

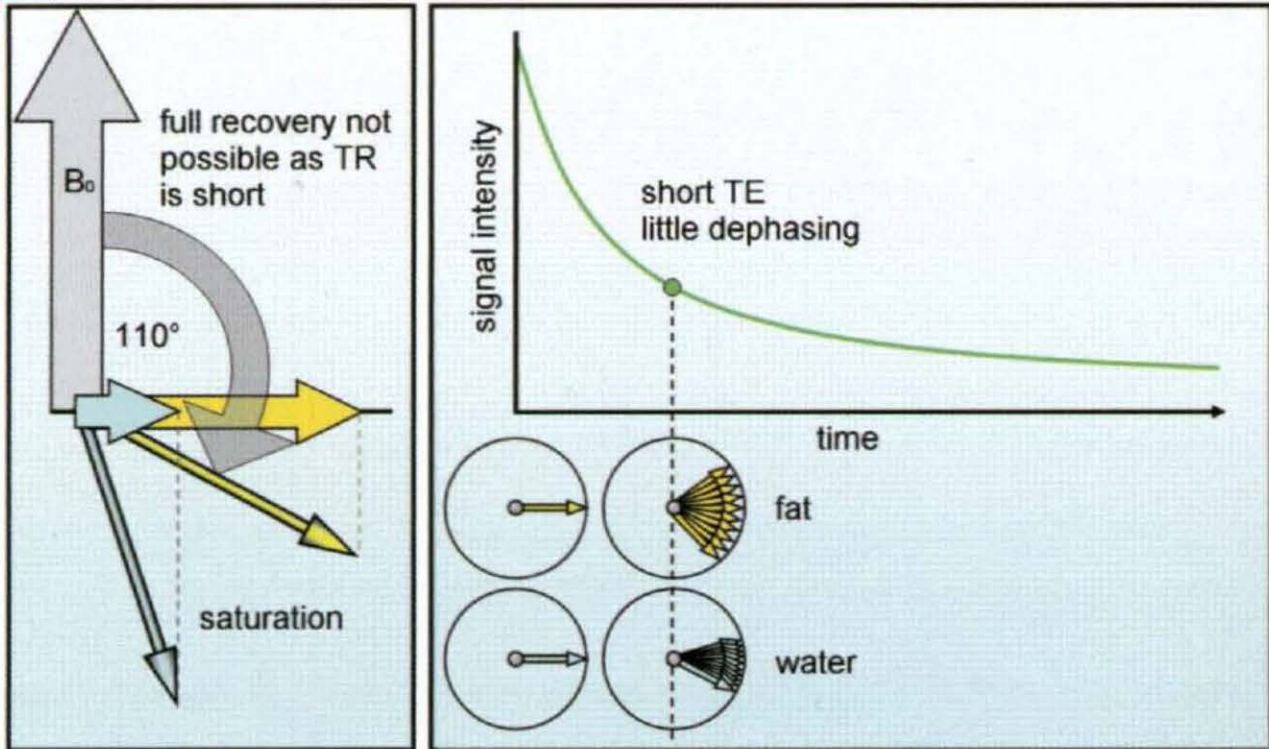
وزندهی و کنتراست در گرادیان-اکو

پارامترهای TR، TE، و زاویه چرخش (flip angle) بر روی وزندهی و کنتراست تصویر مؤثرند و TR می تواند در پالس سکانس های گرادیان-اکو بسیار کوچکتر از اسپین-اکو باشد. با توجه به اینکه TR میزان آسایش T1 را که قبل از اعمال پالس RF بعدی می تواند رخ دهد، کنترل می کند، TR کم ایجاد وزن T1 می کند و هیچگاه اجازه نمی دهد که تصویر با وزن T2 یا دانسیته پروتونی به دست آید. برای ایجاد انعطاف بیشتر در گرادیان-اکو، زاویه چرخش به کمتر از ۹۰ کاهش داده می شود. اگر زاویه چرخش از ۹۰ کمتر باشد، برای NMV (بردار مغناطش کلی) چندان طول نمی کشد تا مغناطش طولی خود را بازیابی کند و در نتیجه می توان TR را کوتاه کرد تا زمان اسکن بدون ایجاد اشباع، کم شود.

