MR Image Formation

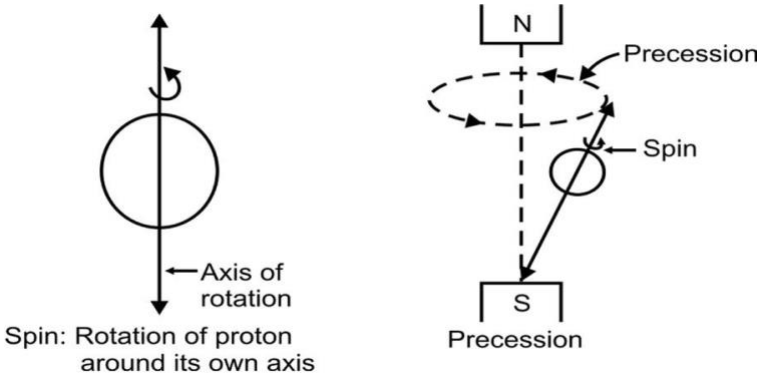
Four basic steps are involved in getting an MR image: تتضمن أربع خطوات أساسية للحصول على صورة الرنين المغناطيسي:

1. Placing the patient in the magnet وضع المريض في المغناطيس
2. Sending Radiofrequency (RF) pulse by coil إرسال نبضات التردد الراديوي عن طريق الملف
3. Receiving signals from the patient by coil استقبال الإشارات من المريض عن طريق الملف
4. Transformation of signals into image by complex processing in the computers. تحويل الإشارات إلى صورة عن طريق المعالجة المعقدة في أجهزة الكمبيوتر.

How do protons help in MR imaging? كيف تساعد البروتونات في التصوير بالرنين المغناطيسي؟

Protons are positively charged and have rotatory movement ***called spin***. Any moving charge generates current. Every current has a small magnetic field around it. So every spinning proton has a small magnetic field around it, also called magnetic ***dipole moment***. Without magnetic field, protons in human body move randomly in any direction. When patient is placed in the magnet, these randomly moving protons align and spin in the direction of external magnetic field. Some of them align ***parallel and others anti-parallel*** to the external magnetic field. البروتونات مشحونة بشكل إيجابي ولها حركة دورانية تسمى الدوران. أي شحنة متحركة تولد تيارا. كل تيار لديه مجال مغناطيسي صغير من حوله. لذا فإن كل بروتون يدور لديه مجال مغناطيسي صغير حوله، يُسمى أيضًا عزم ثنائي القطب المغناطيسي. بدون المجال المغناطيسي، تتحرك البروتونات في جسم الإنسان بشكل عشوائي في أي اتجاه. عندما يتم وضع المريض في المغناطيس، تصطف هذه البروتونات المتحركة بشكل عشوائي وتدور في اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي. بعضها محاذاة بالتوازي والبعض الآخر غير موازٍ للمجال المغناطيسي الخارجي.

When a proton aligns along external magnetic field, not only it rotates around itself (called spin) but also its axis of rotation moves forming a ‘cone’. This movement of the axis of rotation of a proton is called as ***precession***. عندما يصطف البروتون على طول المجال المغناطيسي الخارجي، فإنه لا يدور حول نفسه فقط (يسمى الدوران)، ولكن أيضًا يتحرك محور دورانه ليشكل "مخروطًا". وتسمى هذه الحركة لمحور دوران البروتون بالمبادرة.



Spin versus precession.

***Spin** is rotation of a proton around its own axis*..الدوران هو دوران البروتون حول محوره

***Precession** is rotation of proton axis itself under the influence of external magnetic field such that it forms a „cone"* المبادرة هي دوران محور البروتون نفسه تحت تأثير المجال المغناطيسي الخارجي بحيث يشكل "مخروطًا"

The number of precessions ***of a proton per second is called precession frequency. It is measured in Hertz.*** يُطلق على عدد حركات البروتون في الثانية اسم تردد المبادرة. يتم قياسه بالهرتز.

Precession frequency is ***directly proportional*** to strength of external magnetic field.

Stronger the external magnetic field, higher is the precession frequency.

