Magnetic Resonance Imaging التصوير بالرنين المغناطيسي

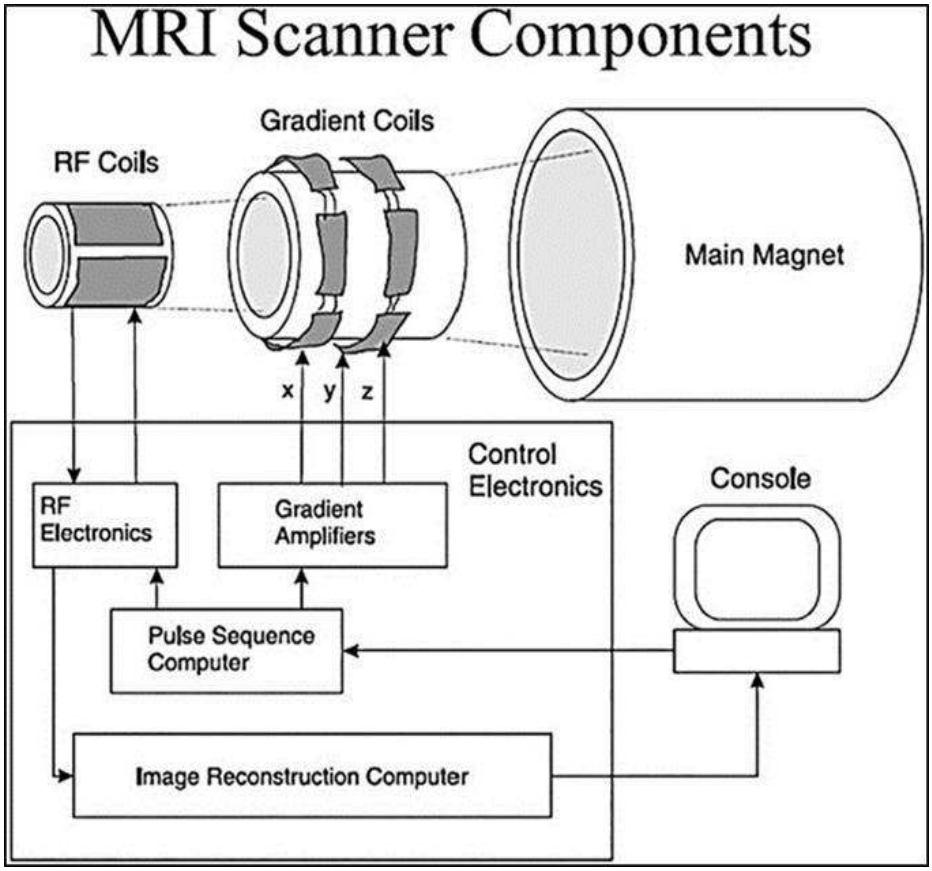
Magnetic resonance imaging (MRI) uses ***radiowaves*** and ***magnetic fields***. Although the nuclei of all atoms contain protons, only those with an odd number possess the property called nuclear magnetic resonance. **يستخدم التصوير بالرنين المغناطيسي الموجات الراديوية والمجالات المغناطيسية. على الرغم من أن نوى جميع الذرات تحتوي على بروتونات، إلا أن تلك التي تحتوي على عدد فردي هي فقط التي تمتلك خاصية تسمى الرنين المغناطيسي النووي.**

Hydrogen has a single proton and thus a large magnetic moment, and it is abundant in the body, in water (free or attached to other molecules) and in fat, and so provides the best MRI signals. **يحتوي الهيدروجين على بروتون واحد، وبالتالي لديه عزم مغناطيسي كبير، وهو متوافر بكثرة في الجسم، وفي الماء (حر أو مرتبط بجزيئات أخرى) وفي الدهون، وبالتالي يوفر أفضل إشارات التصوير بالرنين المغناطيسي.**

Magnet types أنواع المغناطيس

The patient is placed inside the magnet bore and is surrounded by a set of coils (the innermost coils in figure below) connected to an RF generator (transmitter or oscillator), which sends through them a pulse of RF current lasting 1 ms or less **يتم وضع المريض داخل تجويف المغناطيس ويحيط به مجموعة من الملفات (الملفات الأعمق في الشكل أدناه) متصلة بمولد الترددات اللاسلكية (مرسل أو مذبذب)، والذي يرسل من خلالها نبضة من تيار الترددات اللاسلكية تدوم 1 مللي ثانية أو أقل.**

