تقديم

بسم الله والصلاة والسلام على رسول الله صلى الله عليه وعلى آله وصحبه وسلم .

وبعد،

كان اكتشاف رونتجن Roentgen لأشعة x عام 1895 فتحًا عظيمًا في مجال التشخيص الطبي؛ إذ تمكن الأطباء من رؤية بعض ما بداخل الجسم دون الحاجة إلى فتحه، وظلت أشعة x إلى عهد قريب وسيلة التشخيص الأساسية، ولا يزال التصوير المقطعي CT في تطور مستمر.

لم يستمر تفرد أشعة x بهذة المهمة، بل ظهرت تقنيات أخرى لتضيف إلى هذا المجال زخمًا؛ فكانت طرق التشخيص باستخدام الموجات فوق الصوتية، والتصوير الحراري، والرنين المغناطيسي، واستخدام المناظير والتصوير النووي...، ولم يَعد الطبيب يكتفي باستخدام السماعة والاستماع إلى شكوى المريض، بل أمكن الآن وبفضل هذه التقنيات المتقدمة الحصول على صور عالية الجودة أمكن معها الوقوف على تفاصيل تشخيصية لم يكن من الممكن التوصل إليها.

موضوعنا في هذا الكتاب هو فيزياء الطب النووي مع التركيز على طرق التصوير باستخدام النظائر المشعة.

للمواد المشعة صفتان تؤهلها لتحقيق هذا الهدف:

- قدرة أشعة جاما التي تنبعث نتيجة اضمحلال المواد المشعة على اختراق طبقة سميكة من النسيج البشري، ومن ثَم يمكن رصدها من خارج الجسم، وتتبع امتصاصها وتوزيعها داخل العضو البشري.

- كتلة المادة المشعة اللازمة لإجراء تصوير نووي أو دراسة تطبيقية ضئيلة، ومن المرجح ألا تسبب خللًا في النظام الحيوي قيد الدراسة، وهي إلى حد كبير، وسيلة تشخيص آمنة.

يُعتبر التصوير النووي Nuclear imaging أحد أهم تطبيقات استخدام المواد المشعة في مجال الطب، وأصبحت أجهزته المنتشرة في كثير من المستشفيات والمعاهد الصحية من وسائل التشخيص الدقيق.

obeikandl.com

يتم تقصي توزيع المواد المشعة التي تصدر فوتونات جاما بعد أن يُحقَن المريض بالنظير المشع المناسب؛ إما بصورة حرة أو مقترن بجزيء مألوف للعضو أو النسيج المراد تصويره، حيث يتم الكشف عن هذه الفوتونات باستخدام كشاف وميضي مناسب، يمثل أحد المركبات الرئيسة في آلة تصوير أشعة جاما (الكاميرات الوميضية).

إن اختلاف تركيز المواد المشعة باختلاف قدرة الأنسجة المختلفة على امتصاصها يؤدي إلى اختلاف شدة الفوتونات المنبعثة، ومن ثَم الحصول على صورة لتوزيع المادة المشعة داخل الأنسجة، كما يمكن ترقيم labeling بعض الجزيئات بنظير مشع مناسب وتتبع أثره في دراسة ديناميكية.

في البداية، كانت الصورة النووية مستوية مبهمة المعالم، ولكن بفضل التطورات التقنية الهائلة التي لحقت بالمكونات المختلفة لوحدات التصوير النووي، الموجهات، أنابيب التضاعف الفوتوني، الأنابيب الضوئية، مميزات النبضة والملحقات الإلكترونية وغيرها، تحسنت القدرة التحليلية للكاميرات الوميضية.

إن الصورة الإشعاعية المستوية لا تقدم للطبيب كثيرًا من التفاصيل المهمة، حيث تتراكب مساقط progections وبنى structure الأعضاء المختلفة التي تمر بها أشعة جاما لتعطي عدة مساقط على مستوى واحد، مما يجعل من قراءة الصورة وتحليلها مهمة صعبة.

جاء استخدام التصوير النووي المقطعي، والذي سبق استخدامه في مجال الأشعة السينية حلا لهذه المشكلة، حيث أمكن الحصول على صورة ذات أبعاد ثلاثة three dimensional لتوزيع المادة المشعة داخل العضو المراد تصويره، وذلك عن طريق تصوير العضو من خلال شرائح عديدة من زوايا مختلفة؛ فوفرت هذه التقنية وسيلة فعالة للتخلص من تداخل المساقط المتراكبة التي تعاني منها الصور المستوية، وأدى الحصول على صورة مجسمة عالية الجودة إلى إمكانية التحديد الدقيق لمواضع الأورام والعيوب المرضية، كما وفرت وسيلة لفحوص ديناميكية تُعتبر عنصر تنبؤ فَعَّال.