This relationship is expressed by Larmors equation: يتناسب تردد المبادرة بشكل مباشر مع قوة المجال المغناطيسي الخارجي. كلما كان المجال المغناطيسي الخارجي أقوى، كلما كان تردد المبادرة أعلى. ويتم التعبير عن هذه العلاقة بمعادلة لارمور:

$$W_o = \gamma B_o$$

Where W_o = Precession frequency in Hz B_o = تردد المبادرة

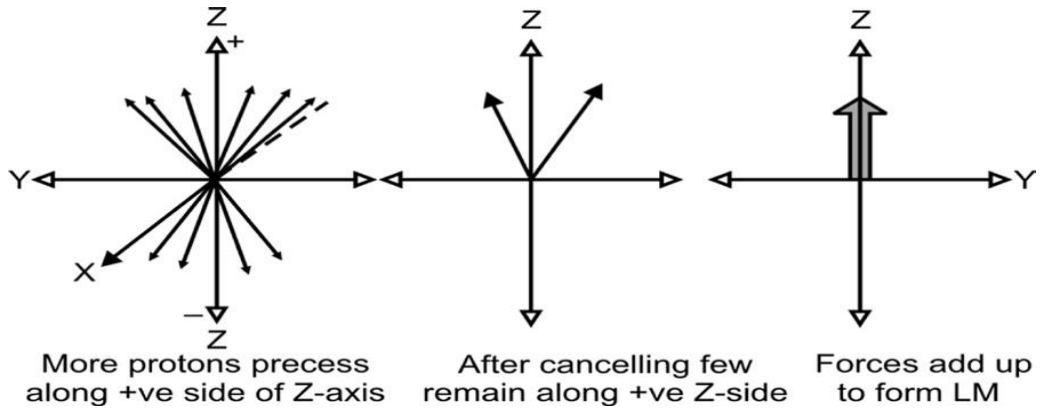
Strength of external magnetic field in Tesla قوة المجال المغناطيسي الخارجي في تسلا

γ = Gyromagnetic ratio, which is specific to particular nucleus النسبة الجيرومغناطيسية، وهي خاصة بنواة معينة

Precession frequency of the hydrogen proton at 1, 1.5 and 3 Tesla is roughly 42, 64 and 128 MHz respectively. ترددد المبادرة لبروتون الهيدروجين عند 1 و1.5 و3 تسلا يبلغ تقريبًا 42 و64 و128 ميجا هرتز على التوالي.

Longitudinal Magnetization المغنطة الطولية

External magnetic field is directed along the Z-axis which is the long axis of the patient as well as bore of the magnet. Protons align along positive and negative sides of the Zaxis. ***There are always more protons spinning on the positive side or parallel to Z-axis than negative side***. So there are a few protons on positive side that retain their forces. Forces of these protons add up together to form a magnetic vector along the Z-axis. This is called as longitudinal magnetization. يتم توجيه المجال المغناطيسي الخارجي على طول المحور – وهو المحور الطويل للمريض وكذلك تجويف المغناطيس. تصطف البروتونات على طول الجوانب الإيجابية والسلبية للزاكسيس. يوجد دائمًا عدد أكبر من البروتونات التي تدور على الجانب الموجب أو الموازي للمحور مقارنة بالجانب السالب. لذلك هناك عدد قليل من البروتونات على الجانب الإيجابي التي تحتفظ بقواها. تتجمع قوى هذه البروتونات معًا لتشكل ناقلًا مغناطيسيًا على طول المحور. وهذا ما يسمى بالمغنطة الطولية.

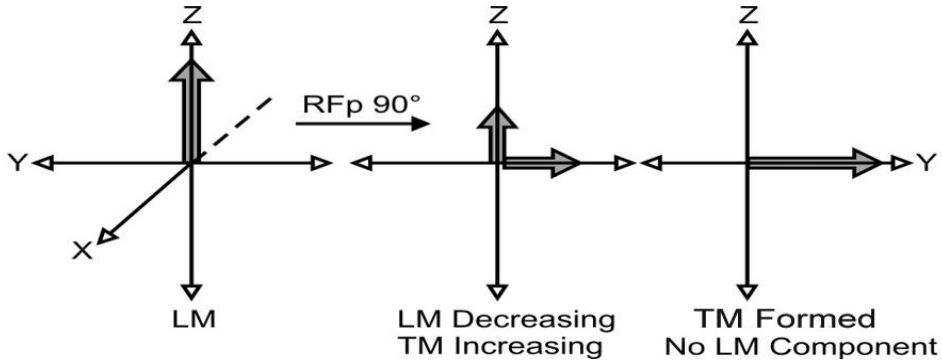


Longitudinal magnetization

Transverse Magnetization المغنطة العرضية

The next step is to send radiofrequency (RF) pulse. The precessing protons pick up some energy from the radiofrequency pulse. Some of these protons go to higher energy level and start precessing antiparallel (along negative side of the Z-axis). The imbalance results in tilting of the magnetization into the transverse (X-Y) plane. This is called as transverse magnetization. والخطوة التالية هي إرسال نبض الترددات الراديوية. تلتقط البروتونات المسبقة بعض الطاقة من نبض التردد الراديوي.