در پالس سکانس های گرادیان-اکو، TR و flip angle میزان آسایش T1 را که قبل از اعمال پالس RF بعدی رخ می دهد را کنترل می کنند. مقدار TE کنترل کننده میرایی T2* ای است که قبل از دریافت گرادیان اکو در کویل رخ داده است. غیر از اینکه در گرادیان اکو، زاویه چرخش یا flip angle اضافه شده است، قواعد وزندهی دقیقاً شبیه اسپین-اکو است.

وزندگی T1 در گرادیان-اکو

برای به دست آوردن تصویر T1 وزنی، اختلاف زمانی T1 بافت ها بایستی ماکزیمم شود و اختلاف زمانی T2 بافت ها مینیمم شود. برای ماکزیمم کردن اختلاف T1، هیچیک از بردارهای آب یا چربی نباید زمان کافی برای بازیابی کامل مغناطش طولی را قبل از اعمال پالس RF بعدی داشته باشند. برای جلوگیری از بازیابی کامل، زاویه چرخش بزرگ است و TR کوتاه است؛ در نتیجه، هنگام اعمال پالس RF بعدی، بردارهای چربی و آب هنوز در مرحله آسایش هستند. برای مینیمم کردن اختلاف $T2^*$ ، مقدار TE کوتاه است بطوریکه چربی و آب زمان کافی برای میرایی نداشته باشند (شکل ۲-۳۱).

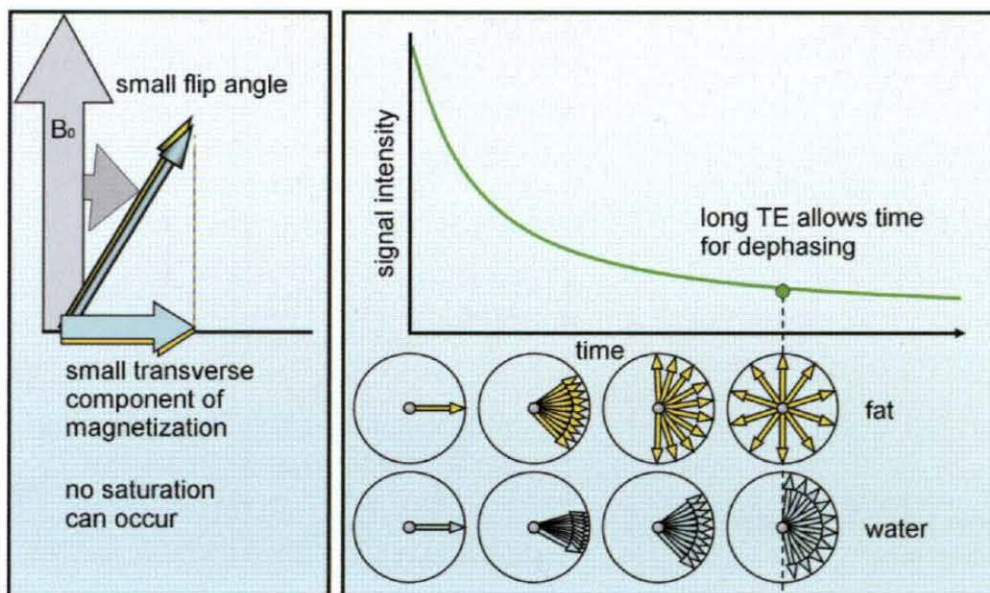


شکل ۲-۳۱- وزندهی $T1$ در گرادیان اکو

وزندهی $T2^*$ در گرادیان-اکو

برای ایجاد تصویر با وزن $T2^*$ ، اختلاف زمان های $T2^*$ میان بافت ها ماکزیمم می شوند و اختلاف $T1$ بافت ها مینیمم می شوند. برای ماکزیمم کردن میرایی $T2^*$ ، TE آنقدر بلند است که بردارهای آب و چربی زمان کافی برای اینکه تا حدی که اختلاف میان میرایی آنها مشخص شود را داشته باشند. برای مینیمم کردن بازیابی $T1$ ، زاویه چرخش کوچک است و TR به اندازه کافی بلند است