Three types of magnetic fields—***main fields*** or static fields (B2), gradient fields, a ***radiofrequency (RF) fields*** (B1)—are required in MRI scanners. In practice, it is also usually necessary to use coils or magnets that produce ***shimming fields*** to enhance the spatial uniformity of the static field B_0. **ثلاثة أنواع من المجالات المغناطيسية – الحقول الرئيسية أو الحقول الثابتة (الحقول المتدرجة، وحقول الترددات الراديوية) – مطلوبة في ماسحات التصوير بالرنين المغناطيسي. ومن الناحية العملية، عادةً ما يكون من الضروري أيضًا استخدام ملفات أو مغناطيسات تنتج مجالات لامعة لتعزيز التماثل المكاني للمجال الثابت**



Main Magnet المغناطيس الرئيسي

The main field magnet is required to produce an ***intense*** and highly uniform, static magnetic field over the entire region to be imaged. To be useful for imaging purposes, this field must be extremely ***uniform in space*** and ***constant in time***. مطلوب من مغناطيس المجال الرئيسي إنتاج مجال مغناطيسي ثابت ومكثف للغاية على المنطقة بأكملها المراد تصويرها. لكي يكون هذا المجال مفيدًا لأغراض التصوير، يجب أن يكون موحدًا للغاية في المكان وثابتًا في الزمن.

There are three types of main magnet: هناك ثلاثة أنواع من المغناطيس الرئيسي

Permanent magnet	Resistive electromagnet	Superconducting electromagnet
It consists of two opposing flat-faced highly magnetized pole pieces fixed to an iron frame	It is a set of DC coils with copper or aluminium conductors	It is a DC solenoid, about 1 m in diameter
It is large and can weigh some 80 tonnes	weighing some 2 tonnes	weighs some 6 tonnes.
It is expensive to buy but the cheapest to run.	It is the cheapest and smallest	large and expensive
It requires no power but cannot be shut down	consume some 50_100 kW of power	The current continues to flow while using virtually no power, but liquid gas is consumed to maintain the low temperature
No heat is generated and it is used for claustrophobic patients, children, obese adults and interventional procedures.	The heat produced is removed by cooling water, pumped rapidly through the hollow coils.	They are supercooled by a 'cryogen' liquid helium at 4 K (-269 °C). At this temperature, they have negligible resistance, and large (DC) currents can be used
It will only give low-strength, vertical fields, up to about 0.3 T.	The vertical or horizontal magnetic field is limited by heating to 1 T, and has significant fringe fields.	producing horizontal fields up to at least 3 T but with significant fringe fields.

Shim Coils

The shim coils (not shown in figure) carrying DC, which are fine tuned to ***make the main magnetic field as uniform*** as possible throughout the imaging volume **تحمل ملفات الرقائق (غير موضحة في الشكل) التيار المستمر، والتي تم ضبطها بدقة لجعل المجال المغناطيسي الرئيسي موحدًا قدر الإمكان في جميع أنحاء حجم التصوير.**

Gradient coils لفائف التدرج

The three sets of gradient coils, carrying DC, which are ***varied to alter the slope of the magnetic field***..المجموعات الثلاث من الملفات المتدرجة، التي تحمل التيار المستمر، والتي يتم تغييرها لتغيير ميل المجال المغناطيسي

One gradient coil for each the x, y, and z directions of a Cartesian coordinate system, are used to code position information into the MRI signal and to permit the imaging of thin anatomic slices يتم استخدام ملف متدرج واحد لكل اتجاهات نظام الإحداثيات الديكارتية لترميز معلومات الموقع في إشارة التصوير بالرنين المغناطيسي والسماح بتصوير شرائح تشريحية رقيقة

The slice select or ***Z-axis gradient*** field is switched on during the application of the RF pulse. ***The steeper the gradient, the thinner the slice***. يتم تشغيل مجال تدرج تحديد الشريحة أو المحور أثناء تطبيق نبض التردد اللاسلكي. كلما كان التدرج أكثر انحدارًا، كانت الشريحة أرق.

Radiofrequency (RF) Coils لفائف الترددات الراديوية

RF (transmitter/receiver) coils, which are tuned like a radio to the resonant frequency. They produce a magnetic field at right angles to the main field. To maximize the signal, the coil should be as close as possible to the part being imaged. The RF coils are of several types، ملفات الترددات اللاسلكية (المرسل/المستقبل) والتي يتم ضبطها مثل الراديو على تردد الرنين. أنها تنتج مجالًا مغناطيسيًا بزوايا قائمة على المجال الرئيسي. لتعظيم الإشارة، يجب أن يكون الملف أقرب ما يمكن إلى الجزء الذي يتم تصويره. ملفات الترددات اللاسلكية هي من عدة أنواع.

1) ***The standard body coil is usually a permanent part of the scanner.*** It is used to transmit the RF pulse for all types of scan and to receive the MR signal when imaging large parts of the body (e.g. the chest and abdomen). The patient should be positioned so that the coil includes the anatomy to be imaged. 1) عادةً ما يكون ملف الجسم القياسي جزءًا دائمًا من الماسح الضوئي. يتم استخدامه لنقل نبض التردد اللاسلكي لجميع أنواع الفحص ولاستقبال إشارة الرنين المغناطيسي عند تصوير أجزاء كبيرة من الجسم (مثل الصدر والبطن). يجب أن يتم وضع المريض بحيث يتضمن الملف التشريح المراد تصويره.
2) ***The head (transmit/receiver) coil is part of the helmet used in brain scanning.*** 1) يعتبر ملف الرأس (الإرسال/الاستقبال) جزءًا من الخوذة المستخدمة في مسح الدماغ.
3) ***Surface or local (receiver) coils are separate coils designed to be applied as close as possible to image parts close to the surface, the lumbar spine, knee, orbit, etc.,*** before the patient is inserted into the machine. They receive signals effectively from a depth equal to the coil radius. 1) الملفات السطحية أو المحلية (المستقبلة) هي ملفات منفصلة مصممة ليتم تطبيقها في أقرب مكان ممكن من أجزاء الصورة القريبة من السطح، والعمود الفقري القطني، والركبة، والمحجر، وما إلى ذلك، قبل إدخال المريض في الجهاز. إنهم يتلقون الإشارات بشكل فعال من عمق يساوي نصف قطر الملف.

4) ***Phased array coils are multiple (four or more) receiver coils whose signals are received individually (less noise) and then combined to increase signal but with a large field of view***. All data are acquired in a single sequence. The greater the number of independent coils, the more difficult it is to keep them decoupled without losing the signal. Geometrical and electrical methods are needed for this. With a 64-channel array, MR cine at 125 frames s1 has been achieved at 1.5 T.
1) ملفات المصفوفة المرحلية هي ملفات استقبال متعددة (أربعة أو أكثر) يتم استقبال إشاراتها بشكل فردي (ضوضاء أقل) ثم يتم دمجها لزيادة الإشارة ولكن مع مجال رؤية كبير. يتم الحصول على كافة البيانات في تسلسل واحد. كلما زاد عدد الملفات المستقلة، كلما زادت صعوبة إبقائها منفصلة دون فقدان الإشارة. هناك حاجة إلى طرق هندسية وكهربائية لهذا الغرض. مع مصفوفة مكونة من 64 قناة، تم تحقيق التصوير بالرنين المغناطيسي بمعدل 125 إطارًا في الثانية عند 1.5 تسلا.

5) ***Transmit phased array coils produce a current on each element.*** Special amplifiers are needed to define this current. Careful control of the relative amplitude and phase of each element enables them to be mutually independent. With reduced pulse duration, higher sinal, improved field homogeneity and, incidentally, reduced specific absorption rate at high field strengths, parallel MRI can be used in the excitation phase as in Transmit SENSE **تنتج ملفات الصفيف المرحلية المرسلة تيارًا على كل عنصر. هناك حاجة إلى مكبرات صوت خاصة لتحديد هذا التيار. إن التحكم الدقيق في السعة النسبية والمرحلة لكل عنصر يمكّنهم من أن يكونوا مستقلين بشكل متبادل. مع انخفاض مدة النبضة، وزيادة تجانس المجال الجيبي، وتحسين تجانس المجال، وبالمناسبة، انخفاض معدل الامتصاص المحدد عند شدة المجال العالية، يمكن استخدام التصوير بالرنين المغناطيسي الموازي في مرحلة الإثارة كما في .**

