T2 Relaxation

The ***relaxation process*** is divided into ***two parts***. The ***first on is T1 relaxation*** and the second part, ***relax T2***, is a bit more complicated. In general students and some radiologists have difficulties in ***understanding T2*** and ***relationship between T1 and T2***. تنقسم عملية الاسترخاء إلى قسمين. الأول هو الاسترخاء 1 والجزء الثاني، الاسترخاء 2، أكثر تعقيدًا بعض الشيء. بشكل عام، يواجه الطلاب وبعض أطباء الأشعة صعوبات في فهم 2 والعلاقة بين 1 و2

T1 and T2 relaxation are two ***independent processes***. The only thing they have in common is that ***both processes happen simultaneously***. ***T1 relaxation*** describes what ***happens in the Z direction***, while ***T2 relaxation describes what happens in the X-Y plane.*** That's why they have nothing to do with one another. الاسترخاء 1 و 2 عمليتان مستقلتان. الشيء الوحيد المشترك بينهما هو أن كلتا العمليتين تحدثان في وقت واحد. يصف الاسترخاء الأول ما يحدث في الاتجاه، بينما يصف الاسترخاء الثاني ما يحدث في المستوى. ولهذا السبب لا علاقة لهم ببعضهم البعض.

Before we apply the 90º RF pulse, the net magnetization vector ***is the sum of all the small magnetic fields*** of the protons, which are aligned ***along the Z-axis***. قبل أن نطبق نبض التردد الراديوي 90 درجة، فإن ناقل المغنطة الصافي هو مجموع جميع المجالات المغناطيسية الصغيرة للبروتونات، والتي تتم محاذاتها على طول المحور.

Each individual ***proton is spinning around its own axis***. Although they may be ***rotating with the same speed***, they ***are not spinning in-phase*** or, in other words, there is ***no phase coherence***. When we ***apply the 90º RF pulse*** something interesting happens. Apart from ***flipping the magnetization into the X-Y plane***, the protons will also ***start spinning in- phase!!*** *كل بروتون فردي يدور حول محوره الخاص. على الرغم من أنها قد تدور بنفس السرعة، إلا أنها لا تدور في الطور، أو بمعنى آخر، لا يوجد تماسك طوري. عندما نطبق نبض 90 درجة يحدث شيء مثير للاهتمام. وبصرف النظر عن قلب المغنطة إلى المستوى، فإن البروتونات ستبدأ أيضًا بالدوران على الطور!!*

So, right after the ***90º RF pulse the net magnetization vector*** (now called ***transverse magnetization***) is rotating in the X-Y plane around ***the Z-axis at the Larmor frequency.*** *لذلك، مباشرة بعد نبضة التردد الراديوي 90 درجة، يدور ناقل المغنطة الصافي (الذي يسمى الآن المغنطة المستعرضة) في المستوى حول المحور – عند تردد لارمور.*

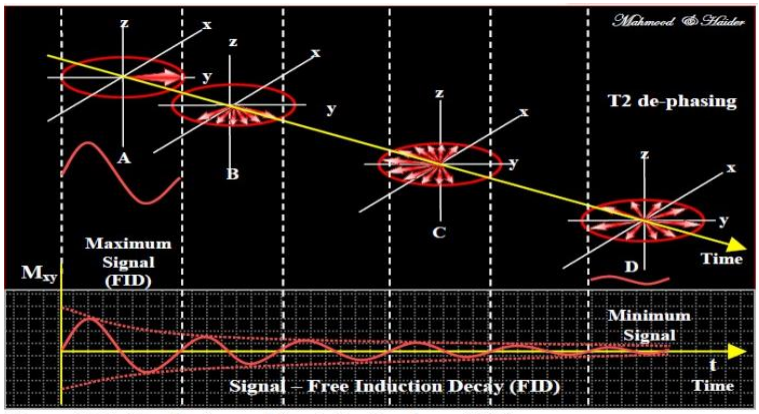

Figure 9.20: De-phasing and free induction decay (FID).