هناك نوعان أساسيان من التقنيات في مجال التصوير الطبقي الرقمي: التصوير الطبقي الرقمي باستخدام الانبعاث وحيد الفوتون Single Photo Emission Computerized Tomography (SPECT) والتصوير الطبقي الرقمي باستخدام الانبعاث البوزوتروني Positron Emission Computed Tomography

(PET)، حيث يتم رصد فوتونين ينطلقان آنيا؛ أحدهما في عكس اتجاه الآخر نتيجة فناء إلكترون وبوزوترون.

لقد تم التوصل إلى الصور المقطعية ثلاثية الأبعاد عبر عملية إعادة بناء لمجموعة الصور المستوية المأخوذة من زوايا مختلفة حول المحور الرئيس للعضو البشري المراد تصويره. لقد تم إنجاز هذا العمل الرائع من خلال البرمجيات المتطورة المبنية على بعض الطرق الرياضية المعروفة التي أمكن صياغتها على هيئة تسلسلات منطقية (خوارزميات) Algorithms.

من خلال مجموعة من البرمجيات التي تزود الحاسوب الملحق بوحدة التصوير النووي، تُقسم الصورة إلى منظومة من العناصر الصغيرة، وتتحول إلى صورة رقمية، حيث يمكن تخزينها وإعادتها متى شئنا، كما يمكن التعامل معها رقميًّا ورياضيًّا للوصول بها إلى الجودة المطلوبة، وبهذا يمكن إجراء تحليل كمي أقل عرضة للشك لهذه البيانات والصور.

طَرحت هذه المقدمة تصورا موجزا لما يرمي هذا الكتاب إلى الوصول إليه، فأردت أن يصل بالقارئ إلى التعرف على هذه التقنيات عن كثب؛ الأساس الذي تُبنى عليه، أدواتها، وتطبيقاتها، آخذًا بيده من الأوليات البسيطة والتعريفات الضرورية وصولًا إلى ما هو حديث في هذا المجال، آملا أن تضيق الفجوة وتذهب الوحشة بين الطبيب المستخدم لهذه التقنيات والفيزياء، ذلك العلم الرائع، بل أزعم أن الوقوف على ما جاء في هذا الكتاب من أسس ومفاهيم ضروري لكي يُعظم الطبيب من استفادته من هذه الوسائل، مدركًا لأسرارها، ولربما مشاركًا، إذا ما أُتيحت له فرصة في تطويرها، فكم تمنيت أن يكون في بلادنا ثمة تعاون بين الطبيب والفيزيائي والمهندس، تماما كما يحدث في البلاد المتقدمة التي تأتي من أرحامها مثل هذه الوسائل الرائعة.

أرجو أن يكون مثل هذا الجهد المتواضع حافزا لذلك.

قدمت الأسس الفيزيائية بأسلوب سلس بسيط، بعيدًا عن التعقيدات النظرية والمعادلات الرياضية التي تتطلب مستوى أعلم سلفا أنه قد لا يتوفر لكثيرين. حتى إذا تجاوز القارئ كثير من تلك المعالجات الرياضية المطروحة، بقيت في مضمون الكتاب من الفوائد الكثير.

جاء الباب الأول «أساسيات» لطرح المبادئ الأولية من تعريف بتركيب الذرة والنواة والنظائر المشعة والنشاط الإشعاعي Activity والإشعاعات (الموجات) الكهرومغاطيسية

(الفوتونات)، كما ضربنا من الأمثلة العددية ما يوضح كيفية حساب النشاط لعقار مشع بعد فترات مختلفة من تصنيعه.

لأهمية موضوع اضمحلال الأنوية المشعة أفردت له بابًا، الباب الثاني، حيث عرض لأنماط الاضمحلال التي تقابلنا في الطب النووي، ومفهوم العمر النصفي وثابت الاضمحلال، وتناول الباب الثالث طرق إنتاج النظائر المشعة من تشعيع نيوتروني، ومولدات الأنوية المشعة، والمعجلات الدائرية (السيكلوترونات). وخلص هذا المبحث لتحديد أي النظائر المشعة أنسب للاستخدام في مجال الطب النووي.

