وزندهی (Weighting)

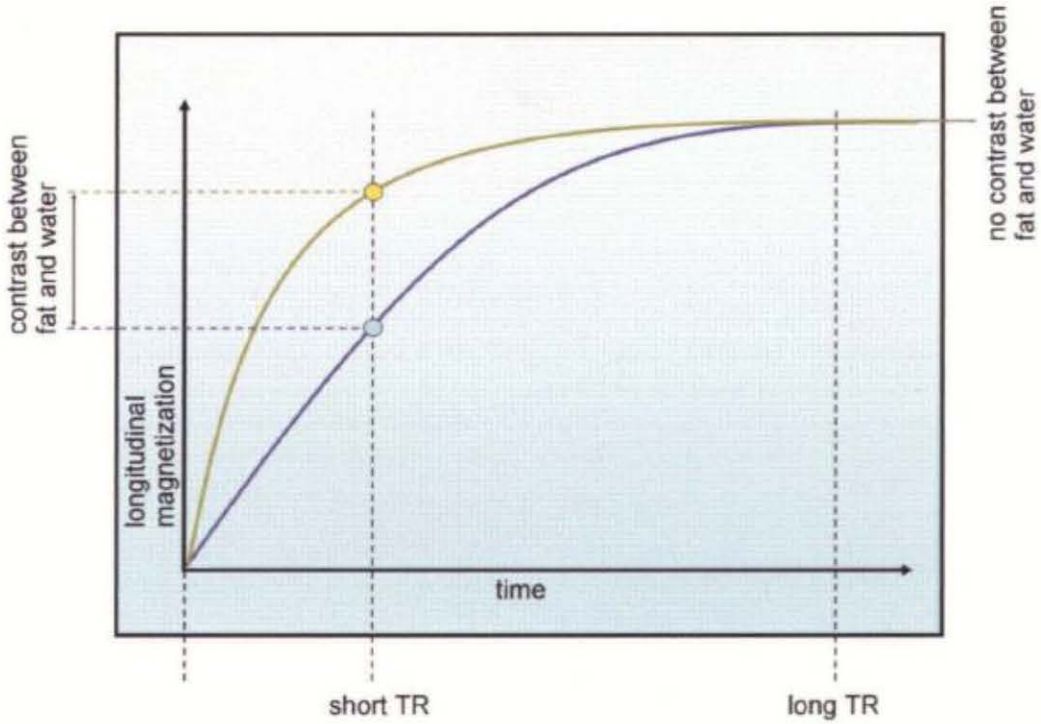
همه پارامترهای کنتراست ذاتی بافت که در قسمت قبلی لیست کردیم، بطور همزمان بر کنتراست تصویر تاثیر دارند و در نتیجه تصاویری با کنتراست ترکیبی تولید می کنند. این بدان معنا است که هنگام خواندن یک تصویر، بسیار دشوار است که سهم هر پارامتر را بطور مستقل در ایجاد کنتراست مشاهده شده تعیین کرد. این مساله باعث پیچیده شدن تفسیر تصاویر می شود. پس، ما می بایست کنتراست تصویر را به سمت یکی از پارامترها وزن دهیم و از بقیه تا جای ممکن دور کنیم. این کار با درک اینکه چگونه پارامترهای غیرذاتی کنتراست (که در بخش قبلی ذکر شدند و مثال آنها TR، TE، و flip angle هستند) میزان سهم هر پارامتر ذاتی را کنترل می کنند، قابل انجام است. در حال حاضر، از پارامترهای غیرذاتی کنتراست جریان و ADC صرفنظر میکنیم و در آینده به تفصیل به بررسی آنها خواهیم پرداخت. فعلا مکانیسم های وزن دهی مورد بررسی ما T1، T2 و چگالی پروتونی هستند. با انتخاب مناسب TR و TE می توان طوری تصویر را وزندهی کرد که یک مکانیسم کنتراست بر دیگر مکانیسم ها غالب شود.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

وزندهی T1

یک تصویر وزنی T1 تصویری است که کنتراست بطور غالب وابسته به تغییرات در زمانهای T1 بین چربی و آب (و همه بافت های دارای سیگنال میانی) می باشد. از آنجایی که TR کنترل کننده این است که هر بردار قبل از اینکه با پالس RF بعدی تحریک شود، چقدر بازیابی شود، برای دستیابی به وزن T1 بایستی TR به اندازه کافی کوتاه باشد تا هیچکدام از بافت های چربی و آب زمان کافی برای بازگشت به B0 نداشته باشند. اگر TR خیلی طولانی باشد، بافت های آب و چربی به B0 برمیگردند و بطور کامل مغناطش طولی آنها بازیابی خواهد شد. وقتی چنین پدیده ای رخ دهد، آسایش T1 در هر دو بافت کامل می شود و اختلافات در زمانهای T1 آنها در تصویر نشان داده نخواهد شد (شکل ۲-۸).