تا بازیابی کامل بردارهای چربی و آب صورت پذیرند. بدین ترتیب، اختلاف T1 نشان داده نمی شود. در عمل، زوایای چرخش کوچک آنقدر مغناطش عرضی کوچکی ایجاد می کنند که می توان TR را نسبتاً کوتاه نگه داشت بطوریکه هنوز بازیابی کامل فرصت کافی برای رخ دادن داشته باشد (شکل ۲-۳۲).



شکل ۲-۳۲- وزندهی $T2^*$ در گرادیان-اکو

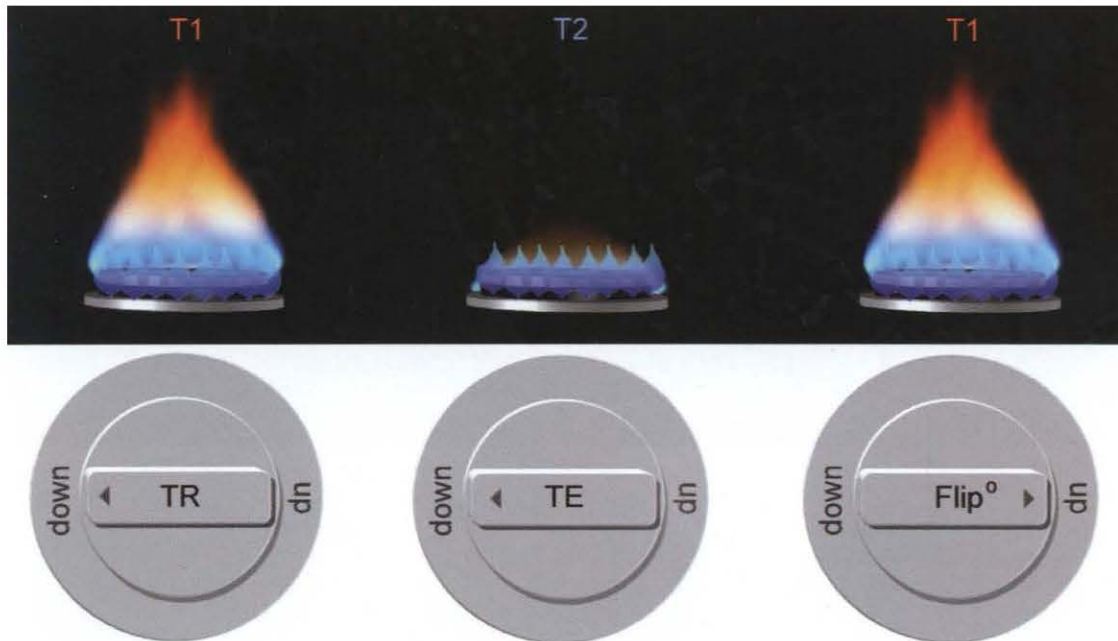
وزندهی دانسیته پروتونی در گرادیان-اکو

برای به دست آوردن تصویر وزنی دانسیته پروتونی، هر دو فرایند $T1$ و $T2^*$ باید مینیمم شوند تا اختلاف در چگالی پروتونی بافت ها قابل نمایش باشد. برای مینیمم کردن میرایی $T2^*$ ، مقدار TE آنقدر کوتاه است که هیچیک از بردارهای چربی و آب زمان کافی برای میرا شدن نداشته باشند. برای مینیمم کردن بازیابی $T1$ ، زاویه چرخش کوچک است و TR به اندازه کافی بلند است که بازیابی کامل مغناطش طولی انجام شود.

