جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education & Scientific Research

جامعة بابل

كلية التربية للعلوم الصرفة

التطبيقات الطبية للمواد المشعة

بحث تخرج مقدم إلى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة في جامعة بابل

وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في العلوم الصرفة/ الفيزياء

أعداد الطالبة :

زينب نهاد عبيد

أشراف:

م. م بتول محمد حسن

شوال/ 1445 هـ

أبريل/2024 م

فَمَنْ يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ خَيْرًا يَرَهُ ۝٧ وَمَنْ
يَعْمَلْ مِثْقَالَ ذَرَّةٍ شَرًّا يَرَهُ ۝٨

سورة الزلزلة

الإهداء

إلى من وضع المولى - سبحانه وتعالى - الجنة تحت قدميها، ووقَّرها في كتابه العزيز...

(أمي الحبيبة).

إلى خير مثال لرب الأسرة،

والذي لم يتهاون يوم في توفير سبيل الخير والسعادة لي..

(أبي المُوقَّر).

إلى أصدقائي ومعارفي الذين أُجلُّهم وأحترمهم..

إلى أساتذتي في كلية....

أُهدي لكم بحثي هذا المتواضع.....

زينب

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمَّد وعلى آله الطيبين الطاهرين ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين، وبعد ..فإني أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد أولاً وآخرًا.

ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يدَ المساعدة، خلال هذه الفترة، وفي مقدمتهم استاذتي المشرفة على البحث **م. م / بتول محمد حسن**

التي لم تذخر جهدًا في مساعدتي، وصولا" الى هذا البحث المتواضع، كما هي عادته مع كل طلبة العلم، فلها من الله الأجر ومني كل تقدير حفظها الله ومتّعها بالصحة والعافية.

كما أشكر جميع اساتذتي في الكلية لما بذلوه من اجلنا ، وفقهم الله لكل خير.

الخلاصة:

تتناول هذه الدراسة التطبيقات الطبية للمواد المشعة، والتي تشمل استخداماتها في مجالات عدة داخل المجال الطبي. يتم تحليل الفوائد والمخاطر المحتملة لاستخدام هذه المواد في التشخيص والعلاج، مع التركيز على كيفية تحسين النتائج الطبية وتقليل المخاطر المرتبطة بها. يتم استعراض التقنيات الحديثة والتطورات في مجال التصوير الطبي والعلاج الإشعاعي، بما في ذلك استخدام المواد المشعة في التصوير بالرنين المغناطيسي والتصوير بالمقطع المستمر المحسن. بالإضافة إلى ذلك، يناقش البحث تطبيقات المواد المشعة في علاج الأورام السرطانية والأمراض الأخرى، مع التركيز على الابتكارات الحديثة في تقنيات العلاج الإشعاعي المستهدف. تخلص الدراسة إلى أهمية استخدام هذه التقنيات بشكل آمن وفعال في التطبيقات الطبية، وتوجه نحو الأبحاث المستقبلية لتحسين الفعالية وتقليل الآثار الجانبية المحتملة.

المحتويات

ت		الصفحة
	الفصل الاول: المقدمة	
1-1	مقدمة عن المواد المشعة:	1
1-2	مصادر المواد المشعة	2
1-3	أمثله على المواد المشعة	2
1-4	الخصائص الاساسية للمواد المشعة	3
1-5	أهمية استخدام المواد المشعة في تحسين التشخيص والعلاج في الطب.	4
1-6	اهداف البحث	5
1-7	مراجعة الادبيات	6
	الفصل الثاني: تطبيقات المواد المشعة في الطب	
2-1	يستخدم الإشعاع لأغراض التشخيص:	8
2-1-1	تصوير الأشعة السينية والـ CT Scan	9
2-1-2	نظام الكشف :	11
2-2	الطب النووي والعلاج الإشعاعي	12
2-2-1	بعض النظائر المستخدمة في الطب النووي:	14
2-2-2	النظار لأغراض التشخيص	15
2-3	التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) وتقنيات أخرى	18
	الفصل الثالث: التحديات والمستقبل	20
3-1	التحديات المرتبطة بتطبيقات المواد المشعة في الطب	21
3-2	دراسة التأثيرات الجانبية والمخاطر المحتملة لاستخدام المواد المشعة.	21
3-3	التحديات الأخلاقية والتنظيمية في مجال تطبيقات المواد المشعة.	22
3-4	الابتكار والتطوير المستقبلي	24
3-5	الأبحاث والتطورات المستقبلية المتوقعة في مجال تطبيقات المواد المشعة في الطب.	25
3-6	كيف يمكن تحسين وتطوير التقنيات الحالية.	27
3-7	توجيهات للبحوث المستقبلية في هذا المجال.	28
	المراجع	31

قائمة الاشكال

ت	الشكل	الصفحة
1	محاولة لتوضيح النقاط الرئيسية لالتقاط صورة بالأشعة السينية	9
2	شكل يوضح طيف الاشعة السينية	10
3	شكل يوضح كيفية صنع النظير بالإضافة الى خصائصه الفيزيائية	17
4	يوضح جهاز الرنين المغناطيسي لاكتشاف ودراسة تفاصيل الدماغ والعمود الفقري	18

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول: المقدمة

1-1 مقدمة عن المواد المشعة:

تُعرف المواد المُشعة (بالإنجليزية: radioactive elements) بأنها مواد تنقسم بمرور الزمن، ويَنتج عن هذا الانقسام تحرير للطاقة وتحوّل المادة إلى عنصر آخر، والمواد هي مجموعة من الذرات، وتتألف الذرة من عدد ثابت من البروتونات والإلكترونات والنيوترونات، وعدد البروتونات هو الذي يُحدد هوية العنصر، وقد يختلف العنصر نفسه أحياناً في عدد النيوترونات مع ثبات عدد البروتونات، مما يجعل للعنصر نظائر ذات عدد نيوترونات مختلف، والكثير من هذه النظائر غير مستقر؛ أي أنه يلجأ إلى إطلاق بعض النيوترونات أو البروتونات أو الطاقة أثناء التحلّل الإشعاعي (بالإنجليزية: Radioactive Decay)، وهناك ثلاثة أنواع شائعة للأشعة التي تُطلقها العناصر عند انقسامها، وهي كالآتي:

اضمحلال ألفا: وهو الاضمحلال الذي يَنتُج عنه أكبر إطلاق للأجسام، والمكوَّنة من نيوترونين وبروتونين.

اضمحلال بيتا: وهو الاضمحلال الناتج عن انطلاق إلكترون واحد ليُصبح النيوترون في الذرة بروتون، وجُسيمات بيتا أخف من جسيمات ألفا؛ حيث يمكنها اختراق المواد بعمقٍ أكبر.

اضمحلال جاما: وهو الاضمحلال الذي لا ينتج عنه أي تحرير للجسيمات، وإنما يتم عند تحرير الطاقة لدى النظائر الناتجة عن اضمحلال ألفا وبيتا على شكل أشعة جاما، كما أن أشعة جاما قادرة على اختراق الأشياء بشكلٍ أكبر وقد تُلحق الضرر بالبشر.

وكذلك يمكن ان تعرف المواد المشعة على انها مجموعة من المواد التي تظهر خاصية إشعاعية، وهي تطلق إشعاعًا أو جسيمًا عندما يتم تعرضها للطاقة. يمكن أن تكون هذه الطاقة عبارة عن إشعاع كهرومغناطيسي (مثل الأشعة السينية أو الأشعة تحت الحمراء) أو جسيمات (مثل النيوترونات أو الإلكترونات). تستخدم المواد المشعة في مجالات متعددة، بما في ذلك الطب (للتشخيص والعلاج)، والصناعة (للكشف عن العيوب وتحسين الجودة)، والطاقة (في إنتاج الطاقة النووية)، والأبحاث العلمية [1].

1-2 مصادر المواد المشعة:

فيما يأتي أهم مصادر المواد المشعة:

- الطبيعة: قد تتواجد بعض النظائر المشعة بشكل طبيعي في الأرض، كنتيجة للاصطناع النووي (بالإنجليزية: nucleosynthesis) للنجوم، أو انفجارات السوبرنوفا، وعادةً ما يكون للنظائر الطبيعية المشعة فترة نصف عمر طويلة؛ أي أنها تظل لفترات طويلة مُستقرة لجميع الأغراض العملية، وعند تحلّلها فإنها تُكوّن ما يُسمى بالنويدات المشعة، ومن أمثلة ذلك تحلل نظائر الثوريوم -232، واليورانيوم 238، واليورانيوم -235، لينتج عنها نويدات مُشعة ثانوية من الراديوم والبولونيوم.
- الانشطار النووي: يَنتُج عن النشاط النووي المُتمثّل بمحطات الطاقة النووية والأسلحة النووية الحرارية عدداً من النظائر المشعة، وعادةً ما يُنتِج عن الانشطار النووي عدد كبير من النظائر المشعة، وهذا ما يجعل مُعالجة آثار الأنشطة النووية صعباً ومعقداً.
- العناصر الصناعية: لم يعثر العلماء على العنصر الأخير في الجدول الدوري، وقد تم اصطناع هذا العنصر عن طريق إنتاج العناصر المشعة في المفاعلات النووية والمُسارعات، ومن أمثلة النظائر المشعة المحضّرة بهذه الطريقة، عنصر الإيريديوم -192. [2]

1-3 أمثلة على مواد مشعة:

تُعد جميع العناصر التي تقع في الجدول الدوري ولها أرقام ذرية ما بين 84-118 عناصر مشعة وموجودة بشكل طبيعي في الأرض، بالإضافة إلى العنصرين Pm و Tc ، كما أن هناك فاصلاً في الجدول الدوري ما بين الرقمين 110-120؛ إذ يعتقد العلماء بأنها أماكن لعناصر مشعة لم يتم اكتشافها بعد، وهناك 29 عنصراً مشعاً في الجدول الدوري، من أهمها ما يأتي:

تكنيتيوم (TC)، وهو معدن انتقالي.