That is ***transverse magnetization*** formed by ***tilting the longitudinal magnetization into the transverse plane*** by using a radiofrequency pulse. The transverse magnetization induces an ***MR signal in the radiofrequency coil immediately after its formation***, it has a ***maximum magnitude, and all of the protons are in phase***. Therefore the vectors all point in the ***same direction because they are in-Phase***. However, they don't stay like this. The transverse magnetization starts ***decreasing in magnitude immediately as protons start going out of phase***. This process of ***de-phasing and reduction in the amount of transverse magnetization is called transverse relaxation***. وهي عبارة عن مغنطة عرضية تتشكل عن طريق إمالة المغنطة الطولية إلى المستوى المستعرض باستخدام نبضة تردد راديوي. تستحث المغنطة المستعرضة إشارة في ملف التردد الراديوي مباشرة بعد تكوينها، ولها أقصى قدر، وجميع البروتونات في الطور. وبالتالي فإن المتجهات جميعها تشير إلى نفس الاتجاه لأنها في الطور. ومع ذلك، فإنهم لا يبقون على هذا النحو. يبدأ حجم المغنطة العرضية في التناقص فورًا عندما تبدأ البروتونات في الخروج من الطور. تسمى عملية إزالة الطور وتقليل كمية المغنطة المستعرضة بالاسترخاء المستعرض.

This is similar to a group of soldiers walking one behind the other in a similar pattern (in- phase). If someone stumbled resulting in a state of mini chaos with other soldiers who are walking and then walk change in different directions: this soldier got out-of-Phase or he were (de-phasing). وهذا مشابه لمجموعة من الجنود يسيرون الواحد خلف الآخر بنمط مماثل. إذا تعثر شخص ما مما أدى إلى حالة من الفوضى البسيطة مع الجنود الآخرين الذين يسيرون ثم يسيرون يتغيرون في اتجاهات مختلفة: هذا الجندي خرج من الطور أو كان).

A similar situation happens with the vectors in MRI. Remember that ***each proton can be thought of as a tiny bar magnet with a north and a south pole***. And two poles of the ***same sign repel each other***. Because the magnetic fields of each vector are influenced by one another the situation will occur that ***one vector is slowed down while the other vector might speed up***. The vectors will rotate at ***different speeds*** and therefore they are not able to point into the same direction anymore: they ***will start to de-phase***. At first the amount of ***de-phasing will be small*** (Figure 9.20B, C), but quickly that will increase until there is ***no more phase coherence left***; there is not one vector pointing in the same direction. يحدث موقف مماثل مع المتجهات في التصوير بالرنين المغناطيسي. تذكر أنه يمكن اعتبار كل بروتون بمثابة شريط مغناطيسي صغير له قطب شمالي وقطب جنوبي. والقطبين من نفس الإشارة يتنافران. نظرًا لأن المجالات المغناطيسية لكل متجه تتأثر ببعضها البعض، فسوف يحدث موقف يتباطأ فيه أحد المتجهات بينما قد يتسارع المتجه الآخر. سوف تدور المتجهات بسرعات مختلفة وبالتالي لن تكون قادرة على الإشارة إلى نفس الاتجاه بعد الآن: ستبدأ في إزالة الطور. في البداية، سيكون مقدار إزالة الطور صغيرًا (الشكل 9.20ب، ج)، ولكن بسرعة سيزداد حتى لا يتبقى أي تماسك للطور؛ لا يوجد متجه واحد يشير في نفس الاتجاه.

In the meanwhile the whole is still rotating ***around the Z-axis in the X-Y plane*** (Figure 9.20D). A characteristic time representing ***the decay of the signal by 1/e, or 37%,*** is called the ***T2 relaxation time***. ***1/T2 is referred to as the transverse relaxation rate***. This ***process of getting from a total in-phase situation to a total out-of-phase situation is called T2 relaxation***. وفي هذه الأثناء، لا يزال الكل يدور حول المحور – في المستوى (الشكل 9.20د). الوقت المميز الذي يمثل انحطاط الإشارة بنسبة 1/، أو 37٪، يسمى وقت الاسترخاء. ويشار إليه باسم معدل الاسترخاء العرضي. تسمى عملية الانتقال من الوضع الكلي في الطور إلى الوضع الكلي خارج الطور بالاسترخاء.

T2 Relaxation Curves

Just like T1 relaxation, T2 relaxation does not happen at once. Again, it depends on how the ***Hydrogen proton is bound in its molecule*** and that again is ***different for each tissue***. تمامًا مثل الاسترخاء، لا يحدث الاسترخاء دفعة واحدة. مرة أخرى، يعتمد الأمر على كيفية ارتباط بروتون الهيدروجين بجزيئه، وهذا مرة أخرى يختلف من نسيج إلى آخر.

Right after ***the 90º RF-pulse*** all the magnetization is ***"flipped" into the XY-plane***. The net magnetization changes name and is now called ***MXY***. At ***time = 0 all spins are in- phase***, but immediately start to de-phase. T2 relaxation is also a time constant. ***T2 is defined as the time it takes for the spins to de-phase to 37% of the original value.*** Immediately ***after cutting-off the pulse***, begin ***declining in the xy plane***, according to the following equation مباشرة بعد النبضة 90 درجة يتم "قلب" كل المغنطة إلى المستوى. يتغير اسم المغنطة الصافية ويسمى الآن . في الوقت = 0، تكون جميع الدورات في الطور، ولكنها تبدأ على الفور في إلغاء الطور. الاسترخاء هو أيضًا ثابت زمني. يتم تعريفه على أنه الوقت الذي يستغرقه تقليل الدورات إلى 37٪ من القيمة الأصلية. مباشرة بعد قطع النبض، يبدأ الانخفاض في المستوى، وفقا للمعادلة التالية:

$$M_{xy} = M_o e^{-t/T_2}$$

The rate of de-phasing is different for each tissue. ***Fat tissue will de-phase quickly***, while ***water will de-phase much slower***. معدل إزالة المراحل يختلف لكل الأنسجة. ستتم إزالة الأنسجة الدهنية بسرعة، بينما ستتم إزالة المياه بشكل أبطأ بكثير.

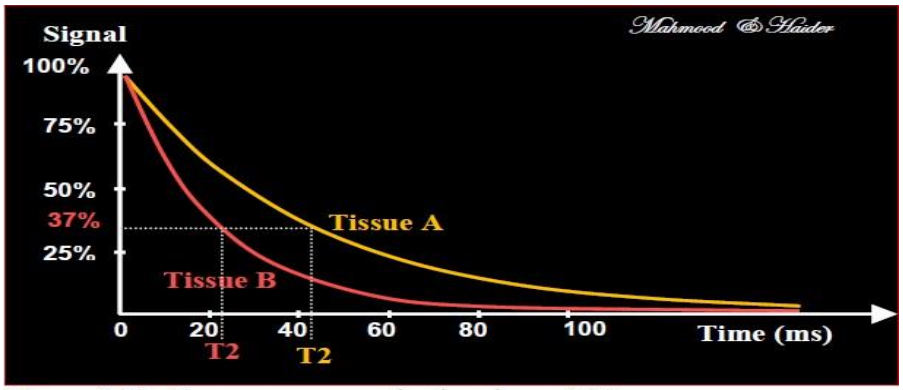

Figure 9.21: Transverse magnetization decay (T2)

One more remark about ***T2: it happens much faster than T1 relaxation***. ***T2 relaxation*** happens in ***tens of milliseconds***, while ***T1 can take up to seconds***. T2 relaxation is also called ***spin–spin relaxation*** because it describes interactions ***between protons in their immediate surroundings (molecules)***.

ملاحظة أخرى حول: يحدث ذلك بشكل أسرع بكثير من الاسترخاء. يحدث الاسترخاء خلال عشرات الملي ثانية، بينما يمكن أن يستغرق ما يصل إلى ثوانٍ. ويسمى الاسترخاء أيضًا استرخاء الدوران المغزلي لأنه يصف التفاعلات بين البروتونات في محيطها المباشر (الجزيئات).

T2* Relaxation

All relaxation mechanisms are heavily ***influenced by temperature*** and molecular environment. ***Transverse relaxation is the result of random interactions at the atomic and molecular levels***. Transverse relaxation is primarily related to the ***intrinsic field caused by adjacent protons*** (spins) and hence is called ***spin-spin relaxation***. Transverse relaxation causes ***irreversible de-phasing of the transverse magnetization***. تتأثر جميع آليات الاسترخاء بشدة بدرجة الحرارة والبيئة الجزيئية. الاسترخاء المستعرض هو نتيجة للتفاعلات العشوائية على المستوى الذري والجزيئي. يرتبط الاسترخاء المستعرض في المقام الأول بالمجال الداخلي الناتج عن البروتونات المجاورة (اللف المغزلي) ومن ثم يُسمى الاسترخاء المغزلي المغزلي. يؤدي الاسترخاء العرضي إلى إزالة تدريجية لا رجعة فيها للمغنطة العرضية.

By contrast, the so-called T2* relaxation (as a variant of T2) is a result of ***dephasing processes due to an inhomogeneous magnet field*** which can be minimized by ***manual justification ("shimming").*** Since ***T2* is usually much smaller than T2***, the signal decay of an ***FID is almost*** completely caused by ***T2* effects***. In general, ***T1>T2>T2**** *على النقيض من ذلك، فإن ما يسمى بالاسترخاء 2* (كبديل لـ 2) هو نتيجة لعمليات الإزالة الناتجة عن مجال مغناطيسي غير متجانس والذي يمكن تقليله عن طريق التبريد اليدوي ("الملمع"). نظرًا لأن 2* عادة ما تكون أصغر بكثير من 2، فإن تسوس الإشارة يحدث بشكل كامل تقريبًا بسبب تأثيرات 2* . بشكل عام، 1>2>2*.*

Remember this:تذكر هذا**:**

- T1 and T2 relaxation are two independent processes, which happen simultaneously. الاسترخاء 1 و 2 هما عمليتان مستقلتان تحدثان في وقت واحد.
- T1 happens along the Z-axis; T2 happens in the X-Y plane..1 يحدث على طول المحور -؛ 2 يحدث في الطائرة
- T2 is much quicker than T1 2 أسرع بكثير من 1

When both ***relaxation processes are finished*** the net magnetization vector is aligned with the ***main magnetic field (B_0) again*** and the ***protons are spinning Out-Of-Phase***; the situation before we transmitted the 90° RF-pulse. عند الانتهاء من عمليتي الاسترخاء، تتم محاذاة ناقل المغنطة الصافي مع المجال المغناطيسي الرئيسي مرة أخرى وتدور البروتونات خارج الطور؛

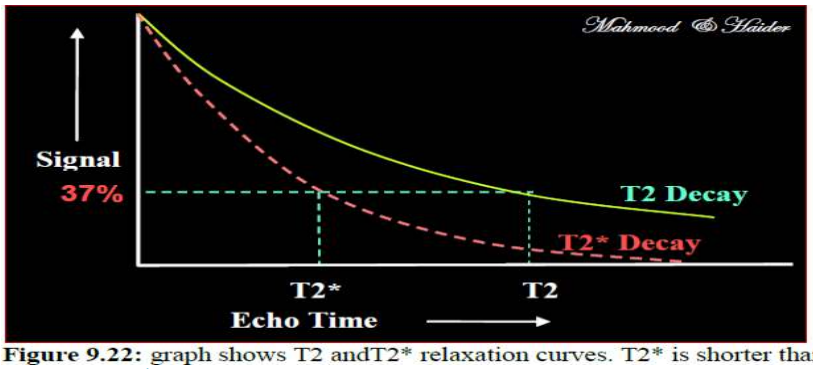

Figure 9.22: graph shows T2 andT2* relaxation curves. T2* is shorter than T2.

الوضع قبل أن نرسل نبض التردد اللاسلكي 90 درجة.