لدراسة تفاعل الإشعاعات المؤينة مع المادة أهمية ليس فقط لأن عملية رصد الفوتونات أوالجسيمات التي تمر خلال الوسط تُبنى عليها، ولكن أيضا لأن لهذه الإشعاعات تأثير حيوي biological effect على النسيج الحي. ركز الباب الرابع على تفاعل فوتونات جاما عالية الطاقة مع المادة، حيث تناولت بالتفصيل أهم التأثيرات التي تقابلنا في مجال الطب النووي، التأثير الكهروضوئي، تشتت كمبتون وإنتاج الزوج. تلى ذلك معالجة موضوع الكواشف الإشعاعية في الباب الخامس، وبالرغم من استعراضنا للأنواع المختلفة من الكشافات، فقد ركزت على الكواشف الوميضية؛ فهي الجزء الأهم في أغلب وحدات التصوير النووي. أفردت للأجهزة المعاونة للكشاف الإشعاعي مساحة مهمة (الباب السادس)، حيث تناولت بالشرح دور كل من أنابيب التضاعف الفوتوني والأنابيب الضوئية، كما ناقشت المعالجة الإلكترونية للنبضة من تكبير وتشكيل تهيئة لرصدها. لأهمية طيف بلورة أيوديد الصوديوم المطعمة بعنصر الثاليوم NaI (Tl)، الأكثر استخدامًا مع الكاميرات الوميضية، تناولت بالتحليل مركباته المختلفة، ثم ربطت بين ذلك وبين مفهوم تمييز النبضة من خلال تقديم شرح واف لمميز ارتفاع النبضة Pulse – Height Analyzer (PHA) ودوره في التفريق بين النبضة الحقيقية التي تمثل حدثا إشعاعيًّا حقيقيًّا (امتصاص فوتون جاما بواسطة مادة الكشاف) وبين نبضة قد تأتي من مصدر آخر. في ثنايا هذا الباب أوليت أهمية لمفهوم القدرة التحليلية Resolution Power ودورها في تحديد جودة الصورة النووية.

بعد الانتهاء من طرح هذه المجموعة من المواضيع التي وفرت لنا الأسس والوسائل نكون قد تهيئنا للولوج في موضوع التصوير النووي، الباب السابع، وفيه عالجنا موضوع كاميرة أشعة جاما تفصيلًا، الموجهات Collimators وأنواعها المختلفة، ودورها في تحديد جودة الصورة، والعوامل التي تحكم تصميمها، ثم جرى الحديث عن الكاميرات متعددة

البلورات، ودورها في تحديد موضع الحدث الإشعاعي. أفردت في هذه الباب مساحة كبيرة للتصوير المقطعي Tomographic Imaging؛ فأوليت جهدًا كبيرًا لنوعيه؛ التصوير الطبقي الرقمي باستخدام الانبعاث وحيد الفوتون (SPECT)، والتصوير الطبقي الرقمي باستخدام الانبعاث البوزوتروني (PET). وتناولت بالشرح والتفصيل أجهزة التصوير الطولية من ماسحات مقطعية واستخدام الكاميرات الوميضية مع موجهات خاصة، كما تناولنا أجهزة التصوير العرضية باستخدام كاميرة جاما الدوارة Rotating Gamma Camera.

كان من الضروري التعرض لطريقة حساب الجرعة الداخلية، تلك التي تدخل جوف المريض، وكان لابد من التعرف على طريقة كمية دقيقة للتوصل إلى تشخيص دقيق آمن، والوصول بسلبيات استخدام المواد المشعة إلى حدها الأدنى في ذات الوقت، لابد لممارس الطب النووي إذن أن يكون مستوعبًا للمفاهيم الأساسية لعلم المعايرة الإشعاعية، راسخًا في إجراء الحسابات الخاصة بالجرعات الإشعاعية، يألف الوحدات المستخدمة والمعادلات وثوابت التحويل من نظام لآخر، مدركًا لهامش الخطأ الممكن، هذا ما عالجه بالتفصيل الباب الثامن، حيث تناولت طريقة النسب الممتصة لحساب الجرعات الداخلية وضربت لذلك العديد من الأمثلة العددية لحالات مختلفة.

ولمعرفة الآثار التي قد تترتب على العلاج الإشعاعي كان من الضروري التطرق لموضوع التأثرات الحيوية (البيولوجية) للإشعاعات المؤينة. نوقشت هذه الآثار على مستويات بيولوجية مختلفة، الجزيئات البيولوجية، الخلية، النسيج، كامل الجسم، مع تتبع العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية المختلفة منذ امتصاص الشعاع حتى ظهور الأثر الحيوي مع التركيز على تفاعل الإشعاعات المؤينة مع الجزيئات البيولوجية المهمة، مثل: البروتين، الإنزيم، وجزيء DNA.

إن نشر كتاب في الطب النووي لتحد، فما بالك بكتابته بالعربية التي يظن المهزومون والمستغربون أنها غير جديرة بأن يكتب بها العلم، وهي أثرى اللغات، وقد كانت لغة العلم ردحًا من الزمن، والمشكلة تكمن في أبنائها الذين تخلوا عنها، ولم ينزلوها مكانتها فحرصت أن تأتي محاولتي المتواضعة باللغة العربية رغم عدم إجادتي لها.

أسأل الله سبحانه وتعالى أن يكون في هذا العمل من الإخلاص ما يجعله نافعًا مُتقبلًا، والله من وراء القصد وهو يهدي إلى سواء السبيل، وصل اللهم على سيدنا محمد وآله وصحبه وسلم.

obeikandl.com

المضاعفات والكسور

البادئة	الرمز	القيمة
Giga	G	10^{9}
Mega	M	10^{6}
Kilo	k	10^{3}
Milli	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}

❊ ❊ ❊

obeikandl.com