بروميثيوم (Pm)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

بولونيوم (Po).

استاتين (At)، وهو أحد الهالوجينات.

غاز الرادون (Rn)، وهو غاز نبيل.

فرانسيوم (Fr)، وهو معدن قلوي.

الراديوم (Ra) معدن قلوي أرضي.

الأكتينيوم (AC)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

الثوريوم (Th)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

البروتكتينيوم (Pa)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

اليورانيوم (U)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

النبتونيوم (Np)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

البلوتونيوم (PU)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

أميريسيوم (Am)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

كوريوم (Cm)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

بركيليوم (Bk)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

كاليفورنيا (Cf)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

أينشتينيوم (Es)، وهو من المعادن الأرضية النادرة.

لورنسيوم (Lr)، وهو من المعادن الأرضية النادرة. [3]

1-4 الخصائص الاساسية للمواد المشعة:

لغرض وضع ضوابط مناسبة لتداول المواد المشعة يستلزم التعرف على الخصائص الأساسية لهذه المواد ، فهذه المواد لها خصائص معينة مثل أنواع الإشعاعات المنبعثة منها ومعدل الانبعاث وغيرها . إن معرفة هذه الخصائص ضرورية في وضع الأساليب الوقائية في التعامل مع المواد المشعة ، وفيما يأتي استعراضاً لهذه الخصائص:

- قدرة الاختراق: تمتلك المواد المشعة قدرة على اختراق المواد الحيوية بشكل كبير، مما يجعلها مفيدة في تقنيات التصوير الطبي وتحليل الأنسجة الداخلية.
- قدرة التميز: يمكن لبعض المواد المشعة تحسين قدرة التمييز في التصوير الطبي، سواء كوكيل تحسين في التصوير بالرنين المغناطيسي أو عامل تحسين في صور الأشعة السينية.

- عمر نصف طويل: بعض المواد المشعة تتميز بعمر نصف طويل، مما يسمح بتوفير وقت كافٍ لإجراء العمليات التشخيصية أو العلاجية.
- الاستجابة للأنسجة الهدف: يمكن تصميم المواد المشعة بحيث تتفاعل بشكل محدد مع الأنسجة المستهدفة، مما يقلل من التأثيرات الجانبية على الأنسجة السليمة.
- إمكانية الاستخدام في العلاج الإشعاعي: تستخدم المواد المشعة في العلاج الإشعاعي لتدمير الخلايا السرطانية بفعالية، مما يسهم في مكافحة الأمراض السرطانية.
- القدرة على تحديد وظائف الأعضاء: تساعد المواد المشعة في تحديد وظائف الأعضاء والهياكل الداخلية بشكل دقيق، مما يساعد في تحديد تشخيص الأمراض وتقييم الحالة الصحية.
- استجابة سريعة: بعض المواد المشعة تعطي استجابة سريعة، مما يتيح استخدامها في تقنيات التشخيص السريع والفحص الطبي.
- التكنولوجيا المتقدمة: تتسم التطبيقات الطبية للمواد المشعة بالتقنيات المتقدمة، مما يسهم في تطوير وتحسين أساليب التشخيص والعلاج في المجال الطبي.

هذه الخصائص تجعل المواد المشعة أدوات حيوية في مجال الطب، حيث تسهم في تحسين قدرة الأطباء على تشخيص الأمراض وتقديم العلاج بشكل أكثر دقة وفاعلية. [4]

1-5 أهمية استخدام المواد المشعة في تحسين التشخيص والعلاج في مجال الطب.

ويمكن للإشعاع المؤين أن يخترق الأجسام الصلبة بعمق. وهذه الخاصية هي أساس كل من التشخيص والعلاج بالإشعاع. وتنبعث الأشعة السينية، وهي واحدة من أشكال الإشعاع المؤين، من جهاز تشعيع على جانب واحد من الجسم. ويجري الكشف عن الإشعاع الذي يمر من خلال الكائن عن طريق مكاشيف مناسبة على الجانب الآخر. ويمكن استخدام هذه العملية لإنتاج صورة تُظهر الهياكل الداخلية للكائن المشعع دون فتحه. وعندما تُطبق هذه العملية في الطب، في مجال متخصص يسمى الأشعة التشخيصية، فإنها توفر صوراً للهياكل الداخلية للجسم البشري بحد أدنى من التدخل.

وفي الطب النووي، يحقن الممارسون الطبيون المرضى بمادة مشعة تتراكم في الجزء المستهدف من الجسم. ومن خلال الكشف عن الإشعاع الخارج من الجسم يمكنهم استخلاص استنتاجات بشأن الوظائف الفسيولوجية للتشريح. وفي العلاج الإشعاعي، يخترق الإشعاع الجسم لاستهداف الأورام وتدميرها.

وتشكل المصادر الطبيعية حوالي ٨٠ في المائة من المتوسط العالمي للجرعة السنوية التي يتعرض لها الناس. والإشعاع الطبي هو أكبر مصدر اصطناعي يتعرض له الإنسان. وتبلغ مساهمته في متوسط إجمالي الجرعة السنوية حوالي ٢٠ في المائة. ويمثل هذا حوالي نصف مساهمة أكبر مكون طبيعي – استنشاق الرادون في المباني – في متوسط الجرعة السنوية.

ولهذا السبب، من المهم تقليل حالات التعرض الطبية غير المبررة إلى الإشعاعات المؤينة. ويتحقق ذلك من خلال تحسين عمليات تبرير حالات التعرض وتعظيم الاستفادة منها. ويتطلب التبرير عدم تعرض الشخص للإشعاع إلا عندما يكون له منفعة صافية واضحة. ومن ناحية أخرى، تقلل عمليات التحسين جرعة الإشعاع المستخدمة لتحقيق نتيجة تشخيصية أو علاجية محددة إلى أدنى مستوى قابل للتحقيق ومعقول. [5]

1-6 اهداف البحث:

يشير البحث الى هدفين مهمين هما:

1. **تحسين تشخيص الأمراض:**

- يهدف البحث إلى تطوير واستخدام مواد مشعة لتحسين دقة وفعالية تقنيات التشخيص الطبي، مما يساهم في اكتشاف الأمراض في مراحل مبكرة وتحديد الخلايا الغير طبيعية بشكل دقيق.

2. **تطوير علاجات فعّالة وآمنة:**

- الهدف الرئيسي هو البحث عن تطبيقات متقدمة للمواد المشعة في مجال علاج الأمراض، سواء كان ذلك من خلال تحسين تقنيات العلاج الإشعاعي أو تطوير مواد مشعة جديدة تستهدف بشكل أفضل الخلايا المرضية مع تقليل التأثير على الأنسجة السليمة.

1-7 مراجعة للأدبيات

مراجعة للدراسات والأبحاث السابقة المتعلقة بتطبيقات المواد المشعة في مجال الطب.

(Koch, M, at all,2024) درسوا التغيرات بالموجات فوق الصوتية في الغدد اللعابية بعد العلاج باليود المشع في الأمراض الحميدة والسرطان المتمايز للغدد الدرقية مع مراعاة الجرعة والاعتماد على الوقت [6] .

(Wang, Y,at all,2024)درسوا تطوير نموذج تشخيصي لنتائج العلاج باليود المشع (RAI) في المرضى الذين يعانون من مرض Graves. تم تسجيل127 مريضا. تم جمع معلومات عن علاج RAI، ومؤشرات الموجات فوق الصوتية للغدة الدرقية. تم استخدام موديل The competing risk modelلتقدير نسب الخطر المعدلة متعدد المتغيرات (HRs) وفترات الثقة 95٪ (CIs) لعدم الشفاء أو تكرار فرط نشاط الغدة الدرقية (NHRH). حيث لاحضوا انه يمكن أن تلعب تقنيات Ki-67 وقياس حجم الموجات فوق الصوتية والتصوير الومضاني أدوارًا مهمة في تقييم نتائج علاج RAI لدى مرضى مرض Gravs. يُظهر مخطط التنبؤ دقة معقولة في التنبؤ بـ NHRH [7].