نکته آموزشی: وزندهی و گرادیان-اکو با استفاده از تمثیل گرما

برای وزندهی $T1$ باید شعله کنترلی $T1$ اجاق گاز زیاد شود و شعله $T2^*$ کم شود. زاویه چرخش و TR کنترل کننده کنتراست $T1$ ، و TE کنترل کننده کنتراست $T2^*$ هستند (دانسیته پروتونی بستگی به عددنسبی پروتون ها دارد و نمی تواند برای ناحیه خاصی تغییر کند).

- برای بالا بردن شعله کنتراست $T1$ باید TR را کوتاه در نظر گرفت (پیچ TR اجاق گاز پایین باشد) و زاویه چرخش زیاد باشد.
- برای بالا بردن شعله $T2^*$ باید TE کم باشد (پیچ TE پایین باشد) (شکل ۲-۳۳).



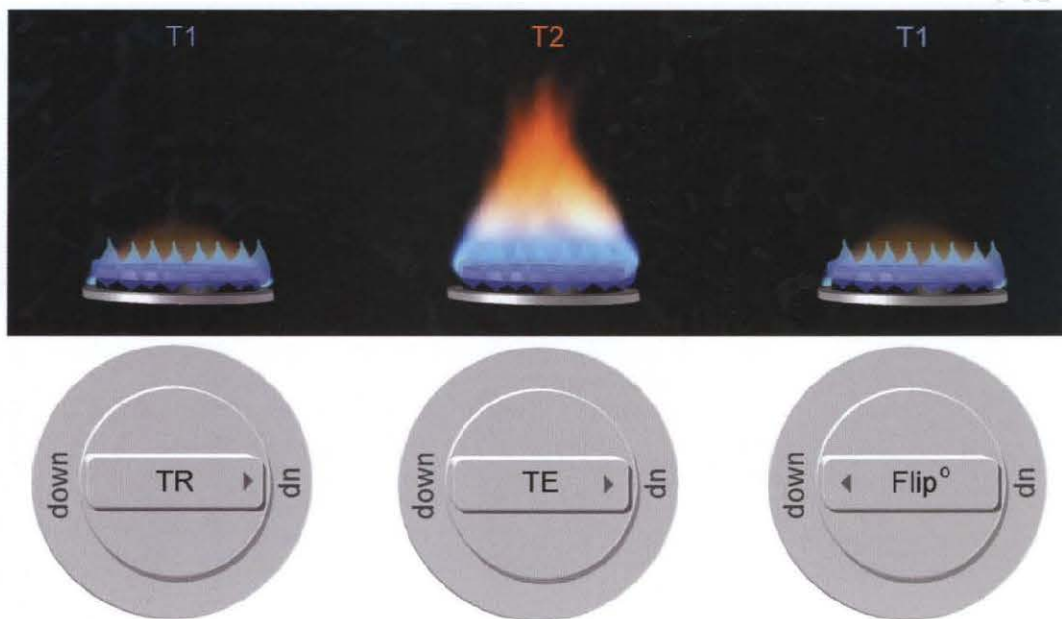
شکل ۲-۳۳- کنتراست T1 در گرادیان-اکو و تمایل شعله

برای وزندهی T2* شعله T2* زیاد و شعله T1 را باید کم کرد. زاویه چرخش و TR کنترل کننده کنتراست T1، و TE کنترل کننده کنتراست T2* هستند (دانشیته پروتونی بستگی به عددنسبی پروتون ها دارد و نمی تواند برای ناحیه خاصی تغییر کند).

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

- برای کم کردن شعله کنتراست T1، TR بلند است (پیچ TR بالا است) و زاویه چرخش کم

است (شکل ۲-۳۴).



