ١سم. ويبين شكل (٣)، الأجزاء الرئيسية لهذه الكاميرا ، وهي مجمع كثير الثقوب يواجه بلورة يوديد الصوديوم والتي تحول إشعاع جاما الى ضوء يكبر بواسطة مضاعف الضوء، والذي يحوله إلى إشارات كهربائية تذهب إلى معالج الإشارات ، فيحولها الى صورة تظهر على راسم الذبذبات لتلتقط بواسطة الكاميرا الضوئية.

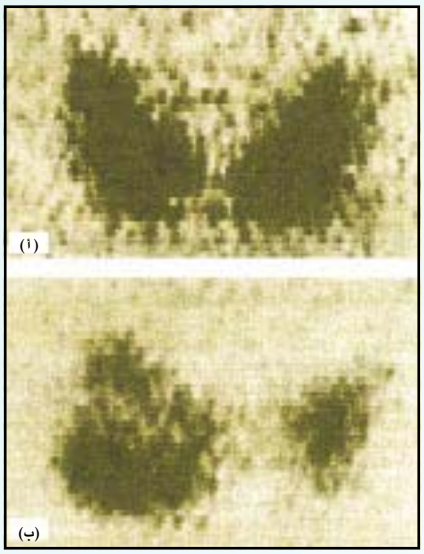
ويمثل شكل (٤)، المصورة الحديثة ، حيث يلاحظ أن التطور هنا حدث في عدد ثقوب المجمع ، وبالتالي زيادة عدد مضاعفات الضوء التي تعطي عدداً هائلاً من الاشارات تعالج بوسطة الحاسب الذي يعرضها على الراصد. ويمكن للكاميرا التحرك إلى الأعلى أو إلى الأسفل وإلى اليمين أو اليسار، بهذه الحركات وباستخدام الحاسب يمكن الحصول على صورة الأشعة المقطعية ، هذا بالطبع مع حركة الطاولة التي يرقد عليها المريض.

تم إحداث تطور في مصورة جاما لمعالجة البيانات باستخدام برامج حاسب آلي معقدة تعطي صورة مجسمة، كما أن نظام مضاعف الضوء ، قد استبدل من نظام مضاعف الضوء المصنوع من الأنابيب المفرغة (Photo multiplier tubes-PMTS) ، إلى مضاعف ضوء شبه موصل هو ثنائي السيلكون الضوئي (Silicon Photodiode) . وترتبط هذه الثنائيات بالبلورة الوميضية وتعطي صوراً تمتاز بالجودة والدقة والقدرة التحليلية السطحية ويسمى هذا النظام مجس الموضع الرقمي (Digital Position Sensing).

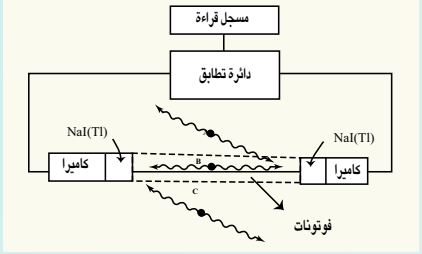
*** عمل مصورة جاما** ، ويتلخص في التصوير المستوي (Planner) المقطعي باستخدام الحاسب (Single Photon Emission Computed Tomography-SPECT) لدراسات المخ والقلب والظهر والعظم، والكبد ومسح الرئتين وجميع أجزاء الجسم وعضلات القلب ووظائف الكلى والمسالك



● شكل (٤) الأجزاء الرئيسية لمصورة جاما الحديثة.



● شكل (٥) مسح نووي لغدة درقية سليمة (أ) وأخرى مريضة (ب).



● شكل (٦) أساسيات تقنية البوزترون PET.

البولية ووظائف الغدد ، ويوضح شكل(٥)، مقارنة بين غدة درقية سليمة حيث يخرج الإشعاع من جميع أجزائها، وغدة درقية بها أجزاء لاتشع (باردة) أي لاتعمل، وبالتالي يحتمل وجود ورم سرطاني أو بداية تكون الورم .

● التصوير بالانبعاث البوزتروني

توجد في الطب النووي تقنية أخرى تسمى التصوير المقطعي بالانبعاث البوزتروني (Positrom Emission Tomography -PET) تستخدم الفلور ١٨. وتعتمد هذه التقنية على أنه عند انخفاض سرعة البوزترون فإنه يتحد مع أي إلكترون فيفنيان معاً ، وينبعث منهما فوتونان بطاقة ٠,٥١١م.أ.ف وينطلقان في اتجاهين متضادين، ولذلك يجب استخدام مصورتي جاما مزودتين بدائرة تطابق ، بحيث لايتم تسجيل أي فوتونات الا إذا كانا من نفس المصدر وفي المستوى نفسه، كما هو موضح بشكل (٦) . وتعد هذه التقنية هامة جداً في تشخيص أمراض المخ وخاصة التي تتعلق بالامراض العصبية .

المراجع:

1- **Cameron J.R, Skofronick J.G,** "Medical Physics" John Wiley & Sons 1978 .

2- **Henderson J. Charles W,** Intratumer Injection of Immuo globulins Labelled With the alpha- Particle emitter At-211: Analyses of tumer retention micradistribution growth delay. Cancer Weekly Plus , 11, 1998 .

3- **Ohe A, Mueller-brand j , Dellas s ., Nitzche E.U. , Hermann R.,** Yhrium-go Labelled Somatostain- analogue for Cancer treatment the Lancet, 7 , 1998 .

4- **Skerret,** P., J. Accelerating Isotope Proauction. MIT'S,S Technology Review , March-April 1998 .

5- **Wolfgang , Lori,** Panel to feds : hands off radioisotope Science , Dec 22, 1995 .