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)



شکل ۲-۸- اختلاف T1 بین چربی و آب

- پارامتر غیرذاتی T1 میزان وزندهی T1 را کنترل می کند.
- برای وزندهی T1 می بایست TR کوتاه باشد.

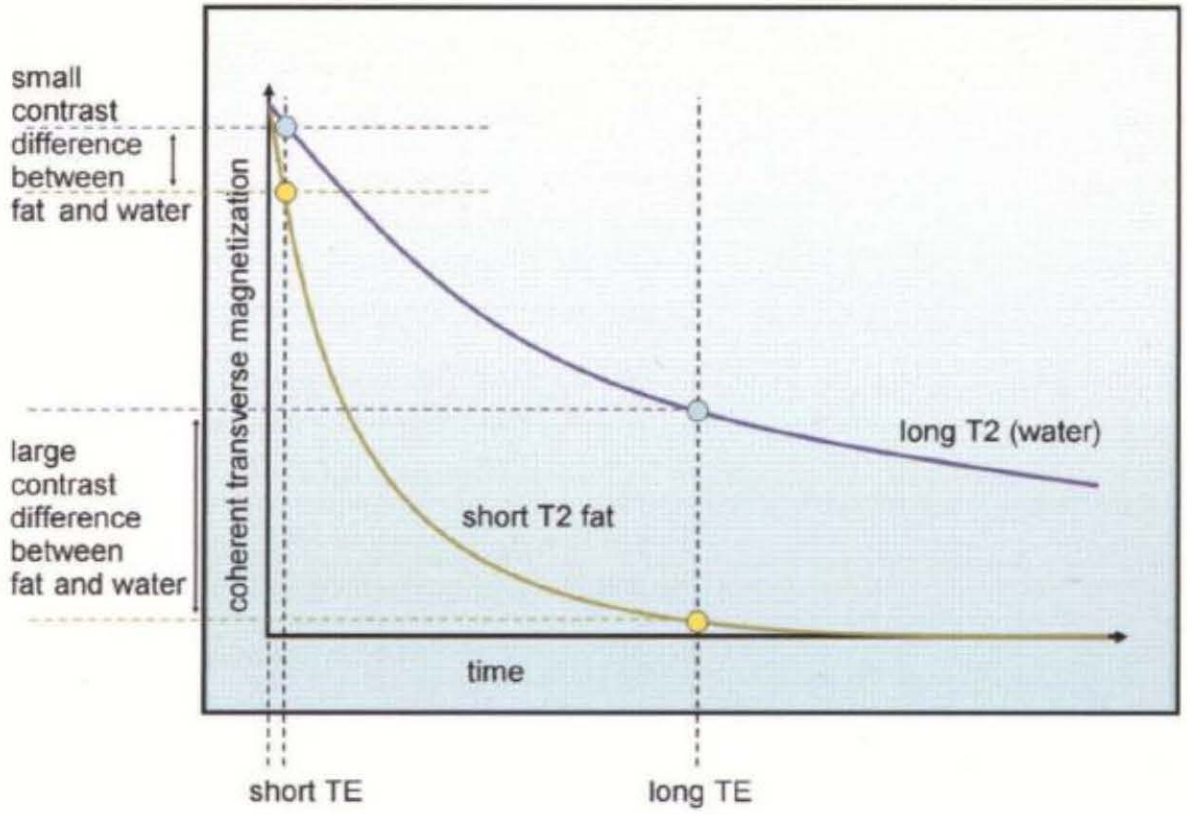
Quantitative Medical Imaging

وزندهی T2

تصویر T2 وزنی، تصویری است که در آن کنتراست بطور غالب به اختلاف در زمان های T2 بین چربی و آب (و همه بافت های با سیگنال میانی) بستگی دارد. پارامتر TE کنترل کننده میزان میرایی T2 ای است که قبل از آنکه سیگنالی دریافت شود اجازه دارد رخ دهد. برای رسیدن به وزن T2 می بایست TE به اندازه کافی طولانی باشد تا به هر دو بافت چربی و آب به اندازه کافی زمان داده شود تا میرا شوند. اگر TE خیلی کوتاه باشد، هیچکدام از بافت های چربی و آب زمان کافی برای میرا شدن ندارند و در نتیجه، اختلاف میان زمانهای T2 در آنها روی تصویر قابل نشان داده شدن نیست (شکل ۲-۹).