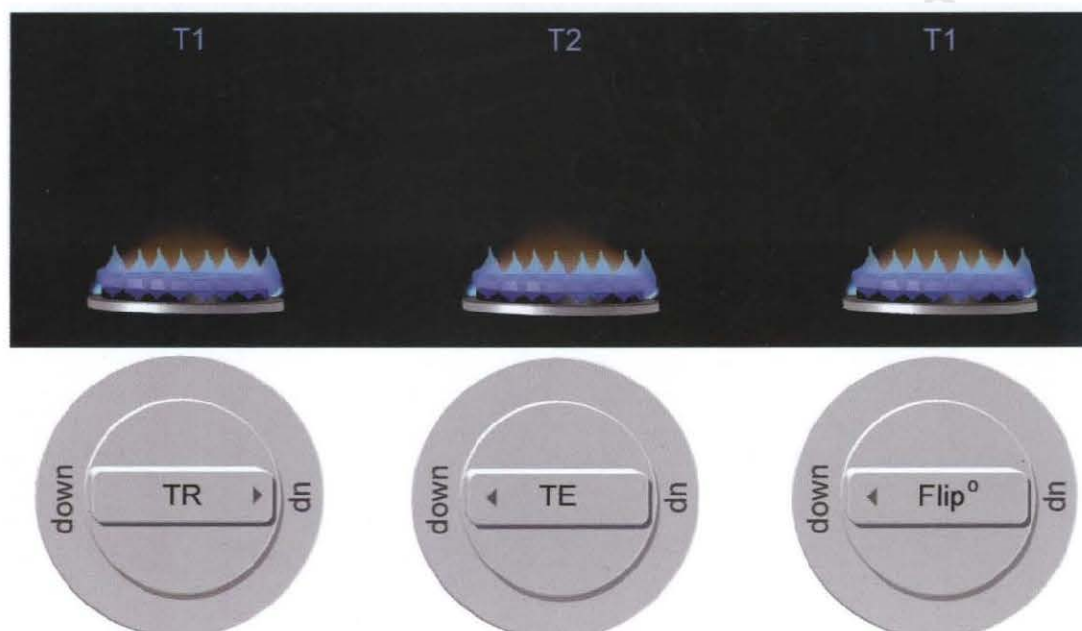
شکل ۲-۳۴- کنتراست T2* در گرادیان-اکو و تمایل شعله

برای وزن دهی Proton Density (PD) باید شعله T1 و شعله T2* هر دو کم باشند تا کنتراست

چگالی پروتونی الب شود.

- برای کم کردن شعله کنتراست $T1$ ، TR بلند است (پیچ TR بالا است) و زاویه چرخش کم است.

- برای کم کردن شعله $T2^*$ ، TE کوتاه است (پیچ TE پایین است) (شکل ۲-۳۵).



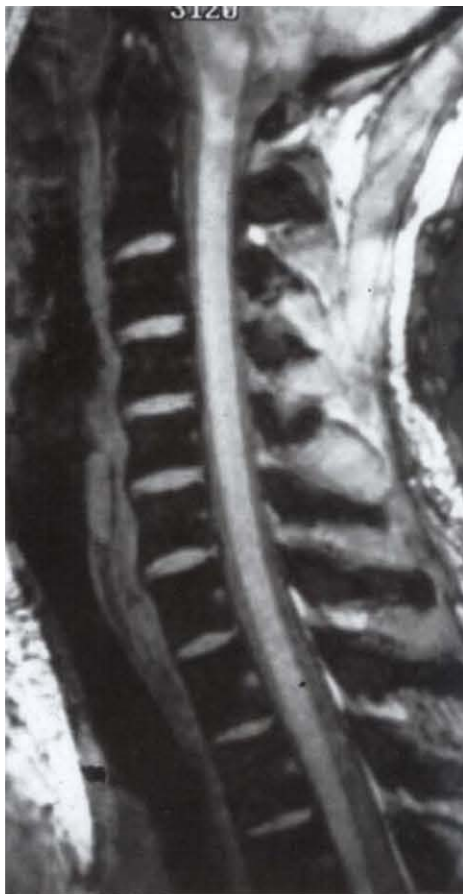
شکل ۲-۳۵- کنتراست PD در گرادیان-اکو و تمثيل شعله

