# الفصل التاسع

## تقنيات التخلص من اشارة الدهون
## Fat Suppression Techniques

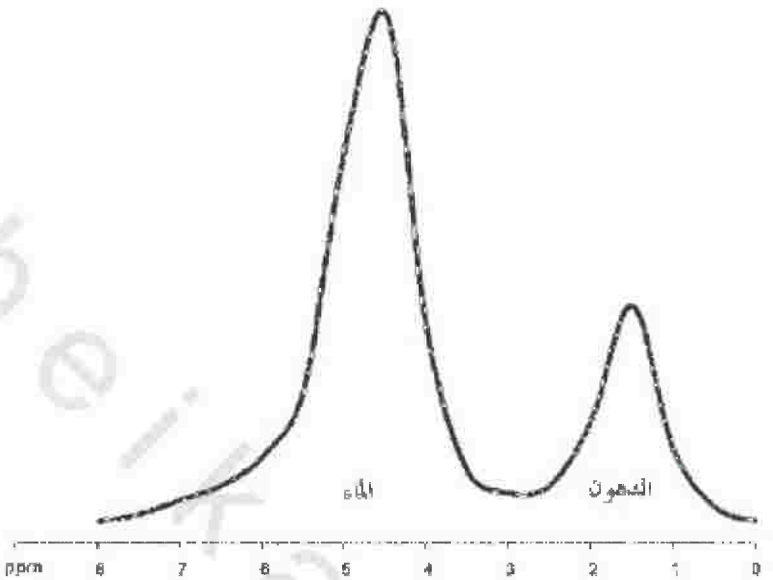
تستخدم تقنيات عديدة في عيادات التصوير بالرنين المغناطيسي MR للتخلص من إشارات الدهون.

- تصوير الإزاحة الكيميائية القائم على إزاحة الطور على الزمن بين الهواء والدهون.
- الاختيار الترددي لتشبع الدهون (نبضة تشبع الدهون fat sat pulse).
- التخلص من الدهون المعتمدة على T1.
- التشبع المسبق الطيفي مع الاسترداد العكسي (SPIR).

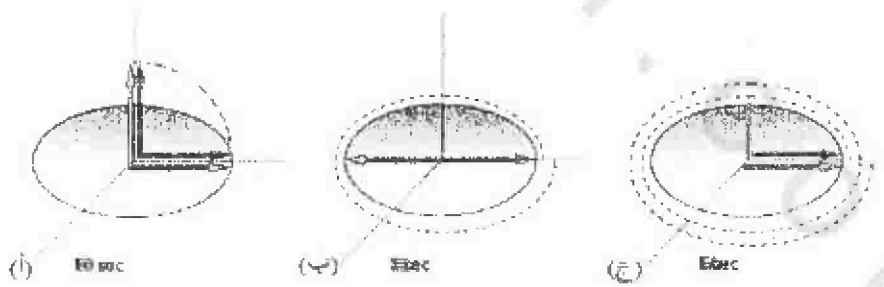
### (٩,١) تصوير الإزاحة الكيميائية Chemical Shift Imaging

كما ذكرنا سابقاً، فإن نواة نفس الذرة تختلف قليلاً في ترددها الرنيني عندما ترتبط مع جزيئات مختلفة أو مواقع جزيئيه مختلفة. هذا النوع من الفرق في التردد الرنيني يسمى الإزاحة الكيميائية. إن الإزاحة الكيميائية يمكن أن تعطى بالهرتز، والتي تتناسب مع شدة المجال المغناطيسي الخارجي الذي تتعرض له البروتونات، أو "كجزء في المليون parts per million ppm)، وهي وحدة لا تعتمد على شدة المجال المغناطيسي.

إن الأهمية العظمى للإزاحة الكيميائية في التصوير الإكلينيكي تظهر في بروتونات الدهون والماء. التردد الرنيني لبروتونات الدهون المرتبطة في سلسلة أحماض دهنية (مثلاً الجليسريدات الثلاثية triglycerides) وبروتونات الماء تختلف بمقدار ٣,٥ ppm، والتي عند شدة مجال مقدارها ١,٥ T، تجعل الدهون تتقدم بمقدار ٢٢٥ Hz أبطأ من الماء (الشكل رقم ٣٥). إذا كانت بروتونات الدهون والماء في نفس الفوكسل voxel، فإن الفرق في التردد سيظهر كفرق في الطور بعد انحناء اتجاه المغنطة إلى المستوى xy وبدء التراخي العرضي في الحدوث. مع الوقت، تكون بروتونات الدهون والماء على التوالي في نفس الطور وفي طور عكسياً بالنسبة لبعضهما ببعض. نقول إنهما يكونان في طور عكسي عندما تكون الزاوية بينهما ١٨٠ درجة. عند شدة مجال ١,٥ T تكون بروتونات الدهون والماء بينها زاوية مقدارها ١٨٠ درجة بعد الإثارة بزمن مقداره ٢,٢ msec، وفي نفس الطور بعد ٤,٤ msec. بعد ٢,٢ msec أخرى سيكونان في طور عكسي مرة أخرى وهكذا. في تصوير الرنين المغناطيسي MR الإكلينيكي، فإن هذه الفروق في الطور والتي تعتمد على الزمن يتم استخدامها للتخلص من إشارة الدهون (أو الماء) اختيارياً. في حالة الصورة التي يتم الحصول عليها في حالة الطور الواحد بين الإشارتين ، فإن مركبة المغنطة العرضية لبروتونات الدهون والماء التي تكون في نفس الفوكسل تجمع مع بعضها وتعطي إشارة قوية، بينما في حالة الطور العكسي فإنه إما الدهون وإما الماء وحدها تشارك في الإشارة (الشكل رقم ٣٦). الفرق في شدة الإشارة بين الصور التي لها نفس الطور والتي لها طور عكسي يمكن أن تساعد في التفريق بين الأجزاء السليمة والمريضة في صور الرنين المغناطيسي MR. إذا كان عضو يحتوي على دهون، فإن ذلك سيسبب نقصاً في شدة الإشارة البينية في الصورة ذات الطور العكسي بالمقارنة بالصور التي لها نفس الطور. تعرف هذه الطريقة بتصوير الإزاحة الكيميائية ولها، كمثال، دور في تقييم الرنين المغناطيسي MR لأورام الإدرينالين، حيث وجود الدهون يكون عاملاً مهماً في التعرف على المرض.




الشكل رقم (٣٥). الإزاحة الكيميائية بين الدهون والماء. التردد الرنيني لبروتونات الدهون والماء تختلف بحوالي ٣,٥ ppm والتي تترجم إلى حوالي ٢٢٥ هرتز عند شدة مجال مقدارها ١,٥ T.




الشكل رقم (٣٦ أ–ج). (أ) الفرق في الطور بين الدهون (السهم الرمادي) والماء (السهم الأسود) كدالة في زمن الصدى TE. (ب) عند شدة مجال مغناطيسي خارجي مقدارها ١,٥ T، فإن متجه المغنطة العرضية للدهون والماء يشير إلى اتجاهين متضادين عند TE = ٢,٢ msec، مما ينتج عنه إشارة رنين مغناطيسي MR ضعيفة. (ج) عندما TE = ٤,٤ msec، تعود الدهون والماء في نفس الطور وكل منهما يشارك في إشارة الرنين المغناطيسي MR.

طريقة التصوير بالإزاحة الكيميائية للتخلص الاختياري من إشارة الدهون أو الماء تم افتراضها من قبل ديكسون Dixon. في هذه الطريقة يتم قراءة مجموعتين من الصور، واحدة عندما تكون الدهون والماء في نفس الطور، والثانية عندما تكون الدهون والماء في طور عكسي. شدة الإشارة للصورتين اللتين يتم الحصول عليهما بهذه الطريقة (صورة رقم ١ و صورة رقم ٢) يمكن توضيحهما كالتالي:

- صورة رقم ١ = الماء زائد الدهون
- صورة رقم ٢= الماء ناقص الدهون

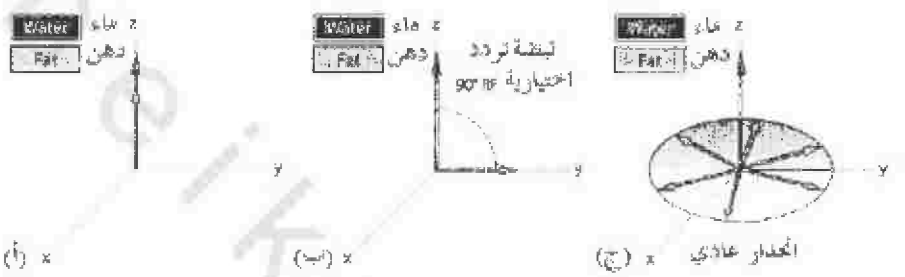
بجمع الصورة رقم ١ مع الصورة رقم ٢ نحصل على صورة ماء فقط (ماء زائد ماء) بينما بطرح الصورة رقم ٢ من الصورة رقم ١ نحصل على صورة دهون فقط.

## (٢ ,٩) الاختيار الترددي لتشبع الدهون

**Frequency Selective Fat Saturation**

لأن الماء والدهون يكون لهما تردد رنيني مختلف، فإنه من الممكن أن نختار تشبع قمة الطيف للماء أو الدهون عن طريق تطبيق نبضة راديو RF للاختيار الترددي قبل التصوير. طرق التشبع الحقيقية تعطى نبضة الراديو RF بعد إجراء المعايرة للتحديد التام لقمة الطيف للدهون. تستخدم هذه الطرق باستمرار في تصوير الرنين المغناطيسي MR الطيفي وليس في الاستخدام العادي للتصوير الإكلينيكي بالرنين المغناطيسي MR، حيث يتم التخلص من تأثير الدهون بطرق عادية. إن نبضة تشبع الدهون fat sat pulse هي نبضة تردد راديو RF اختيارية قصيرة بطور ٩٠ درجة يتم تطبيقها لتدوير المغنطة العرضية للدهون إلى المستوى العرضي. بينما في المستوى العرضي، يتم إعادة الطور لمغنطة الدهون عن طريق تطبيق انحدار اختياري، مما ينتج عنه ترك المغنطة الطولية للماء فقط للإثارة أثناء النبضة التالية (انظر الشكلين رقمي ٣٦ و ٣٧).

طرق التخلص الاختياري الترددي من تأثير الدهون تستخدم في الماسحات ذات المجال العالي بينما تتابعات الاسترداد العكسي لأزمنة T1 القصيرة ST1R تكون مفضلة في الماسحات ذات المجال المنخفض.




**الشكل رقم (٣٧). (أ و ب) إلغاء تأثير الدهون بالتردد الاختياري. نبضة تردد راديو RF اختيارية بطور ٩٠ درجة يتم تطبيقها لتدوير متجه المغنطة للدهون إلى المستوى المستعرض. (ج) المغازل الدهنية تبدأ في إعادة طورها، والتي يتم تعجيلها بتطبيق انحدار عادي، ولذلك، فإن المغنطة الطولية للماء تكون متاحة للإثارة التالية.**

## (٩,٣) الاسترداد العكسي للزمن الأول T1 القصير

**Short T1 Inversion Recovery (ST1R)**

تتابعات الاسترداد العكسي للزمن الأول T1 القصير ST1R تحقق تخلصاً جيداً لتأثيرات الدهون عند جميع قيم شدة المجالات. إنها تستخدم أساساً للتخلص من تأثيرات الدهون في الماسحات ذات المجال المنخفض وفي كل الأحوال الأخرى التي يكون فيها التخلص من تأثيرات الدهون لا يمكن تحقيقه بطرق التردد الاختياري. إن الوظيفة الأساسية لتتابع الاسترداد العكسي للزمن الأول T1 القصير ST1R تم شرحها في المقطع ٥,٧.

## (٤, ٩) طيف التشبع المسبق مع الاسترداد العكسي

**Spectral Presaturation with Inversion Recovery (SPIR)**

إن طيف التشبع المسبق مع الاسترداد العكسي SPIR يشبه الاسترداد العكسي للزمن الأول T1 القصير STIR في أنه تقنية عكس للتخلص من تأثيرات الدهون. على الرغم من أن تتابع الاسترداد العكسي للزمن الأول T1 القصير ST1R يستخدم نبضة تشبع ابتدائية ١٨٠ درجة، فإن طريقة طيف التشبع المسبق مع الاسترداد العكسي SPIR تستخدم نبضة عكس ابتدائية التي تجعل التردد اختيارياً وتعكس فقط مغنطة الدهون. لاحظ أن طيف التشبع المسبق مع الاسترداد العكسي SPIR ليس تتابع نبضات ولكنه تقريبا وحدة إضافية يمكن تطبيقها قبل أي تتابع نبضات. يستخدم طيف التشبع المسبق مع الاسترداد العكسي SPIR أساساً للحصول على صور بدون تأثيرات دهون مع الارتباط بتتابع موزون بالزمن الأول T1.