- پارامتر TE کنترل کننده میزان وزن T2 است.
- برای وزندهی T2 می بایست TE بلند باشد.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)



شکل ۲-۹- اختلاف $T2$ میان آب و چربی

وزندهی چگالی پروتونی (دانسیته پروتونی)

در یک تصویر با وزن پروتونی، اختلاف میان تعداد پروتون های هر واحد از حجم تحت تصویربرداری عامل تعیین کننده کنتراست تصویر است. وزندهی دانسیته پروتونی همیشه تا حدودی در همه تصاویر خواه ناخواه وجود دارد. برای دستیابی به وزن دانستیه پروتونی، می بایست اثرات

T1 و T2 حذف شوند تا وزن دانسیته پروتونی بتواند غالب شود. با داشتن پارامتر TR بلند می توان اجازه داد که آب و چربی هر دو در صفحه طولی مغناطش کامل خود را بازیابی کنند و در نتیجه وزن T1 محو می شود. با داشتن TE کوتاه هیچیک از بافت های چربی یا آب میرا نمی شوند و در نتیجه اثر وزن T2 نیز محو می شود.

در هر تصویری، کنتراست بعلت وجود دانسیته پروتونی بصورت ذاتی همراه با مکانیسم های T1 و T2 همزمان رخ می دهد و در ایجاد کنتراست تصویر سهم دارند. برای وزندهی به یک تصویر بطوریکه یک اثر غالب باشد، اثر بقیه فرایندهای باید کاهش پیدا کنند یا به عبارتی محو شوند.

نکته آموزشی: تمثیل با گرما

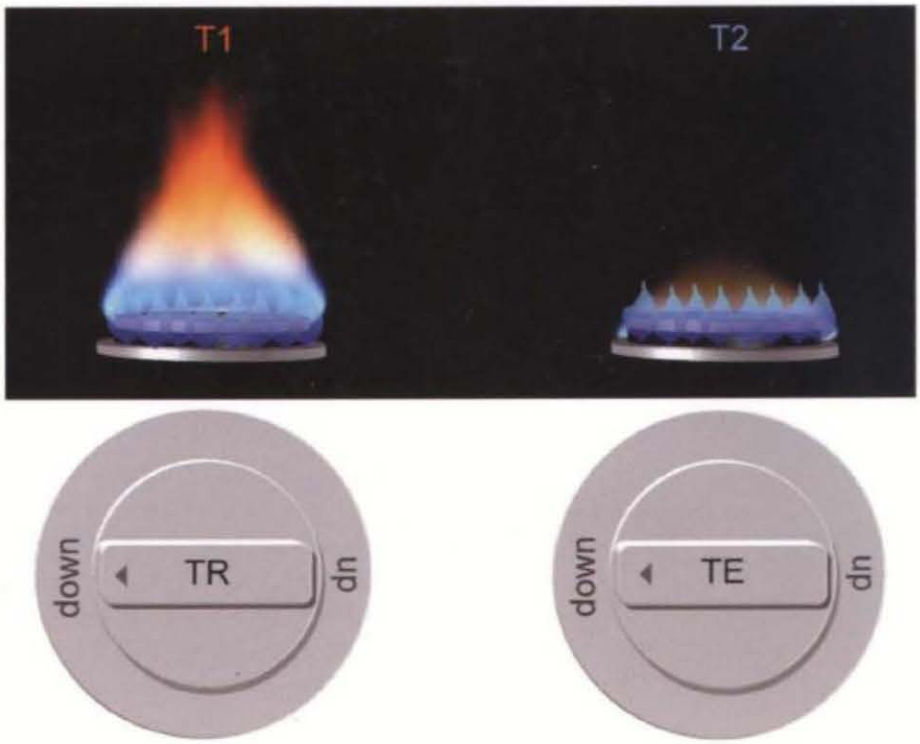
مکانیسم های وزندهی با تمثیل به اجاق گازی که دو پیچ شعله به نام های TE و TR دارد قابل توصیف هستند. پیچ TR میزان کنتراست T1 و پیچ TE میزان کنتراست T2 را کنترل می کند. پیچ TR گرمای کنتراست T1 را بالا یا پایین می برد و پیچ TE گرمای شعله کنتراست T2 را بالا یا پایین می برد.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