The complete magnetic resonance system **نظام الرنين المغناطيسي الكامل**

In addition to the magnet, coils and their controllers there is a ***pulse control unit***. The pulse sequences are selected at the operator console, and the control unit synchronizes the gradients and RF pulses for the selected parameters. The main computer has an array processor (for the Fourier transforms) and sends the data to the image processor (Figure below). **بالإضافة إلى المغناطيس والملفات ووحدات التحكم الخاصة بها توجد وحدة التحكم في النبض. يتم تحديد تسلسلات النبض في وحدة تحكم المشغل، وتقوم وحدة التحكم بمزامنة التدرجات ونبضات التردد اللاسلكي للمعلمات المحددة. يحتوي الكمبيوتر الرئيسي على معالج مصفوفة (لتحويلات فورييه) ويرسل البيانات إلى معالج الصور (الشكل أدناه).**

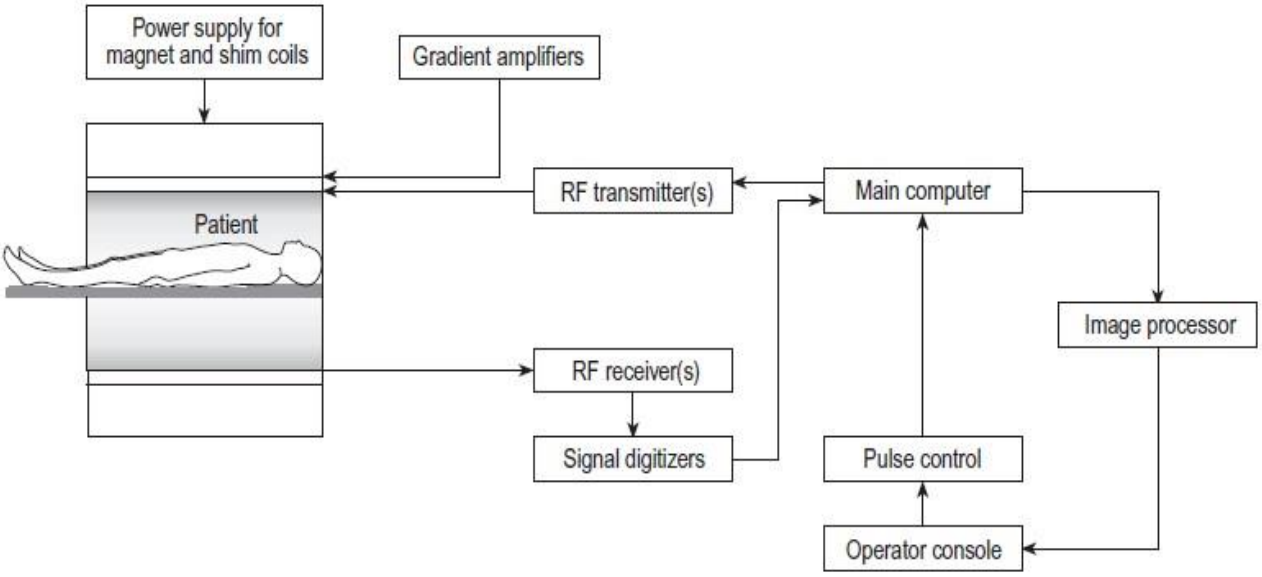
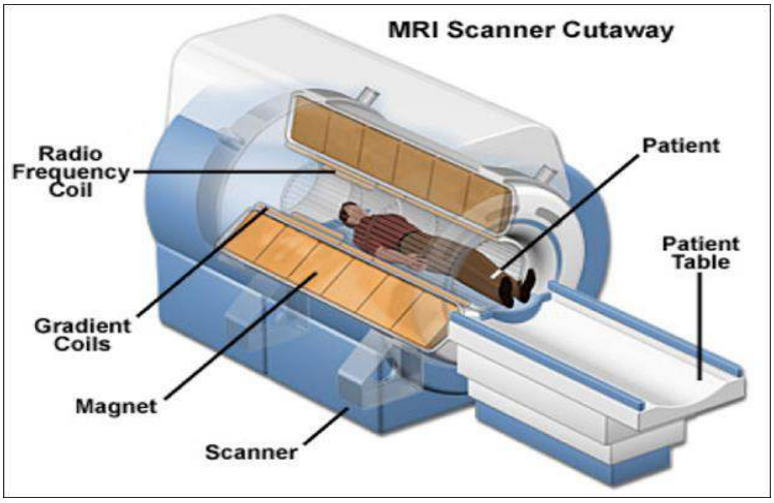
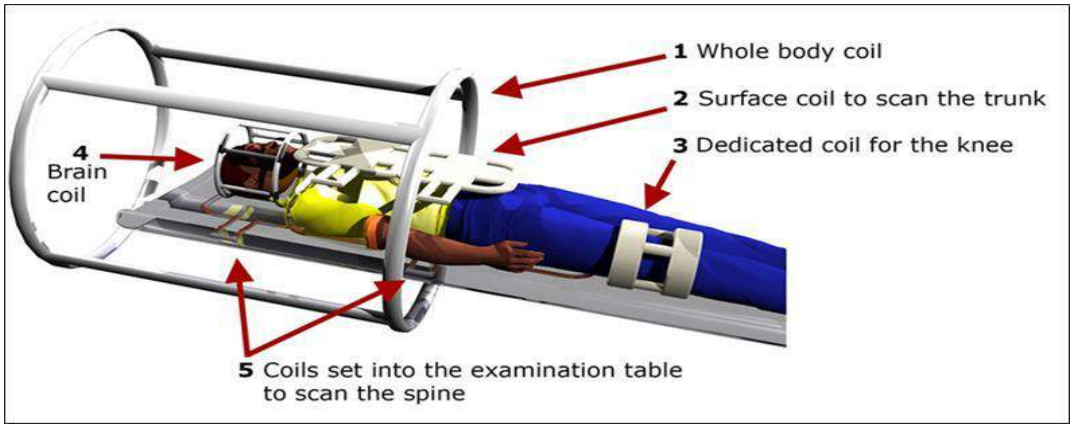
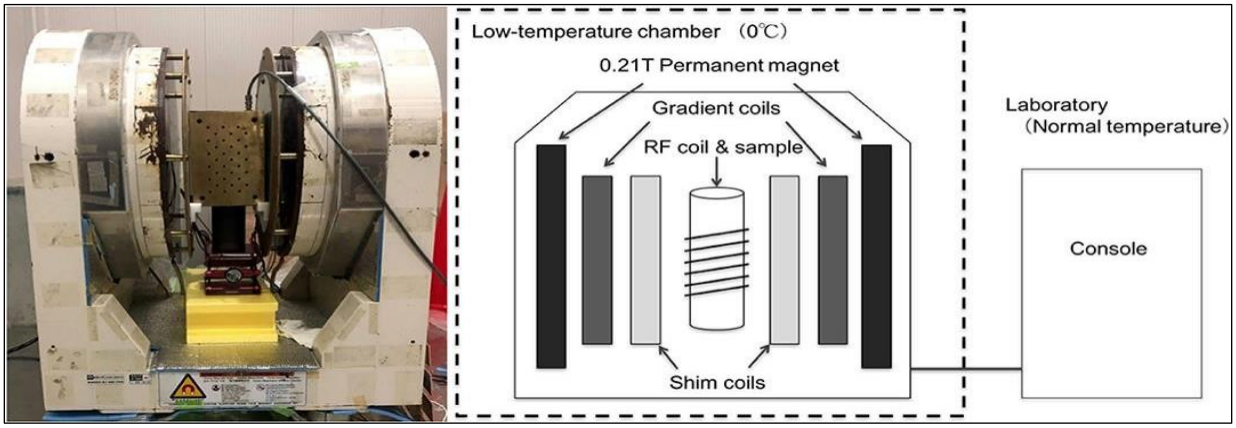


Figure 10.28 Typical system configuration. RF, radiofrequency.







Permanent Magnet MRI

By:Muhammad Jabbar Hussain