الفصل السابع

التصوير بالرنين المغناطيسي

التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) هو تقنية تصوير طبي تستخدم في علم الأشعة لتكوين صور للتشريح والعمليات الفسيولوجية للجسم. تستخدم ماسحات التصوير بالرنين المغناطيسي مجالات مغناطيسية قوية، وتدرجات المجال المغناطيسي، وموجات الراديو لتوليد صور للأعضاء في الجسم. لا يتضمن التصوير بالرنين المغناطيسي الأشعة السينية أو استخدام الإشعاعات المؤينة، وهو ما يميزه عن التصوير المقطعي المحوسب (CT) والتصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني (PET)

التصوير بالرنين المغناطيسي هو تطبيق طبي للرنين المغناطيسي النووي (NMR) والذي يمكن استخدامه أيضًا للتصوير في تطبيقات الرنين المغناطيسي النووي الأخرى، مثل التحليل الطيفي للرنين المغناطيسي النووي.

في معظم التطبيقات الطبية، تقوم نوى الهيدروجين، التي تتكون من بروتون فقط، والموجودة في الأنسجة، بتكوين إشارة تتم معالجتها لتكوين صورة للجسم من حيث كثافة تلك النوى في منطقة معينة. ونظرًا لأن البروتونات تتأثر بحقول من ذرات أخرى ترتبط بها، فمن الممكن فصل الاستجابات عن الهيدروجين في مركبات محددة. لإجراء الدراسة، يتم وضع الشخص داخل ماسح التصوير بالرنين المغناطيسي الذي يشكل مجالًا مغناطيسيًا قويًا حول المنطقة المراد تصويرها. أولاً، يتم تطبيق الطاقة من المجال المغناطيسي المتذبذب بشكل مؤقت على المريض عند تردد الرنين المناسب. يؤدي المسح باستخدام ملفات متدرجة X و Yإلى تجربة منطقة مختارة من المريض للمجال المغناطيسي الدقيق المطلوب لامتصاص الطاقة. يتم إثارة الذرات بواسطة نبضة RF ويتم قياس الإشارة الناتجة بواسطة ملف استقبال. يمكن معالجة إشارة التردد اللاسلكي لاستنتاج معلومات الموقع من خلال النظر في التغيرات في مستوى التردد اللاسلكي والطور الناتج عن تغيير المجال المغناطيسي باستخدام ملفات متدرجة. نظرًا لأن هذه الملفات يتم تبديلها بسرعة أثناء الإثارة والاستجابة لإجراء مسح خط متحرك، فإنها تخلق ضوضاء متكررة مميزة لمسح التصوير بالرنين المغناطيسي حيث تتحرك اللفات قليلاً بسبب الانقباض المغناطيسي. يتم تحديد التباين بين الأنسجة المختلفة من خلال المعدل الذي تعود به الذرات المثارة إلى حالة التوازن. يمكن إعطاء عوامل تباين خارجية للشخص لجعل الصورة أكثر وضوحًا.

مكونات جهاز الرنين المغناطيسي

المكونات الأساسية الثلاثة في جهاز الرنين المغناطيسي هي:

أوّلًا :المغناطيس الأساسي:(The Primary Magnet)

الجزء الأكبر من الجهاز، وهو عبارة عن مغناطيس دائم المغنطة، قويّ بما يكفي لاستخدامه في التصوير بالرنين المغناطيسي، ذو تكلفة إنتاج مرتفعة، وحجم كبير للغاية، يصعب معه تركيبه، أو تخزينه وتجميع أجزائه!

تتمثّل الطريقة البديلة لصنعه في لفّ كمية من الأسلاك الكهربائية، ومن ثمّ تمرير تيار من خلالها، ما يخلق مجال مغناطيسي داخل مركز الملف.

من أجل خلق مجال مغناطيسي قوي بما يكفي لإجراء التصوير في جهاز الرنين المغناطيسي ، يجب أن تكون لفائف الأسلاك ذات مقاومة منخفضة للغاية، لذلك يتم غسلها في الهيليوم السائل عند درجة حرارة 450 درجة فهرنهايت تحت الصفر، وهذا ما يسمح لملفّ الأسلاك بتوسيع شدة الحقول المغناطيسية من 1.5إلى 3 تسلا) القوة الموجودة في معظم أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي الطبية ،(وهو أقوى بحوالي 20،000 مرة من المجال المغناطيسي لكوكب الأرض.

ثانيًا :مغانط التدريج، أو المغانط المتدرجة(The Gradient Magnets)

ثلاثة مغانط أخرى، صغيرة الحجم جدًّا مقارنةً بالمغناطيس (الأساسي) أصغر بحوالي ألف مرّة، لكنها تسمح بتعديل وتكييف الحقل المغناطيسي بدقّةٍ شديدة.

هي جزء الضبط السليم في الجهاز، إذ تسمح بتركيز الحقل المغناطيسيّ على جزء محدد من الجسم، وهي مسؤولة أيضًا عن الضجيج المتشابك.(Clanging Noise)

ثالثًا :اللفائف(The coil)

توجد تمامًا بجوار الجزء الذي يتم تصويره من الجسم، وتقوم بإصدار ترددات راديوية.

متخصّصة نوعيًّا؛ فمنها ما هو مصمّم للكتفين، والركبتين، وأجزاء الجسم الأخرى.

آلية عمل جهاز الرنين المغناطيسي

يستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي خصائص ذرات الهيدروجين للتمييز بين الأنسجة المختلفة داخل جسم الإنسان، إذ يتكون جسم الإنسان بشكل أساسي من ذرات الهيدروجين ،(63٪) في حين أنّ العناصر الأخرى هي الأوكسجين ،(26٪) الكربون ،(9٪) النيتروجين ،(1٪) مع كميات صغيرةٍ نسبيًا من الفوسفور، والكالسيوم، والصوديوم.

يستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي خاصية للذرات تسمى ،Spin وذلك لتمييز الاختلافات بين أنسجة الجسم المختلفة، مثل العضلات، والدهون، والأوتار.

في مركز كل ذرة هيدروجين، يوجد جسيم صغير نسبيًّا، يُسمى البروتون ،(Proton) وإنّ البروتونات عمومًا أشبه بمغانط صغيرة، وهي حساسة جدًّا للحقول المغناطيسية.

عندما يتم تمرير الجسم ضمن نفق جهاز الرنين المغناطيسي وضمن الماسح المغناطيسي الفعّال، تصطف البروتونات في الجسم وفق اتجاه واحد بفعل الحقل المغناطيسي المطبّق، وذلك بنفس الطريقة التي يقوم فيها المغناطيس بجذب، أو توجيه إبرة البوصلة.

بعد ذلك؛ يتم إرسال دفعات قصيرة من الموجات الراديوية ـ من قبل الملف (the coil) ـ إلى مناطق معينة من الجسم، مما يؤدي إلى إخراج البروتونات من المواءمة.

عندما يتم إيقاف موجات الراديو، تعيد البروتونات انتظامها مجدّدًا، وهذا بالتالي يرسل إشارات راديوية صادرة منها، يتم التقاطها من قبل أجهزة استقبال خاصّة.

توفر هذه الإشارات معلومات حول الموقع الدقيق للبروتونات في الجسم، كما أنها تساعد على التمييز بين الأنواع المختلفة من الأنسجة في الجسم، لأن البروتونات في الأنواع المختلفة من الأنسجة تصطف على سرعات مختلفة، وتنتج إشارات متمايزة.

وبنفس الطريقة والآلية السابقتين؛ يمكن لملايين البكسلات على شاشة الكمبيوتر أن تنشئ صورًا معقدة تصف نواتج عملية المسح، وبالإمكان أيضًا استخدام حقول مغناطيسية إضافية لإنتاج صور ثلاثية الأبعاد يمكن مشاهدتها من زوايا مختلفة.

أنواع التصوير بالرنين المغناطيسي

هناك العديد من أشكال التصوير بالرنين المغناطيسي، ولكن أكثرها شيوعًا هما الرنين المغناطيسي الانتشاري ،(Diffusion) والوظيفي.(Functional)

- **الرنين المغناطيسي الانتشاري(Diffusion MRI)**

يقيس هذا النوع كمّية، وكيفيّة انتشار جزيئات الماء ضمن أنسجة الجسم، وإنّ بعض الأمراض مثل السكتات الدماغية ،(Stroke) والأورام الخبيثة ،(Tumor) يمكن اعتراضها وتشخيصها بواسطة هذه الطريقة.

- **الرنين المغناطيسي الوظيفي(Functional MRI)**

بالإضافة إلى التصوير البنيويّ، يمكن استخدامه لتصوير النشاطات الوظيفيّة في الدماغ؛ إذ إنّ الرنين الوظيفيّ يقيس التغيرات في تدفّق الدم إلى أقسام الدماغ المختلفة.
يتم استخدامه لرصد بنى الدماغ، وتحديد الأجزاء التي تتعامل مع الوظائف الحساسة منه، كما ويمكن توظيفه لتقييم الضرر الناجم عن إصابات الرأس، ومرض الزهايمر، وهو أداة نافعة وفعّالة للغاية فيما يتعلّق بعلم الأعصاب وتطبيقاته