(Grünwald, F., at all,2024) استنتجوا يجب أن يواجه التصوير الومضي للغدة الدرقية منافسة مع العديد من الإجراءات التشخيصية الأخرى، لكنه لا يزال له دور رئيسي لا شك فيه في التوصيف الوظيفي لعقيدات الغدة الدرقية.على الرغم من أن علاج الأمراض الأخرى، وخاصة الأمراض الخبيثة الجهازية، يجذب المجتمع العلمي للطب النووي بقوة أكبر، فإن استخدام النظائر المشعة في أمراض الغدة الدرقية يوفر مجالات مهمة للتطورات الجديدة والتحسين إلى جانب التقنيات الكلاسيكية والراسخة. العلاجي للغدة الدرقية، اليود المشع، وهو الأصل التاريخي لجميع المبادئ العلاجية، المبنية على الآليات الجزيئية في الغدة الدرقية [8] .

(Bharti, M., at all,2023) درسوا مراجعة مختصرة للمواد المشعة للأغراض العلاجية والتشخيصية ، لقد تطور العلاج الإشعاعي منذ اكتشاف الأشعة السينية في عام 1895. والهدف من العلاج الإشعاعي هو تشكيل أفضل جرعة متساوية على حجم الورم مع الحفاظ على الأنسجة الطبيعية. هناك ثلاث مزايا: علاج المريض، والحفاظ على الأعضاء، وفعالية التكلفة. أكدت التجارب العشوائية على العديد من أشكال السرطان المختلفة (بما في ذلك سرطان الثدي والبروستاتا والمستقيم) بدرجة عالية من الأدلة العلمية فعالية العلاج الإشعاعي وتحمله. وقد تم دعم مثل هذه الإنجازات، التي تعتبر بالغة الأهمية لنوعية حياة المرضى، في الماضي. تم تطوير المستحضرات الصيدلانية الإشعاعية لتشخيص وعلاج الاضطرابات المختلفة، بما في ذلك فرط نشاط الغدة الدرقية، وعدم الراحة في العظام، وسرطان

الغدة الدرقية، وغيرها من الحالات مثل النقائل، والفشل الكلوي، واحتشاء عضلة القلب ونضح الاحتشاء الدماغي. من الممكن أيضًا تعقيم المواد الحرارية بمادة مشعة. ويشمل ذلك الضمادات الجراحية ومجموعة واسعة من الإمدادات الطبية الأخرى. يوفر الطب النووي العديد من المزايا، بما في ذلك توطين الورم، والتشخيص الآمن، وعدم تراكم الإشعاع، وفعالية العلاج الممتازة. في الوقت الحاضر، يركز مجال الصيدلة النووية على تطوير مواد صيدلانية مشعة جديدة ستكون مفيدة [9].

(Wang, V. A, at all,2023) قاموا ولاول مرة بتقييم ارتباطات التعرض المحيطي والداخلي لنشاط جسيم ألفا المحدد من عينات مرشح $PM \geq 2.5$ ميكرومتر (PM2.5) الداخلية مع الوظيفة الرئوية بين مرضى مرض الانسداد الرئوي المزمن في ولاية ماساتشوستس الشرقية والمناطق المجاورة لها على مدى فترة طويلة من العام 2012الى عام 2017 [10].

الفصل الثاني

تطبيقات المواد المشعة في الطب

الفصل الثاني: تطبيقات المواد المشعة في الطب

(Application of radiation in medicine)

2-1 يستخدم الإشعاع لأغراض التشخيص:

سنناقش في هذا الفصل استخدام الإشعاع بأنواعه المختلفة في التصوير الطبي. ويشمل ذلك أفلام الأشعة السينية العادية، واستخدام وسائط التباين، وشاشات الفلورسنت، ومكثفات الصورة، والتصوير المقطعي المحوسب، واستخدام التكنولوجيا الرقمية لجميع أنظمة الأشعة السينية. في حالة الأشعة السينية، يكون المصدر على الجانب الخارجي للمريض ويكون الكاشف على الجانب الآخر - إلا في حالة الأشعة السينية المتناثرة.

ونعتزم أيضًا النظر بمزيد من التفصيل في استخدام النظائر المشعة لأغراض التشخيص. عند استخدام النظائر، دائمًا ما يكون إشعاع الجاذبية هو الذي يعطي المعلومات. علاوة على ذلك، فإن النظائر موجودة داخل الجسم، والفوتونات الجاية الخارجة هي التي تنتج المعلومات. يتم الحصول على نوعين من المعلومات؛

أ). معلومات حول مكان تواجد النظائر، ب). سوآءا كان توزيع النشاط ينحرف عن الطبيعي في عضو أو جزء من الجسم.

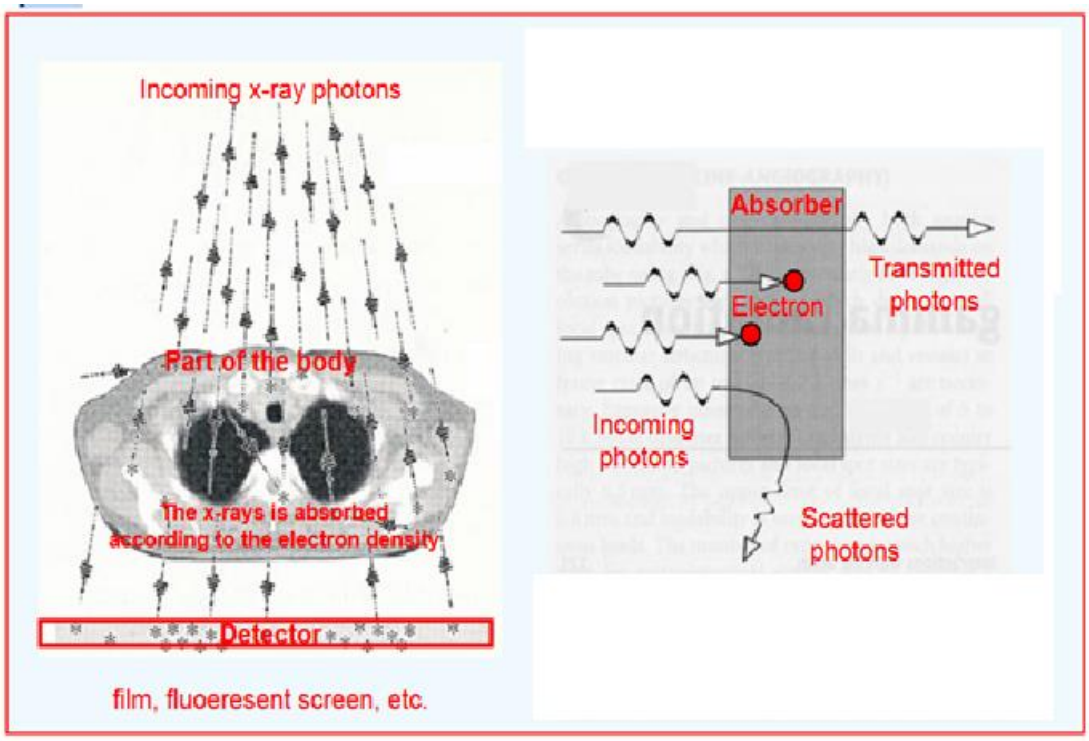
سنقدم تطور الطب النووي بما في ذلك تقنية PET. كل من الأشعة السينية والنظائر ستعطي جرعة إشعاعية للمريض. إن الجرعات صغيرة نوعًا ما - ولا ينبغي أن تكون مثيرة للقلق - ما لم يتم استخدام فرضية LNT والجرعات الجماعية.

ولاستكمال المجال التشخيصي سنذكر طريقتين أخريين مثل الرنين المغناطيسي (MR أو MRI) والموجات فوق الصوتية. في حالة الإشعاع الكهرومغناطيسي MR يتم استخدامه في مزيج مع مجال مغناطيسي قوي. يقع الإشعاع الكهرومغناطيسي داخل مجال التردد اللاسلكي ولا يمكن أن يتأين. الموجات فوق الصوتية هي موجات صوتية بتردد أعلى من 20 كيلو هرتز.

2-1-1 تصوير الأشعة السينية والـ CT Scan

- الأساس المادي لصورة الأشعة السينية:

صورة الأشعة السينية هي صورة ظليه لجزء الجسم الموجود بين أنبوب الأشعة السينية والفيلم. فقط فوتونات الأشعة السينية التي تخترق الجسم وتصل إلى الفيلم هي التي يمكنها إعطاء إشارة أو اسوداد الفيلم. نحن لا نرى الفوتونات الممتصة أو المتناثرة. لكي نرى ما داخل الجسم، يجب أن يكون لدينا "شيء" يمكنه اختراق الجسم - الخروج مرة أخرى - وإعطاء المعلومات. الشكل أدناه هو محاولة لتوضيح النقاط الرئيسية لالتقاط صورة بالأشعة السينية [11].