با کم کردن پیچ TR، شعله کنتراست T1 بالا می رود یعنی کنتراست T1 زیاد می شود. با زیاد کردن پیچ TE، گرمای کنتراست T2 زیاد می شود یعنی کنتراست T2 زیاد می شود. برای وزندهی به یک تصویر در جهت خاص، می بایست برای یک پارامتر ذاتی خاص شعله را زیاد کنیم و برای بقیه کم کنیم. بطور مثال، برای وزندهی T1، میزان گرمای T1 را زیاد و میزان گرمای T2 را باید کم کنیم تا تصویر به سمت کنتراست T1 سوق پیدا کند و از کنتراست T2 دور شود (چون دانسیته پروتونی وابسته به تعداد نسبی پروتونها است، آن را نمی توان برای ناحیه مشخص تغییر داد).

- برای بالا بردن شعله کنتراست T1، مقدار TR باید کوتاه باشد (پیچ TR پایین باشد).
- برای کم کردن شعله T2، مقدار TE باید کوتاه باشد (پیچ TE پایین باشد) (شکل ۲-۱۰).

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)



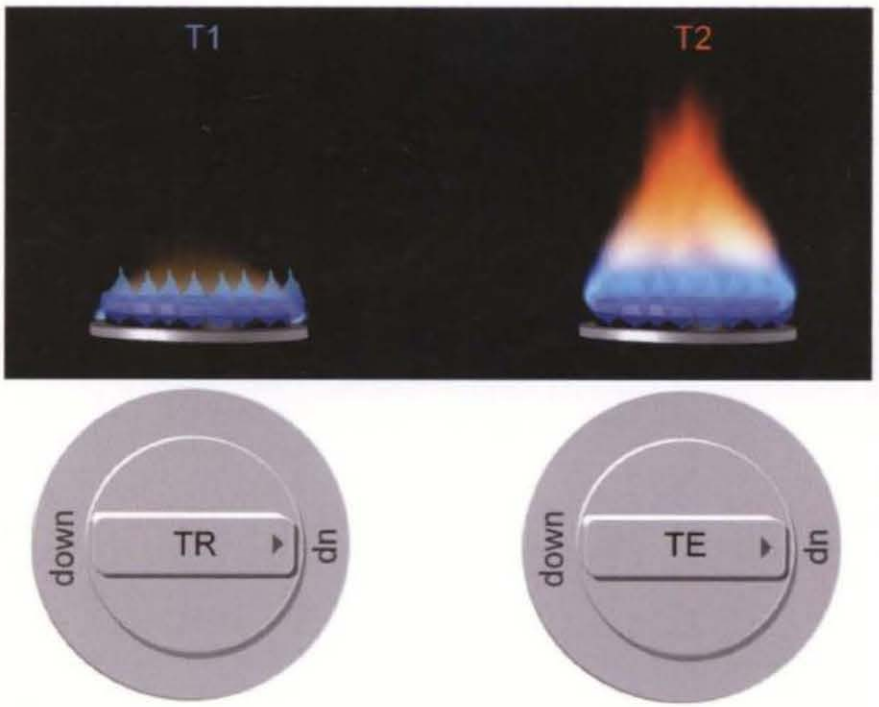
شکل ۲-۱۰- وزندهی T1 و مثال شعله اجاق گاز

برای وزندهی T2 می بایست گرمای T2 را زیاد کرد و شعله T1 را کم کرد. بدین ترتیب، تصویر بیشتر به سمت کنتراست T2 می رود و از کنتراست T1 دور می شود (مجددا، دانسیته پروتونی وابسته به تعداد نسبی پروتونها دارد و آن را نمی توان برای ناحیه ای خاص تغییر داد).

- برای بالا بردن شعله کنتراست T2، پارامتر TE بلند است (پیچ TE بالا است).

Quantitative Medical Imaging (QMISG)

- برای کم کردن شعله کنتراست T1، پارامتر TR بلند است (پیچ TR بالا است) (شکل ۲-۱۱).