تنتقل بعض هذه البروتونات إلى مستوى طاقة أعلى وتبدأ في التحرك بشكل عكسي (على طول الجانب السلبي من المحور). يؤدي عدم التوازن إلى إمالة المغنطة إلى المستوى العرضي. وهذا ما يسمى بالمغنطة المستعرضة.



Transverse magnetization. Magnetization vector is flipped in transverse plane by the 90 degree RF pulse

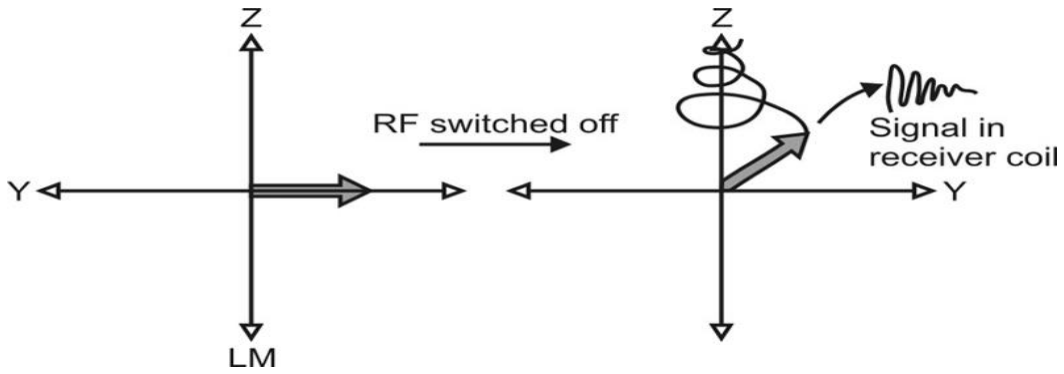
In short, RF pulse causes titling of the magnetization into transverse plane. باختصار، يؤدي نبض التردد الراديوي إلى إمالة المغنطة والمستوى العرضي.

The precession frequency of protons should be same as RF pulse frequency for the exchange of energy to occur between protons and RF pulse. When ***RF pulse and protons have the same frequency protons can pick up some energy from the RF pulse. This phenomenon is called as "resonance"- the R of MRI.*** *يجب أن يكون تردد البروتونات هو نفس تردد نبض التردد اللاسلكي حتى يحدث تبادل الطاقة بين البروتونات ونبض التردد اللاسلكي. عندما يكون لنبض التردد الراديوي والبروتونات نفس التردد، يمكن للبروتونات التقاط بعض الطاقة من نبض التردد اللاسلكي. وتسمى هذه الظاهرة باسم "الرنين" – وهو ما يسمى بالتصوير بالرنين المغناطيسي.*

RF pulse not only causes protons to go to higher energy level but also makes them precess in step, in phase or synchronously. لا يؤدي نبض التردد الراديوي إلى انتقال البروتونات إلى مستوى طاقة أعلى فحسب، بل يجعله أيضًا يتقدم بشكل تدريجي أو في الطور أو بشكل متزامن.

MR Signal

Transverse magnetization vector has a precession frequency. It constantly rotates at Larmor frequency in the transverse plane and induces electric current while doing so. The receiver RF coil receives this current as MR signal (Fig. 1.4). ناقل المغنطة المستعرضة له تردد مبادر. يدور باستمرار بتردد لارمور في المستوى المستعرض ويولد تيارًا كهربائيًا أثناء القيام بذلك. يستقبل ملف الاستقبال هذا التيار كإشارة (الشكل 1.4).



MR signal

The strength of the signal is proportional to the magnitude of the transverse magnetization. MR signals are transformed into MR image by computers using mathematical methods such as Fourier Transformation. **تتناسب قوة الإشارة مع حجم المغنطة العرضية. يتم تحويل إشارات الرنين المغناطيسي إلى صورة الرنين المغناطيسي بواسطة أجهزة الكمبيوتر باستخدام الطرق الرياضية مثل تحويل فورييه.**

By:Muhammad Jabbar Hussain