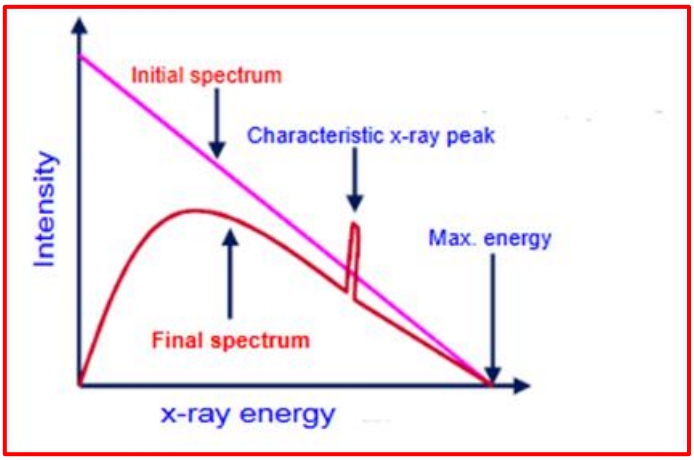


الشكل 1: محاولة لتوضيح النقاط الرئيسية لالتقاط صورة بالأشعة السينية.[11]

- مصدر الأشعة السينية:

عندما تصطدم الإلكترونات ذات الطاقة العالية بـ "القطب المضاد" - يتحول جزء صغير من الطاقة إلى إشعاع. وهذا يعني أن فوتونات الأشعة السينية المتكونة، قد يكون لها عدد من الطاقات المختلفة - في الواقع يتم تشكيل طيف كامل ("الطيف الأولي" في الشكل أدناه).

توصف الأشعة السينية عادةً بطاقتها القصوى، والتي يتم تحديدها بواسطة الجهد بين الأقطاب الكهربائية. في تشخيص الأشعة السينية، يتراوح الحد الأقصى من 20 كيلو فولت إلى حوالي 120 كيلو فولت. ويمكن توضيح طيف الأشعة السينية من خلال الشكل التالي.



الشكل 2: شكل يوضح طيف الاشعة السينية [11]

- الامتصاص والتشتت في الجسم

تأثير الامتصاص والتشتت للأشعة السينية يمثل جزءًا هامًا في تفاعل الأشعة السينية مع الأنسجة البشرية. دعنا نلقي نظرة على الامتصاص والتشتت بشكل مفصل:

- الامتصاص (Absorption): الأشعة السينية تتفاعل مع الأنسجة بطريقة تعتمد على كتلة الجسم المستقطب. الأنسجة التي تحتوي على مواد كثيفة مثل العظام تمتص الأشعة السينية بشكل كبير، وبالتالي تظهر بشكل فاضح على الصور السينية. الأنسجة الخفيفة مثل الأنسجة اللينة تمتص الأشعة السينية بشكل أقل، مما يؤدي إلى ظهورها بشكل أفتح على الصور.
-
- التشتت (Scattering):يحدث التشتت عندما تتفاعل الأشعة السينية مع الجزيئات داخل الأنسجة وتغير اتجاهها. التشتت يمكن أن يؤدي إلى فقدان بعض الطاقة، مما يؤثر على جودة الصورة. يمكن استخدام أجهزة التصوير بشكل فعال لتقليل التشتت وتحسين دقة الصورة.
- التبديل بين الامتصاص والتشتت:

في الأغلب، تحدث كلا العمليتين (الامتصاص والتشتت) في نفس الوقت. الامتصاص يلعب دورًا أساسيًا في إنتاج صور ذات جودة عالية، خاصة في تمييز الهياكل الكثيفة مثل العظام. يمكن استخدام تقنيات متقدمة مثل التصوير بالتباين لتحسين تمييز الهياكل اللينة وتقليل التأثيرات الناتجة عن التشتت.

فهم تأثيرات الامتصاص والتشتت يساعد في تحسين فهمنا لكيفية تكوين الصور السينية وكيف يمكن استخدام هذا التفاعل للكشف عن التغيرات والأمراض داخل الجسم.

2-1-2 نظام الكشف :

لكشف بالأشعة السينية يعتبر وسيلة تشخيصية قوية تستخدم للكشف عن العديد من الأمراض والحالات الطبية. هناك عدة خطوات تُتبع عند إجراء فحص بالأشعة السينية للكشف عن الأمراض:

1. **تحضير المريض:**

- يتم تحضير المريض عند الحاجة، مثل توجيهه إلى ارتداء ملابس خاصة أو إزالة المجوهرات والأغراض المعدنية.
- قد يُطلب من المريض تناول وضعيات معينة أثناء إجراء الفحص.

2. **توجيه الشعاع السيني:**

- يتم توجيه شعاع الأشعة السينية من مصدر الإشعاع نحو المنطقة المستهدفة في جسم المريض.
- يتم تحديد زاوية الإشعاع ومدى التعرض للحصول على صورة دقيقة.

3. **تسجيل الصورة:**

- يتم تسجيل الأشعة المارة عبر الأنسجة على جهاز استشعار أو فيلم حساس، ويتم تحويل هذه الإشارات إلى صور ثنائية الأبعاد.
- تظهر الهياكل الداخلية بألوان مختلفة اعتمادًا على مدى امتصاص الأشعة السينية.

4. **تقييم الصور:**

- الأطباء المختصين (مثل أطباء الأشعة) يقيمون الصور لتحديد وجود أي تغييرات أو تشوهات في الأنسجة.
- يتم التركيز على تحديد الأورام، التشوهات العظمية، التكلسات، أو أي علامات تشير إلى أمراض معينة.

5. **توجيه التشخيص:**

- يُستخدم تحليل الصور لتوجيه تشخيص محتمل.
- يمكن أن يُشخص الأطباء الأمراض مثل الكسور، الأورام، التهابات الرئة، الأمراض القلبية، والعديد من الحالات الأخرى.

يُشير فحص الأشعة السينية إلى مدى قوة الأشعة السينية خلال المواد المختلفة، وهو يوفر للأطباء صورًا دقيقة للأنسجة الداخلية، مما يسهم في تحديد تشخيص دقيق للمشاكل الصحية والأمراض [12]

2-2 الطب النووي والعلاج الإشعاعي

لقد تم استخدام النظائر المشعة لأكثر من 100 عام في الطب – سواء في العلاج الإشعاعي أو لأغراض التشخيص. حوالي 90% من الاستخدام الطبي للنظائر هو لأغراض التشخيص. النظائر المشعة الأكثر شيوعًا المستخدمة في التشخيص هي technetium-99 ، ولكن هناك عددًا كبيرًا من النظائر الأخرى قيد الاستخدام. يمكن بسهولة تصوير الغدة الدرقية والعظام والقلب والكبد والعديد من الأعضاء الأخرى، كما يتم الكشف عن الاضطرابات في وظائفها. ويمكن ان تستخدم في التشخيص.

النظار المشعة (Radiographic contrast agents) هي مواد تُضاف إلى الجسم أو تُحقن فيه لتحسين الرؤية والتباين على الصور الشعاعية (الأشعة السينية). هذه المواد تستخدم لتسليط الضوء على هياكل معينة أو لتحسين التمييز بين الأنسجة، مما يسهم في تشخيص أفضل للأمراض والحالات الطبية. هناك نوعان رئيسيان من النظائر المشعة:

1. **النظائر المشعة المنخفضة الكثافة:**

- تشمل المواد مثل الهواء أو الغازات، وهي تستخدم لتحسين التباين بين الهياكل ذات الكثافة المختلفة.
- يمكن أن تظهر النقاط السوداء (غير ملونة) على الصورة، مما يساعد في رؤية التفاصيل بشكل أفضل.
- يُستخدم الهواء عادة لتحسين رؤية الفتحات والأوعية الهوائية داخل الجسم.

2. **النظائر المشعة ذات الكثافة المرتفعة:**

- تشمل المواد الثقيلة مثل الباريوم أو اليود، وهي تستخدم لتحسين رؤية الهياكل الداخلية التي تمتص الأشعة السينية بشكل ضعيف.
- الباريوم يستخدم على نطاق واسع في الفحوصات الهضمية لتحديد هياكل الأمعاء والمعدة.
- اليود يستخدم في تحسين رؤية الأوعية الدموية والأورام، ويمكن حقنه مباشرة في الأوعية الدموية (تصوير الأوعية الدموية بالتصوير بالرنين المغناطيسي (Angiography)).

استخدام النظائر المشعة يتطلب اهتمامًا خاصًا بصحة المريض، حيث يجب تحديد ما إذا كان يعاني من حساسية تجاه هذه المواد. كما يجب اتباع الإجراءات اللازمة لتقديم الدعم والرعاية اللازمة أثناء وبعد الإجراء. يتم استخدام النظائر المشعة بشكل شائع في مجالات مثل التصوير الطبي التشخيصي لتحسين الدقة والتمييز على الصور السينية [13]

وفي حالة صور الصدر يجب أن تكون ذروة الطاقة أكبر لأن الجسم الممتص أكبر بكثير – وبعض الإشعاعات يجب أن تخترق الجسم وتصل إلى الكاشف. إن الفوتونات المرسلة التي تصل إلى الكاشف هي المسؤولة عن الصورة.

نظائر للتشخيص

دعونا نشير إلى بعض المتطلبات المهمة لاستخدام النظائر المشعة:

1. يتم استخدام الإشعاع γ فقط لأغراض التشخيص. لأغراض أخرى، مثلا" أعمال التتبع، النظائر التي تنبعث منها جسيمات β يمكن استخدامها بسهولة.

2. يجب أن يكون للنظائر نصف عمر قصير لأسباب تتعلق بالسلامة والمعالجة. بسبب متطلبات نصف عمر قصير بشكل رئيسي أو بشكل مصطنع فقط النظائر المصنعة تصبح موضع تساؤل. وهذا يعني أن الطب النووي بدأ متى أصبحت المعدات مثل CYCLOTRON و NEUTRON مثل المفاعل متاحة في عام 1930 و1940 **[11]**

2-2-1 بعض النظائر المستخدمة في الطب النووي:

في الطب النووي، يتم استخدام نظائر العناصر الكيميائية المشعة لتحقيق تشخيص دقيق للأمراض ودراسة وظائف الأعضاء والأنسجة. هنا بعض النظائر الشائعة المستخدمة في هذا السياق:

1. **تكنيتيوم-99م:(Technetium-99m)**

- يعتبر Technetium-99m من بين النظائر الأكثر استخدامًا في الطب النووي.
- يُستخدم لعمل صور للعديد من الأعضاء والنظم داخل الجسم، مثل القلب، والكلى، والعظام.
- يتم تحضير مركبات مشعة تحتوي على تكنيتيوم-99م ويتم حقنها داخليًا للحصول على صور دقيقة.

2. **فلور-18:(Fluorine-18)**

- يُستخدم في إنتاج مادة مشعة معروفة باسم 2-فلورو-2-ديوكسيغلوكوز.(FDG)
- يُحقن FDG داخليًا ويُستخدم للكشف عن الأورام والتحقق من نشاط الأيض في الأنسجة، مما يساعد في تحديد إذا كانت الأنسجة تستهلك الجلوكوز بشكل زائد كما يحدث في الأورام السرطانية.

3. **يود-131:(Iodine-131)**

- يستخدم في علاج بعض أنواع السرطان الدرقي وفي الطب النووي لتحديد وظائف الغدة الدرقية.
- يُحقن اليود-131 أو يُؤخذ عن طريق الفم ويُستخدم لتدمير خلايا الغدة الدرقية الزائدة نشاطًا.

4. **جاليوم-67:(Gallium-67)**
   - يستخدم في دراسة الالتهابات والأورام، حيث يتم امتصاصه بشكل أكبر في المناطق ذات التهيج أو الالتهابات.

5. **تاليوم-201:(Thallium-201)**

- يُستخدم في تصوير القلب لتقييم التدفق الدموي وتحديد مناطق التسوس العضلي.

هذه النظائر تُستخدم بشكل فعال في الطب النووي لتحقيق تشخيص دقيق وللمساهمة في فهم الوظائف الفيزيولوجية والتغيرات البيولوجية داخل الجسم. [14]

2-2-2 النظائر لأغراض التشخيص:

يمكن للعديد من النظائر التي تنبعث منها الأشعة السينية أن تستخدم لأغراض التشخيص. على سبيل المثال، سيتم تجميع I-131 في الغدة الدرقية ويمكن من خلال كاميرا جاما تقديم معلومات حول أمراض الغدة الدرقية. لقد أشرنا من قبل إلى أن النظير الأكثر استخدامًا للمعلومات الطبية هو Tc-99m. لذلك دعونا نعطي بعض التفاصيل حول النظير – تكوينه واستخدامه [15].

1. **تكوين النظير:**

- يتم إنتاج Tc-99m عن طريق تحويل التكنيتيوم-98 (Tc-98) إلى Tc-99m عن طريق التحلل الإشعاعي.
- Tc-99mينبعث إشعاعاً بيتا خلال عملية تحول إلى التكنيتيوم-99 (Tc-99) الذي لا يشع إشعاعاً.

2. **نصف العمر الزمني:**

- تكنيتيوم-99 mلديه نصف عمر زمني قصير يبلغ حوالي 6 ساعات. هذا يعني أنه يتحلل بسرعة ويفقد نصف كميته خلال هذا الوقت.

3. **تحلل إشعاعي:**

- تحدث تحولات إشعاعية عندما يتحلل Tc-99m إلىTc-99 ، ويتم استخدام الإشعاع الناتج للحصول على الصور الطبية.

استخدامات:

1. **تصوير العظام:**

- يتم استخدام Tc-99m في إجراءات تصوير العظام لتقييم هيكل ووظيفة العظام والمفاصل.

2. **تصوير القلب:**

- يُستخدم لتقييم تدفق الدم إلى عضلات القلب والكشف عن تسوسات عضلة القلب.

3. **تصوير الكلى:**

- يُستخدم لتقييم وظيفة الكلى والكشف عن أمراض الكلى.

4. **تصوير الغدة الدرقية:**

- يُستخدم لدراسة وتشخيص أمراض الغدة الدرقية.

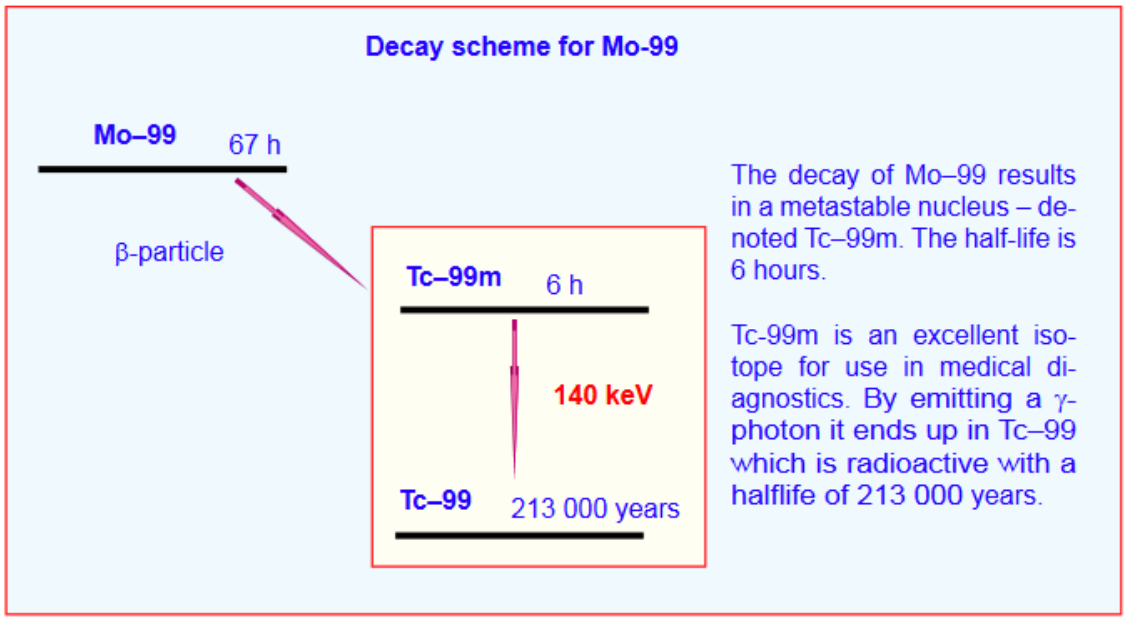
5. **تصوير الأوعية الدموية:**

- يُستخدم في تصوير الأوعية الدموية لتقييم الدورة الدموية والكشف عن تغيرات في الأوعية الدموية.

6. **البحوث السريرية:**

- يُستخدم في الأبحاث السريرية لتطوير واختبار إجراءات جديدة ومحتملة في مجال الطب النووي.

تكوين Tc-99m واستخداماته المتنوعة تجعله أحد النظائر الهامة في مجال الطب النووي، حيث يُسهم في تشخيص الأمراض وفهم الوظائف البيولوجية داخل الجسم.



الشكل 3: شكل يوضح كيفية صنع النظير بالإضافة الى خصائصه الفيزيائية

يرتبط Mo-99 بأكسيد الألومنيوم. عمر النصف هو 67 ساعة. يتم شطف المركب بمحلول ملحي فسيولوجي، ويتبع Tc-99m الذي تم تكوينه الماء - فهو مثل "الحلب".

والخطوة التالية هي ربط هذا النظير بمركبات يمكنها نقله إلى أماكن معينة في الجسم يمكن دراستها. تم تصنيع أكثر من 30 مركبًا يعتمد على Tc-99m للتصوير والدراسات الوظيفية للدماغ وعضلة القلب والغدة الدرقية والرئتين والكبد والمرارة والكلى والهيكل العظمي والدم والأورام.

يُصدر Tc-99m إشعاع جاما بطاقة تبلغ 140 كيلو إلكترون فولت، والتي تفلت من الجسم بسهولة ويمكن قياسها بسهولة. يمكن قياس توزيع النشاط الإشعاعي في الجسم.

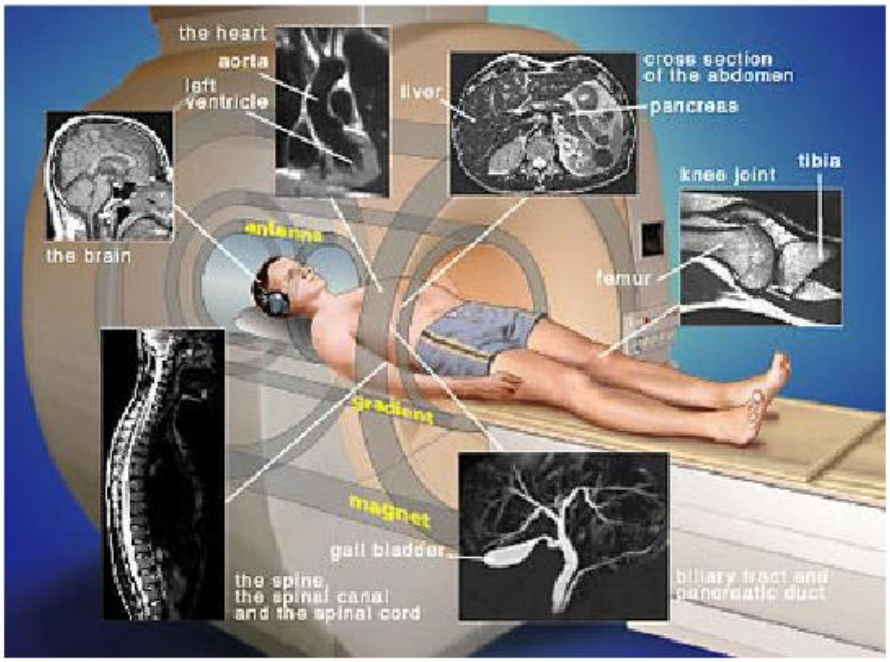
من وجهة نظر الفيزيائيين، ربما تكون التقنية التي تم تطويرها لمراقبة توزيع النشاط الإشعاعي هي الأكثر إثارة للاهتمام - بينما من وجهة نظر طبية، فإن القدرة التشخيصية هي الأكثر إثارة للاهتمام.[11]

2-3 التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) وتقنيات أخرى

تستخدم معظم ماسحات الرنين المغناطيسي في المستشفيات مغناطيس بقوة 1.5 تسلا. تتكون المغانط الكهربائية من ملف لولبي يتم تبريده إلى درجة حرارة تصل إلى حوالي 4 كلفن بواسطة الهيليوم السائل. في مثل هذه درجات الحرارة يتم تحقيق التوصيل الفائق ومن الممكن إرسال تيارات كبيرة عبر الملف اللولبي وبالتالي الحصول على المجالات المغناطيسية الكبيرة المطلوبة.

يمكن استخدام الرنين المغناطيسي لدراسة جميع أعضاء الجسم المختلفة. بالنسبة لأجزاء الجسم التي تحتوي على عظام، فمن الصعب استخدام الأشعة السينية لدراسة الأنسجة المحيطة بها - لأن العظام تمتص الأشعة السينية أكثر بكثير من الأنسجة.

في هذه الحالات يكون MR ذا قيمة كبيرة. وقد تم استخدامه لدراسة التفاصيل في الدماغ والعمود الفقري. تؤدي أمراض الدماغ إلى تغيرات في محتوى الماء والتي يمكن رؤيتها بالرنين المغناطيسي. وبالتالي، لا يمكن اكتشاف سوى اختلاف في محتوى الماء بنسبة 1 بالمائة. يمكن دراسة مرض التصلب المتعدد (MS) ومتابعته بالرنين المغناطيسي. يؤدي المرض إلى حدوث التهابات في الدماغ والعمود الفقري، ومن الممكن تحديد موقعها وملاحظة تأثير العلاج باستخدام الرنين المغناطيسي. انظر الشكل 4:



الشكل 4: يوضح جهاز الرنين المغناطيسي لاكتشاف ودراسة تفاصيل الدماغ والعمود الفقري

تقنية التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) تستخدم المجالات المغناطيسية والإشارات الراديوية لإنتاج صور ثلاثية الأبعاد للأنسجة والهياكل داخل الجسم. يتم ذلك عن طريق تحفيز الذرات المائية في الأنسجة باستخدام حقل مغناطيسي قوي وإرسال إشارات راديوية لقياس رد الفعل الناتج. [16]

تقنيات أخرى:

1. **تصوير الأمواج فوق الصوتية:(Ultrasound)**

- تستخدم الأمواج فوق الصوت لإنتاج صور للأنسجة الداخلية باستخدام تأثيرات انعكاس الأمواج الفوق صوتية.
- تستخدم على نطاق واسع لفحص الجنين، والأعضاء الداخلية، والأوعية الدموية.

2. **تصوير الكمبيوتر المقطعي:(CT Scan)**

- يستخدم أشعة السينية لإنتاج صور مفصلة ثلاثية الأبعاد للأنسجة والهياكل.
- يُستخدم لتشخيص الكسور، والأورام، والتشوهات العظمية.

3. **التصوير الوظيفي:(Functional Imaging)**

- يُستخدم لتقييم وظائف الأعضاء، مثل تصوير الدماغ بواسطة التصوير بالاستقطاب المغناطيسي.(fMRI)

4. **التصوير الجزيئي:(PET Scan)**

- يُستخدم في تصوير الوظيفة الحيوية للأنسجة والتحقق من نشاط الأيض باستخدام نظائر مشعة.

5. **التصوير البصري بالأشعة السينية:(X-ray Imaging)**

- تستخدم للكشف عن الكسور والتشوهات العظمية وتصوير الصدر والأسنان.

تلك التقنيات تُستخدم بشكل متكامل لتحقيق تشخيص دقيق للأمراض ودراسة الأنسجة والهياكل الداخلية بطرق متنوعة وفقًا لاحتياجات المرضى وطبيعة الحالة الطبية.

الفصل الثالث

التحديات والمستقبل

الفصل الثالث: التحديات والمستقبل

تواجه مجالات الطب والتكنولوجيا الطبية تحديات متنوعة تتطلب تفكيراً إبداعياً وجهوداً مستمرة للتغلب عليها. ونشير إلى بعض التحديات :

1. **تحسين الدقة والتشخيص المبكر:**

- يتطلب التحسين المستمر للتكنولوجيا الطبية الرؤية نحو تحقيق التشخيص المبكر للأمراض، مما يتيح البدء في العلاج بمراحل مبكرة.

2. **توفير الوصول للتقنيات الحديثة:**

- تحديات الوصول إلى التقنيات المتقدمة قد تظل عائقًا، خاصة في المناطق النائية أو البلدان ذات الموارد المحدودة.

3. **الأمان والخصوصية:**

- يتطلب التطور في التقنيات الطبية تكاملًا فعّالًا للحفاظ على أمان المرضى وخصوصيتهم، خاصة في مجالات مثل تقنيات تحليل البيانات الكبيرة والذكاء الاصطناعي.

4. **التكاليف والاستدامة:**

- قد تكون التكاليف العالية لتطوير وتشغيل التقنيات الطبية المتقدمة تحديًا في توفير الخدمات الصحية للجميع، وهو أمر يتطلب تحسين الكفاءة والاستدامة.

5. **تكامل التقنيات:**

- يتطلب التقدم المستقبلي تكاملًا فعّالًا بين مختلف التقنيات الطبية لتحسين تجربة المريض وزيادة فعالية العلاج.

6. **تطوير الأدوات الجراحية والعلاجية:**

- يعد تطوير أدوات جراحية وأساليب علاجية جديدة تحديًا مستمرًا لتحسين نتائج الجراحات وتقديم علاجات فعّالة وأقل تأثيراً جانبيًا.

مع التحديات يأتي أيضًا فرص كبيرة لتحسين الرعاية الصحية وتقديم حلاً للمشاكل الطبية. يتوقع أن يتم تحقيق تطورات كبيرة في مجالات مثل الجينوميات، والطب الشخصي، والتكنولوجيا النانوية، مما سيسهم في مستقبل أكثر فعالية وشمولاً للرعاية الصحية [17]

3-1 التحديات المرتبطة بتطبيقات المواد المشعة في الطب

تطبيقات المواد المشعة في الطب تواجه تحديات متنوعة، منها:

- **السلامة الإشعاعية :**ضرورة ضبط وتحديد الجرعة الإشعاعية بحيث تكون آمنة للمرضى والفرق الطبية.
- **التأثيرات البيئية :**التحدي في التعامل مع النفايات الإشعاعية بشكل آمن وصديق للبيئة.
- **التأمين والتشغيل :**ضرورة تحقيق معايير صارمة للتأمين والتحكم في العمليات لضمان السلامة.
- **تحديات التكنولوجيا :**ضرورة التطوير المستمر لمواد مشعة جديدة وتقنيات التصوير.
- **القضايا الأخلاقية والتوعية :**ضرورة توفير توعية للمرضى حول استخدام المواد المشعة وتوضيح المخاطر المحتملة.
- **التشريعات والضوابط :**الالتزام بالتشريعات والضوابط المحلية والدولية لضمان الامتثال وتفادي المشاكل القانونية.

هذه التحديات تتطلب جهوداً مستمرة وتعاوناً مشتركاً لتحقيق تقنيات أمان وفعالية في تطبيقات المواد المشعة في مجال الطب. [18]

3-2 دراسة التأثيرات الجانبية والمخاطر المحتملة لاستخدام المواد المشعة.

استخدام المواد المشعة في الطب يحمل معه تأثيرات جانبية ومخاطر محتملة يجب أن تُدرس وتُفهم بعناية. يمكن أن تشمل هذه التأثيرات والمخاطر:

- **تعرض المريض للإشعاع :**تشكل المواد المشعة خاصة النظائر الإشعاعية، مثل الراديونوكليدات، مصدراً للإشعاع الذي يتعرض له المريض أثناء الفحص أو العلاج.
- **مخاطر الإشعاع الأيوني :**الإشعاع الذي يتم إرساله خلال استخدام المواد المشعة يمكن أن يحدث تأثيرات أيونية في الأنسجة، وهذا يمكن أن يتسبب في تلف خلايا الجسم.
- **التأثيرات الجانبية الحيوية :**قد تظهر تأثيرات جانبية حيوية نتيجة لاستخدام المواد المشعة، مثل التعب، والغثيان، وفقدان الشهية، وهذه التأثيرات يجب مراقبتها وإدارتها بعناية.
- **الاحتمالات الوراثية :**يُعتبر الإشعاع محتملاً لتأثير الوراثة، ولذلك يجب مراعاة النتائج المحتملة على الأجيال اللاحقة.
- **تأثيرات على الأجهزة الحساسة :**بعض المناطق في الجسم أو الأجهزة الحساسة قد تتأثر بشكل أكبر بالإشعاع، مما يتطلب اهتماماً خاصاً خلال الفحوص.
- **مشكلات التسمم :**احتمال حدوث مشكلات التسمم نتيجة للتعرض المفرط للمواد المشعة.

هذه التأثيرات والمخاطر تشكل جزءًا من التقييم الشامل لاستخدام المواد المشعة في الطب، وتستدعي الحاجة إلى استخدام هذه المواد بحذر، وتحت إشراف طبي متخصص، بما يضمن تحقيق فوائد أقصى وتقليل المخاطر إلى الحد الأدنى. [19]

3-3 التحديات الأخلاقية والتنظيمية في مجال تطبيقات المواد المشعة.

التحديات الأخلاقية والتنظيمية في مجال تطبيقات المواد المشعة تشمل العديد من الجوانب الحيوية التي يجب أخذها في اعتبار.

1. **الخصوصية والموافقة:**

- ضرورة حماية خصوصية المرضى وضمان حصولهم على معلومات كاملة حول الاستخدام المشع والحق في الموافقة أو الامتناع عنه.

2. **توفير المعلومات:**

- يجب على المقدمين الصحيين توفير معلومات دقيقة وشافية للمرضى بشأن المواد المشعة المستخدمة، مع تفسير واضح للفحوص والمخاطر المحتملة.
-

3. **تعدد التخصصات:**

- يتطلب استخدام المواد المشعة وجود تعاون بين متخصصين متعددين من مجالات الطب والهندسة والفيزياء لضمان سلامة التطبيق.

4. **تدريب الكوادر الطبية:**

- تحديات في تدريب الكوادر الطبية لضمان استخدام المواد المشعة بطريقة آمنة وفعالة.

5. **التخلص من النفايات:**

- يتطلب التخلص من النفايات الإشعاعية الامتثال للتشريعات والضوابط البيئية، وضمان عدم تأثيرها على البيئة.

6. **تطوير التشريعات والسياسات:**

- ضرورة تطوير وتحسين التشريعات والسياسات التنظيمية للحفاظ على معايير السلامة والأمان في استخدام المواد المشعة.

7. **العدالة والوصول:**

- ضمان توزيع عادل ووصول متساوي للخدمات التي تستخدم فيها المواد المشعة، مع تفادي أي تمييز أو انحياز.

8. **البحث والابتكار:**

- توجد تحديات في توجيه البحث والابتكار نحو تطوير مواد مشعة أكثر فعالية وأمانًا.

تلك التحديات تعكس الضرورة الملحة لتحقيق توازن بين الاستفادة الطبية من المواد المشعة وضمان سلامة المرضى والمجتمع، مع مراعاة الأبعاد الأخلاقية والتنظيمية المتنوع [20] .

3-4 الابتكار والتطوير المستقبلي .

الابتكار والتطوير المستقبلي في مجال تطبيقات المواد المشعة يشمل عدة جوانب وتحديات تهدف إلى تحسين الأداء وزيادة الفعالية والسلامة. إليك بعض الجوانب المهمة في هذا السياق:

1. **تحسين كفاءة الصورة:**

- التركيز على تطوير تقنيات التصوير المستخدمة مع المواد المشعة للحصول على صور ذات دقة أعلى وتفاصيل أكثر.

2. **تقنيات إشعاع أقل:**

- البحث في تطوير مواد مشعة تستخدم إشعاعات أقل، مما يقلل من التعرض للإشعاع ويحسن من سلامة المرضى.

3. **تقنيات الاستشعار الحساسة:**

- استكشاف استخدام تقنيات الاستشعار الحساسة لتحسين دقة التصوير والتشخيص.

4. **التكنولوجيا النانوية:**

- دراسة كيف يمكن استخدام التكنولوجيا النانوية لتحسين تسليم المواد المشعة وتقليل التأثيرات الجانبية.

5. **التطوير في مجال العلاج الإشعاعي:**

- تحسين تقنيات العلاج الإشعاعي مع المركبات المشعة لزيادة فعالية العلاج وتقليل التأثيرات الجانبية.

6. **التشغيل بدقة أعلى:**

- تطوير أجهزة التصوير والتشغيل بدقة أعلى وأمان أكبر لتلبية احتياجات التشخيص والعلاج.

7. **تحسين إدارة النفايات:**

- البحث في تقنيات فعّالة وصديقة للبيئة لإدارة النفايات الإشعاعية.

8. **التعاون الدولي والتبادل المعرفي:**

- تعزيز التعاون الدولي في مجال البحث وتبادل المعرفة لتسريع عمليات التطوير وتحسين الممارسات.

هذه الجوانب تمثل مجالات حيوية للابتكار والتطوير في مجال المواد المشعة، مع التركيز على تحقيق تطبيقات طبية أكثر فعالية وأماناً. [21][22]

3-5 الأبحاث والتطورات المستقبلية المتوقعة في مجال تطبيقات المواد المشعة في الطب.

الأبحاث والتطورات المستقبلية في مجال تطبيقات المواد المشعة في الطب تشمل عدة مجالات واتجاهات مبتكرة، منها:

1. **نظرة أوسع للتشخيص:**

- استكشاف تطوير تقنيات جديدة لتحسين دقة التشخيص باستخدام المواد المشعة، مما يساعد في التعرف على الأمراض في مراحل مبكرة.

2. **تقنيات إشعاعية متقدمة:**

- استمرار البحث في تطوير تقنيات إشعاعية متقدمة وفعّالة، مع التركيز على استخدام إشعاعات أقل وتكنولوجيا النانو لتقليل التأثيرات الجانبية.

3. **التحسين في العلاج الإشعاعي:**

- استمرار الابتكار في مجال العلاج الإشعاعي باستخدام المواد المشعة لتحسين دقة وفعالية العلاج وتقليل التأثيرات الجانبية على الأنسجة السليمة.

4. **تكنولوجيا التصوير ثلاثي الأبعاد (D3)**

- استخدام تقنيات التصوير ثلاثية الأبعاد باستخدام المواد المشعة للحصول على صور دقيقة وشاملة للهياكل الداخلية.

5. **الذكاء الاصطناعي (AI) وتحليل البيانات:**

- دمج التقنيات الذكية مثل الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الطبية المستمدة من تطبيقات المواد المشعة لتحسين دقة التشخيص والتفاعل الدقيق.

6. **تحسين التشغيل والراحة للمرضى:**

- تحسين تصميم الأجهزة وتقنيات التشغيل لتحسين راحة المرضى وتجربتهم أثناء الإجراءات.

7. **التطور في النظم اللامرئية:**

- استكشاف استخدام التقنيات اللامرئية مثل تقنيات الصور الحرارية والأشعة تحت الحمراء لأغراض تشخيصية.

8. **تشغيل متكامل:**

- تطوير أنظمة متكاملة تجمع بين مختلف التقنيات الطبية لتحقيق تشخيص شامل وعلاج فعّال.

هذه التوجهات تمثل مجرد نماذج من التطورات المستقبلية المتوقعة، ويمكن أن تظهر ابتكارات أخرى مع تقدم البحث والتكنولوجيا في مجال تطبيقات المواد المشعة في الطب.

3-6 كيف يمكن تحسين وتطوير التقنيات الحالية.

تحسين وتطوير التقنيات الحالية في مجال تطبيقات المواد المشعة في الطب يشمل النظر في عدة جوانب لتحسين الأداء وزيادة الفعالية. إليك بعض الطرق التي يمكن من خلالها تحسين وتطوير هذه التقنيات:

1. **تحسين دقة التصوير:**

- تكنولوجيا التصوير يمكن تحسينها عن طريق تطوير مستشعرات أكثر حساسية وأجهزة استشعار عالية الدقة.

2. **تقليل الجرعة الإشعاعية:**

- تطوير تقنيات تقليل الجرعة الإشعاعية، مثل تقنيات التصوير ذات الجودة العالية باستخدام جرعات منخفضة.

3. **استخدام تقنيات النانو:**

- دراسة كيفية استخدام التكنولوجيا النانوية في تطوير مواد مشعة لتحسين تسليم الدواء وتقليل التأثيرات الجانبية.

4. **تكنولوجيا التشغيل الذكية:**

- استخدام التكنولوجيا الذكية، مثل الروبوتات الطبية والأنظمة الذكية، لتحسين دقة العمليات وتقليل التأثير على الأنسجة السليمة.

5. **تحسين تقنيات العلاج الإشعاعي:**

- تطوير تقنيات العلاج الإشعاعي لتحقيق هدف أقصى من الدقة والتأثير الأدنى على الأنسجة السليمة.

6. **التكامل بين التقنيات:**

- تعزيز التكامل بين مختلف التقنيات الطبية للحصول على صور شاملة ومعلومات أوفيرة.

7. **استخدام التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي:**

- دمج التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي لتحسين تحليل البيانات الطبية وزيادة الدقة في التشخيص.

8. **تطوير مواد مشعة جديدة:**

- البحث والتطوير في مجال المواد المشعة لتحسين خصائصها وجعلها أكثر فعالية وأماناً.

9. **تعزيز التدريب والتعليم:**

- تحسين برامج التدريب والتعليم للكوادر الطبية لضمان استخدام فعّال للتقنيات الحديثة.

10. **التفاعل مع احتياجات السوق والمرضى:**

- الاستماع إلى ردود فعل المرضى وتحليل احتياجات السوق لتوجيه التحسينات بما يلبي توقعات المستخدمين.

تحقيق التقدم والتطوير في هذه الجوانب سيساهم في تحسين فعالية وسلامة تطبيقات المواد المشعة في مجال الطب.

3-7 توجيهات للبحوث المستقبلية في هذا المجال.

توجيهات للبحوث المستقبلية في مجال تطبيقات المواد المشعة في الطب يمكن أن تتضمن النقاط التالية:

1. **تطوير مواد مشعة متقدمة:**

- البحث في تحسين خصائص المواد المشعة بما في ذلك فترة النصف الحياة وكفاءة التسليم لزيادة الفعالية وتقليل التأثيرات الجانبية.

2. **استخدام تقنيات التصوير المتقدمة:**

- دراسة وتطوير تقنيات تصوير متقدمة باستخدام المواد المشعة مثل التصوير بالرنين المغناطيسي وتقنيات التصوير الحيوي.

3. **تحسين تقنيات العلاج الإشعاعي:**

- البحث في تقنيات العلاج الإشعاعي باستخدام المواد المشعة مع التركيز على تحسين دقة التوجيه وتقليل التأثير على الأنسجة السليمة.

4. **تكامل التكنولوجيا النانوية:**

- دراسة فوائد تكنولوجيا النانو في تطوير مواد مشعة ذات تأثير أكبر وتوجيه دقيق.

5. **الذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات:**

- استكشاف استخدام التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الطبية لتحسين دقة التشخيص وتحسين خطط العلاج.

6. **تحسين تكنولوجيا التشغيل:**

- البحث في تحسين أداء وسلامة أجهزة التشغيل المستخدمة في تطبيقات المواد المشعة.

7. **استكشاف استخدام التقنيات اللامرئية**

- تحقيق الفوائد المحتملة لتقنيات الصور الحرارية والأشعة تحت الحمراء في تشخيص الأمراض.

8. **التفاعل مع القضايا الأخلاقية والتنظيمية:**

- فحص القضايا الأخلاقية المتعلقة بالاستخدام الطبي للمواد المشعة والتكنولوجيات ذات الصلة، وضمان الامتثال للتشريعات والمعايير.

9. **التوجه نحو الطب الشخصي:**

- استكشاف كيف يمكن تكامل المواد المشعة في تقنيات التشخيص والعلاج بشكل أكثر تخصيصًا لاحتياجات كل فرد.

10.**تعزيز التدريب والتعليم:**

- تحسين برامج التدريب والتعليم للكوادر الطبية لتعزيز الفهم العميق والاستخدام الآمن للتقنيات الحديثة.

المراجع

[1] What Are Radioactive Elements?, “No Title,” *www.study.com, Retrieved 19-5-2019.Edited*.

[2] R. 19-5-2019. E. ↑ Todd Helmenstine (27-1-2019), “List of Radioactive Elements and Their Most Stable Isotopes” www.thoughtco.com, “No Title”.

[3] Retrieved 19-5-2019. Edited. ↑ “Discovery of Radioactivity”, 12-2-2015 www.hem.libretexts.org, “No Title”.

[4] M. G. Stabin, *Radiation protection and dosimetry*. Springer, 2007.

[5] “https://www.iaea.org/ar/almawadie/asasiat-aliisheae”.

[6] M. Koch, V. Fauck, M. Sievert, K. Mantsopoulos, H. Iro, and S. Mueller, “Ultrasound Changes in Salivary Glands after Radioactive Iodine Treatment in Benign Diseases and Differentiated Cancer of Thyroid Glands in Consideration of Dose and Time Dependency,” *Ultraschall der Medizin-European J. Ultrasound*, 2024.

[7] Y. Wang *et al.*, “Ultrasound combined with Ki-67 to construct the prognostic model for radioactive iodine therapy outcomes in Graves’ disease patients,” *Endocr. Connect.*, vol. 13, no. 2, 2024.

[8] F. Grünwald, A. Sabet, C. L. Q. Nguyen Ngoc, W. T. Kranert, and D. C. L. Gröner, “Modern Diagnostic and Therapeutic Approaches in Thyroid Diseases: Theranostics and the Changing Role of Radioactive Isotopes,” in *Beyond Becquerel and Biology to Precision Radiomolecular Oncology: Festschrift in Honor of Richard P. Baum*, Springer International Publishing Cham, 2024, pp. 127–137.

[9] M. Bharti, A. Alam, G. S. N. Koteswara Rao, and P. Kumar Sharma, “A

Brief Review of Radioactive Materials for Therapeutic and Diagnostic Purposes," *Curr. Radiopharm.*, vol. 16, no. 1, pp. 23–37, 2023.

[10] V. A. Wang *et al.*, "Particle radioactivity from radon decay products and reduced pulmonary function among chronic obstructive pulmonary disease patients," *Environ. Res.*, vol. 216, p. 114492, 2023.

[11] "https://www.mn.uio.no/fysikk/english/services/knowledge/radiation-and-health/chap09.pdf".

[12] ن. ع. ا. ر. الجبوري, "الاشعة السينية وتطبيقاتها," 2017.

[13] ع. ا. الحمداني, خالد, ن. ألشمري and ,روعة, "قياس النسبة المئوية لجرعة السطح المستخدمة في العلاج الطبي النووي ومجموعة العوامل المؤثرة عليه," *مجلة علوم الرافدين* , vol. 18, no. 2, pp. 99–110, 2007.

[14] F. A. Mettler Jr and M. J. Guiberteau, *Essentials of nuclear medicine imaging: expert consult-online and print*. Elsevier Health Sciences, 2012.

[15] "'Tc-99m tables' (PDF). Nucleide.org. Laboratoire National Henri Becquerel. 17 يناير 2012. مؤرشف من الأصل (PDF) في 2016-08-04. اطلع عليه بتاريخ 2012-05-23.".

[16] "Magnetic Resonance Imaging (MRI)", .nibib.nih.gov. Edited".

[17] D. R. Peterson and J. D. Bronzino, *The biomedical engineering handbook*. Crc Press, 2015.

[18] R. D. Lele, "Principles and practice of nuclear medicine and correlative medical imaging," 2009.

[19] K. Z. Morgan, W. S. Snyder, and M. R. Ford, "Relative hazard of the various radioactive materials," *Health Phys.*, vol. 10, no. 3, pp. 151–169, 1964.

M. A. S. Sherer, P. J. Visconti, E. R. Ritenour, and M. Kelli Haynes, [20] *Radiation protection in medical radiography*. Elsevier Health Sciences, 2013.

P.-Y. Le Roux, P. Robin, and P.-Y. Salaun, “New developments and [21] future challenges of nuclear medicine and molecular imaging for pulmonary embolism,” *Thromb. Res.*, vol. 163, pp. 236–241, 2018.

J. T. Kuikka, K. E. Britton, V. U. Chengazi, and S. Savolainen, “Future [22] developments in nuclear medicine instrumentation: a review,” *Nucl. Med. Commun.*, vol. 19, no. 1, pp. 3–12, 1998.