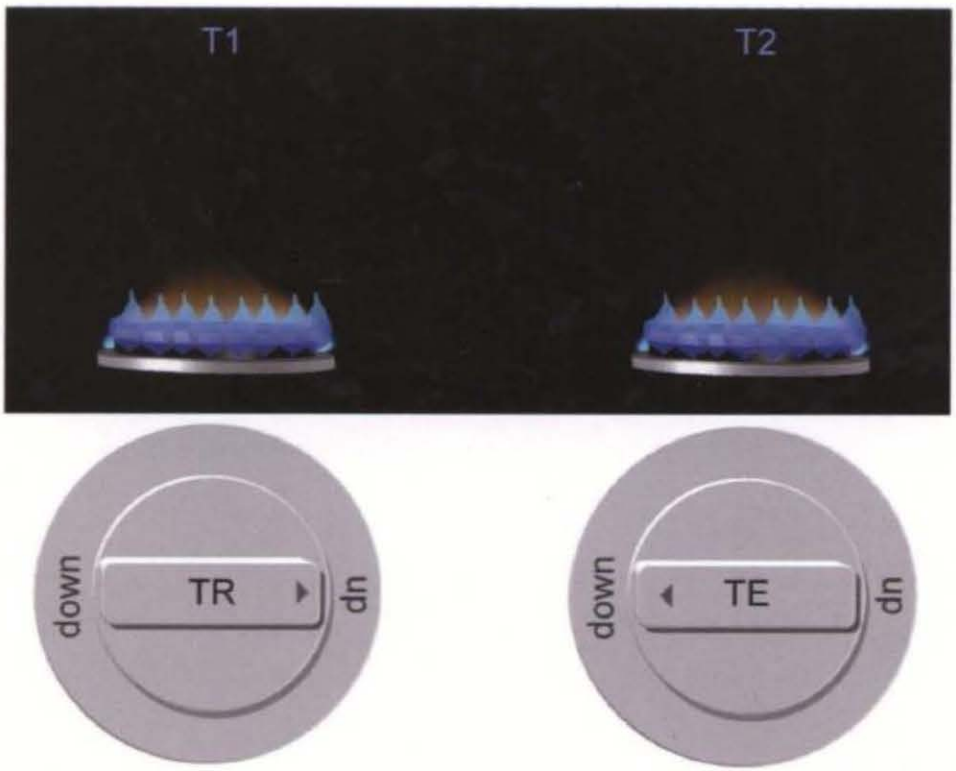


شکل ۲-۱۱- وزندهی T2 و مثال شعله اجاق گاز

برای وزندهی دانسیته پروتونی، میزان گرما را باید روی T1 کم کنیم و همچنین گرمای T2 را نیز کم کنیم. بدین ترتیب، کنتراست دانسیته پروتونی غالب می شود.

- برای کم کردن شعله کنتراست T1، پارامتر TR طولانی است (پیچ TR بالا است)

- برای کم کردن شعله T2، پارامتر TE کوتاه است (پیچ TE پایین است) (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲- وزن دانسیته پروتونی و مثال گرمای شعله اجاق گاز

Quantitative Medical (QMISG)

نکته آموزشی: اشباع

هرگاه بردار مغناطش بیش از ۹۰ درجه بچرخد، اشباع جزئی اتفاق می افتد. هنگامی که بردار مغناطش به اندازه زاویه کامل ۱۸۰ درجه چرخانده شود، اشباع کامل رخ می دهد. اگر اشباع جزئی بردارهای چربی و آب رخ دهد، وزندهی T1 اتفاق می افتد. با این حال، اگر اشباع بردارهای چربی و آب اتفاق نیفتد، وزندهی دانسیته پروتونی حاصل می شود. برای درک این مساله، فرایندهای بازیابی T1 می بایست مرور شوند.

به شکل ۲-۱۳ توجه کنید. قبل از اعمال اولین پالس RF، بردارهای چربی و آب با B0 همراستا می شوند. هنگامی که پالس RF ۹۰ درجه اعمال می شود، بردارهای چربی و آب به صفحه عرضی چرخانده می شود. سپس پالس RF برداشته می شود و بردارها شروع به آسایش می کنند و به B0 باز می گردند. چربی دارای T1 کوتاه تر از آب است، و در نتیجه، سریعتر از آب به B0 باز میگردد. اگر TR کوتاهتر از T1 بافت ها باشد، بقیه پالس های RF بعدی بردارها را به کمی بیش از ۹۰ درجه میچرخانند و اشباع جزئی ایجاد می کنند چون بازیابی آنها نا کامل بوده است. بردارهای چربی و آب به درجات مختلفی اشباع می شوند چون پیش از چرخش ۹۰ درجه در نقاط مختلفی از آسایش قرار داشته اند. پس، جزء عرضی مغناطش برای هر بردار متفاوت است.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

جزء عرضی چربی از جزء عرضی آب بیشتر است زیرا جزء طولی به درجه بیشتری قبل از اعمال RF رشد پیدا می کند و چون مغناطش طولی بیشتری برای چرخش به صفحه عرضی وجود دارد. پس، بردار چربی سیگنال بیشتری نسبت به آب ایجاد می کند—چربی روشن است و آب تیره است. بدین ترتیب، تصویر T1 وزنی ایجاد می شود.

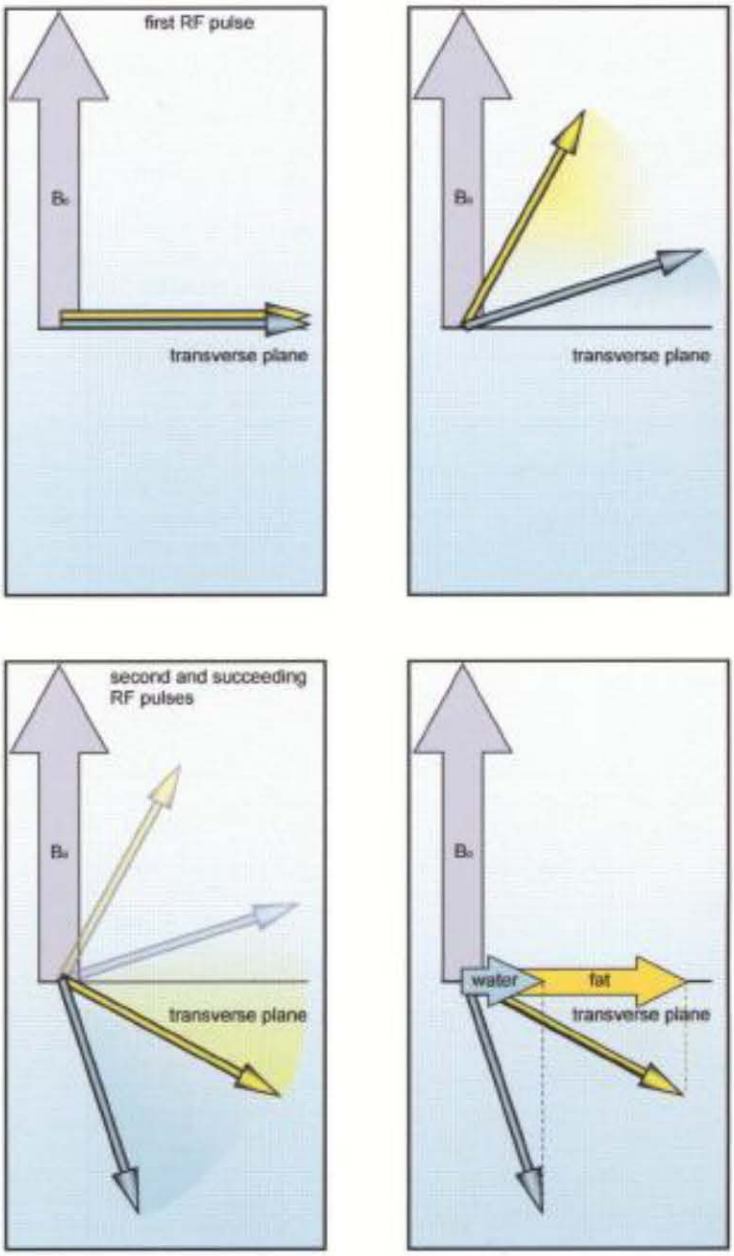
جزء عرضی چربی بیشتر از جزئ عرضی آب است چون جزء طولی آن قبل از اعمال پالس RF بعدی به درجه بیشتری رشد می کند و در نتیجه، مغناطش طولی بیشتری برای چرخش به صفحه عرضی موجود است. در نتیجه، بردار چربی سیگنال بیشتری نسبت به آب تولید می کند –چربی روشن و آب تیره است. تصویر T1 وزنی تولید می شود.

حال به شکل ۲-۱۴ توجه کنید. اگر TR طولانی تر از زمان T1 بافت ها باشد، چربی و آب قبل از اعمال پالس های RF بطور کامل بازیابی می شوند. هر دو بردار مستقیما به صفحه عرضی چرخانده می شوند و هیچگاه اشباع نمی شوند. مقدار جزء عرضی مغناطش برای چربی و آب تنها به دانسیته های پروتونی مجزا وابسته است، تا به نرخ بازیابی اجزاء طولی آنها.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

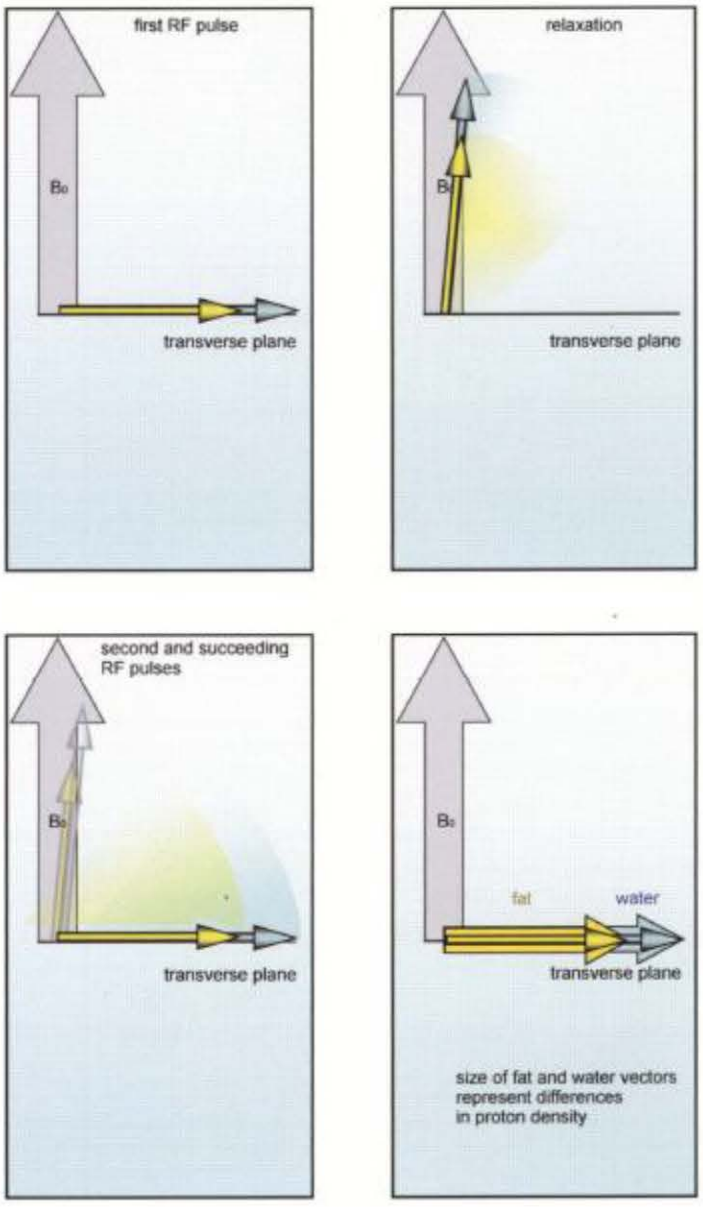
بافتهای دارای دانسیته پروتونی زیاد روشن هستند در حالی که بافتهای دارای دانسیته پروتونی تیره هستند. تصویر با وزن دانسیته پروتونی حاصل می شود. مسلما زاویه چرخش (اینکه پالس تحریک RF چقدر بردارها را از طریق رزونانس حرکت می دهد) و پارامتر TR (اینکه بردارها به چه مدت زمانی اجازه دارند که بین پالس های تحریک بازیابی شوند) تاثیر مشخصی روی اثرات اشباع دارند. بعدا به تفصیل درباره این موضوعات صحبت خواهیم کرد.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)



شکل ۲-۱۳- اشباع با TR کوتاه.

Quantitative ... (QMISG)



شکل ۲-۱۴- با TR طولانی هیچ اشباعی رخ نمی دهد.

مرجع:

MRI in Practice, Chapter 2: By Catherine Westbrook, 2006