به شکل های ۲-۳۶ و ۲-۳۷ توجه کنید. هر دو تصویر با استفاده از سکانس گرادیان-اکو با TR یکسان گرفته شده اند. برای تغییر وزندهی، پارامتر دیگری تغییر کرده است. بنظر شما آن پارامتر زاویه چرخش است یا TE؟

برای پاسخ به این پرسش، ابتدا اجازه دهید وزن آن ها را مشخص کنیم. شکل ۲-۳۶ مشخصاً وزن T2* دارد؛ چون CSF دارای سیگنال بالایی است. ولی شکل ۲-۳۷ را سخت تر می توان تفسیر کرد. با اینکه CSF تیره تر از شکل ۲-۳۶ است و می توان تصور کرد که وزن T1 دارد، دیسک های میان مهره ای هیدراته دارای سیگنال بالایی هستند که روی تصویر T1 وزنی نمی توان انتظار آن را داشت. در واقع این تصویر PD وزنی است. با توجه به اینکه هیچیک از این دو تصویر T1 وزنی نیستند، هیچیک با زاویه چرخش زیادی اخذ نشده اند. هر دو دارای زاویه چرخش کمی هستند و از آنجایی که در هر دو TR یکسان است، پارامتری که تغییر داده ایم، TE است.

بر روی شکل ۲-۳۷، زوایای چرخش کم، اشباع در نتیجه، کنتراست T1 را حداقل کرده اند و TE کوتاه باعث حداقل شدن کنتراست T2* شده است که در نتیجه، تصویر چگالی پروتونی وزنی ایجاد شده است. شکل ۲-۳۶ نیز با زاویه چرخش کمی تصویربرداری شده است که در نتیجه، کنتراست

T1 را مینیمم میکند ولی TE بلندی دارد که کنتراست T2* را ماکزیمم می کند و نتیجتاً تصویر T2* وزنی ایجاد می شود. پس، پارامتری که تغییر کرده است، TE است.



شکل ۲-۳۷- تصویر PD وزنی گرادیان-اکو ساژیتال میانی

از نخاع سرویکال



شکل ۲-۳۶- تصویر T2* وزنی گرادیان-اکو ساژیتال میانی

از نخاع سرویکال

خلاصه:

- پالس سکانس های گرادیان-اکو از یک گرادیان برای دوباره همفاز کردن ممان های مغناطیسی استفاده می کنند.
- زوایای چرخش متفاوتی استفاده می شوند.
- پارامتر TE می تواند خیلی کمتر از تصویربرداری اسپین-اکو باشد.
- گرادیان ها اثرات ناهمگنی میدان مغناطیسی را حذف نمی کنند.

Typical values in gradient echo imaging

Long TR	100 ms+
Short TR	less than 50 ms
Short TE	5-10 ms
Long TE	15-25 ms
Small flip angles	5°-20°
Large flip angles	70°-110°

جدول ۲-۲ اختلافات بین اسپین-اکو و گرادیان-اکو را نشان می دهد. جدول ۲-۳ پارامترهای استفاده شده در گرادیان-اکو را نشان می دهد. تشکیل سیگنال و اینکه چگونه می تواند دستکاری شود تا کنتراست تصویر ایجاد شود، در این فصل مورد بحث قرار گرفت. در فصل بعدی، مراحل ایجاد تصویر شرح داده خواهد شد.

Table 2.2 Summary of the differences between spin echo and gradient echo.

Sequence	TR	TE	Flip angle
Spin echo	long 2000 ms+	long 60 ms+	90°
	short 250–700 ms+	short 10–25 ms+	90°
Gradient echo	long 100 ms+	long 15–25 ms	small 5°–20°
	short less than 50 ms	short less than 10 ms	medium 30°–45°
			large 70°–110°

Table 2.3 Parameters used in gradient echo.

Weighting	TR	TE	Flip angle
T1	short	short	large
T2	long	long	small
Proton density	long	short	small

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

مرجع: