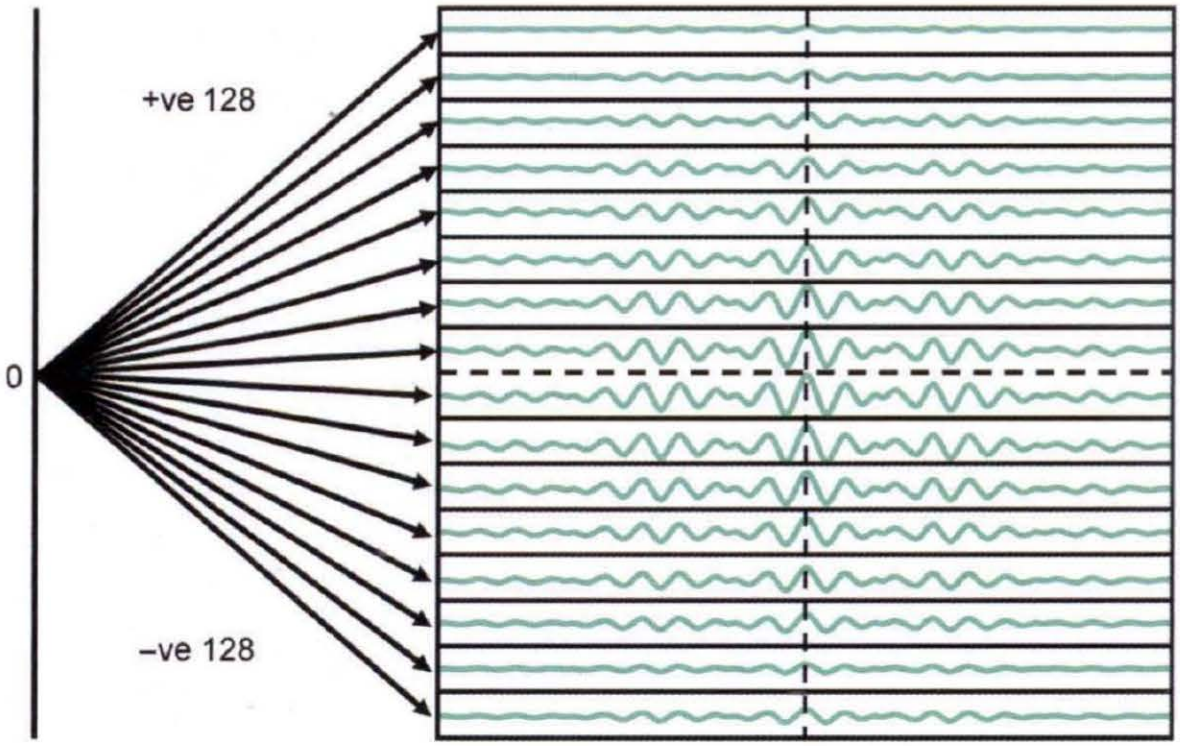
پالس سکانس های اسپین-اکو

اسپین اکو سریع یا توربو

وزندهی در اسپین اکو سریع

اکوها در زمان های TE مختلف تولید می شوند و در نتیجه، داده جمع آوری شده از آن ها وزندهی متفاوتی دارد. همه این داده ها ذخیره می شوند و درون یک تصویر قرار داده می شوند. پس چگونه سکانس اسپین اکو سریع به درستی وزندهی می شود؟ زمان TE انتخاب شده فقط یک TE **مؤثر** است. به عبارتی دیگر، آن همان TE ای است که اپراتور برای وزن دادن به تصویر حاصل مدنظر دارد. برای رسیدن به این وزندهی، سیستم دستور گامهای انکدینگ فاز را می دهد بطوریکه شیب های سریع یا کند به اکوهای ایجاد شده متعدد اعمال می شود. همانطور که در فصل ۳ توضیح داده شد، هر گام انکدینگ فاز، شیب متفاوتی از گرادیان را به شیفت فاز سیگنال و با مقدار متفاوت می دهد. اگر ۲۵۶انکدینگ فاز انجام شود، گرادیان انکدینگ فاز با درجات مختلف از 128+ تا 128- روشن می شود (شکل ۵-۳).

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)



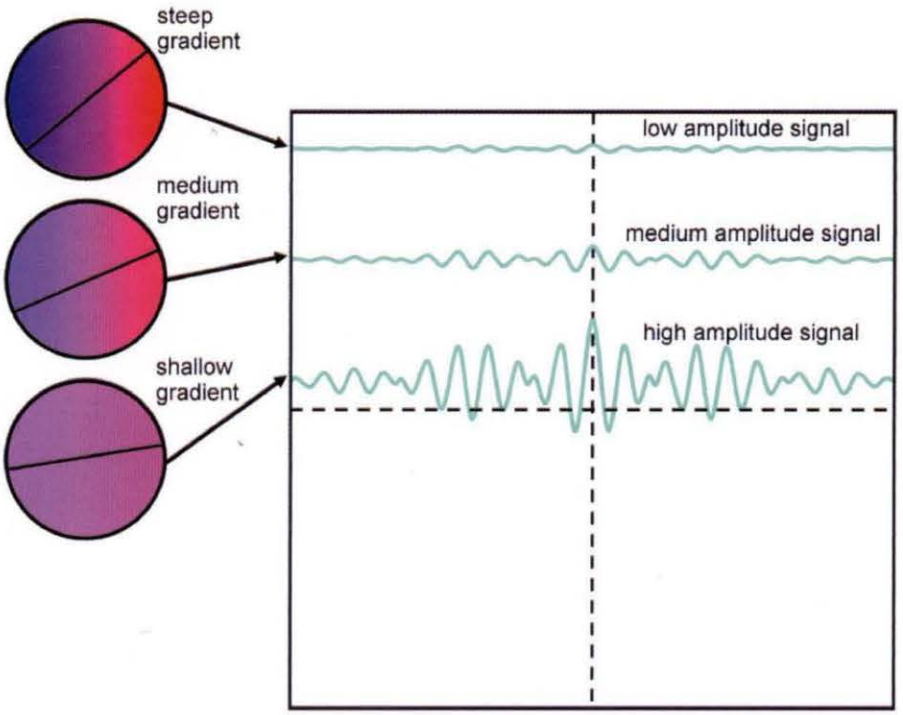
شکل ۵-۳: شیب های گرادیان انکدینگ فاز

شیب های انکدینگ خیلی تند باعث کاهش مقدار اکوی حاصل می شوند. شیب های انکدینگ فاز کند باعث ایجاد اکویی که بیشینه مقدار سیگنال را دارد، می شود (شکل ۵-۴) (فصل ۳). سیستم دستور انکدینگ های فاز را می دهد بطوریکه شیب های کند که بیشینه سیگنال را تولید می کنند، حول TE مؤثر انتخاب شده متمرکز شوند. شیب های تند که سیگنال بسیار کمتری ایجاد می کنند

دور از TE مؤثر قرار داده می شوند. تصویر حاصل حاوی داده از همه اکوها در قطار اکو است ولی داده از اکوهای جمع شده حول TE مؤثر تاثیر بیشتری روی کنتراست تصویر دارند چون خطوط مرکزی فضای K را پر می کنند که بیشترین مقدار سیگنال را تولید می کند. داده از اکوهای جمع آوری شده در وزندهی اشتباه (TE های دیگر)، اثر کمتری روی کنتراست دارند، چون خطوط بیرونی فضای K را پر می کنند و در نتیجه، مقدار سیگنال کمتر و رزولوشن فضایی بیشتری دارند (شکل ۵-۵).

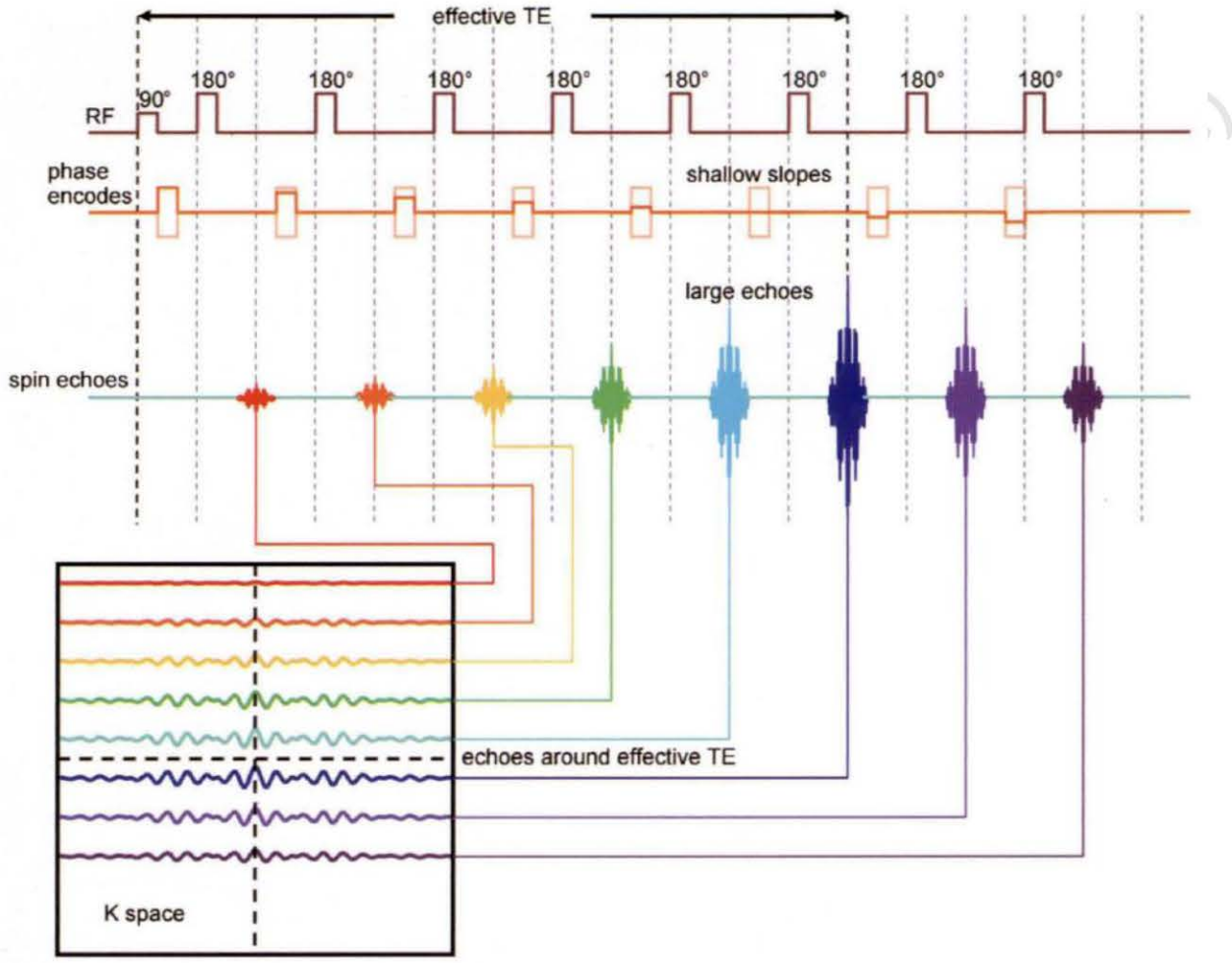
اگر یک TE با مقدار 100 میلی ثانیه انتخاب شود، با TR برابر 3000 میلی ثانیه و فاکتور توربو ۱۶، وزندهی T2 لازم است. کندترین انکدینگ های فاز روی اکوهای حدود 100 میلی ثانیه رخ می دهند. داده اخذ شده از این انکدینگ های فاز دارای TE برابر یا تقریبا حدود 100 میلی ثانیه دارند. انکدینگ های فاز انجام شده در ابتدا و انتهای قطار اکو، تند هستند، و مقدار سیگنال این اکوها کوچک است. آنها حاوی دانسیته پروتونی یا داده T2 وزنی بسیار سنگین هستند که در تصویر وجو دارد ولی اثر آن کمتر مشخص است.

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)



شکل ۵-۴: انکدینگ فاز در مقابل اندازه سیگنال

Quantitative Medical Imaging (QMISG)



شکل ۵-۵- پر شدن و مرتب سازی فاز

Quantitative Me

کاربردها:

بصورت کلی، کنتراست مشاهده شده در تصاویر اسپین-اکو سریع شبیه کنتراست اسپین-اکو و در نتیجه، این سکانس ها برای بیشتر کاربردها مفید هستند. در سیستم اعصاب مرکزی، لگن، و نواحی اسکلتی-عضلانی، اسپین اکو سریع بطور وسیعی جایگزین اسپین اکو شده است. با این وجود، در سینه و اندام تحتانی معمولا اگر تکنیک های جبران سازی تنفس با نرم افزار اسپین اکو سریع تطابق نداشته باشد، آرتیفکت تنفس مشکل زا است. این مساله تا حدودی با توجه به اینکه زمان اسکن اسپین اکو سریع اجازه می دهد تصاویر در حالیکه بیمار تنفس خود را نگه داشته اند، در بازه زمانی کمتری تولید شوند، قابل حل است.

با این حال، دو اختلاف کنتراست بین اسپین اکو و اسپین اکو سریع وجود دارد که هر دو بعلت پالس های 180^{o} تکرار شونده و با فاصله نزدیک بهم در قطار اکو ایجاد می شوند. اولا، چربی روی تصاویر T2 وزنی بعلت پالس های RF متعدد که اثرات تعاملات اسپین-اسپین را در چربی کاهش می دهند، روشن می ماند (کوپلینگ J) (شکل ۵-۶). با این حال، تکنیک های اشباع چربی را می توان برای جبران این مساله استفاده کرد. ثانیا، پالس های 180^{o} تکرار شونده می توانند اثرات

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

جابجایی مغناطش را افزایش دهند بطوریکه برای مثال، چربی روی تصاویر اسپین-اکو سریع تیره تر از اسپین اکو متداول باشد. بعلاوه، پالس های 180^{o} متعدد، اثرات susceptibility مغناطیسی را کاهش می دهند که هنگامی که خونریزی های کوچک موردنظر باشند، این مساله می تواند خطرناک باشد.

شکل ۵-۶- تصویر وزنی T2 ساژیتال اخذ شده با سکانس اسپین اکو سریع از درون لگن. توجه کنید که هر دو چربی و آب دارای شدت سیگنال بالا یی هستند.

Quantitative MRI Group (QMISG)

در تصاویر اسپین اکو سریع، blurring در لبه های بافت ها با مقادیر میرایی T2 متفاوت رخ می دهد. این مساله بدین علت اتفاق میفتد که هر خط فضای K که در طول یک قطار اکو پر شده است شامل داده از اکوهایی با TE متفاوت است. هنگامی که از قطارهای طولانی استفاده می شود، اکوهای بعدی که دارای شدت سیگنال کمتری هستند، باعث ایجاد رزولوشن فضای K می شوند. اگر این اکوها قابل چشم پوشی باشد، رزولوشن تصویر از دست می رود و blurring اتفاق میفتد. نکته مثبت این است که آرتیفکت های فلزی وقتی اسپین اکو سریع استفاده شوند، بشدت کاهش می یابد؛ زیرا، پالس های 180^{o} RF ناهمگنی میدان را جبران می کنند.

پارامترها:

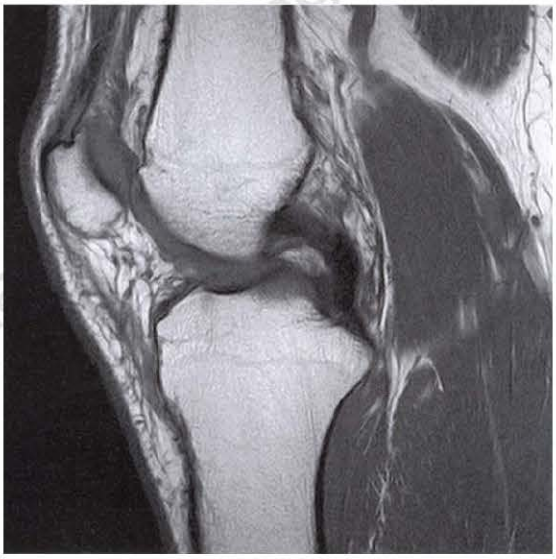
این ها شبیه اسپین اکو معمولی هستند. با این حال، فاکتور توربو نقش مهمی در وزندهی تصویر دارد. هر چه فاکتور توربو بالاتر باشه، زمان اسکن کمتر است، ولی تصویر حاصل ترکیبات بیشتری از وزندهی را دارد چون داده بیشتری در TE اشتباه جمع آوری شده است. این مساله به آن اندازه در اسکن های T2 وزنی حائز اهمیت نیست، زیرا داده با دانسیته پروتونی با داده دارای وزن زیاد T2 آفست و اثر آن کم می شود. از سوی دیگر، در وزندهی T1 و دانسیته پروتونی، فاکتورهای توربو

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

بزرگتری باعث ایجاد وزندهی T2 بیشتر در تصویر می شود و در نتیجه، فاکتورهای توربو کوتاهتر می بایست استفاده شود. پس زمان تصویربرداری که در تصویربرداری T1 وزنی ذخیره می شود به اندازه وزندهی T2 مهم نیست.

برای وزندهی T1 (شکل ۵-۷):

TR	300 ms to 700 ms
effective TE	minimum
turbo factor	2 to 8



شکل ۵-۷- تصویر T1 ساژیتال وزنی اخذ شده با اسپین اکو از زانو

برای وزندهی PD (شکل ۵-۸):

TR	3000 ms to 10 000 ms (depending on required slice number)
effective TE	minimum
turbo factor	2 to 8

برای وزندهی T2 (شکل ۵-۹):

TR	3000 ms to 10 000 ms (depending on required slice number)
effective TE	80 to 140 ms
turbo factor	12 to 30

زمان TR اسپین اکو سریع معمولا بسیار طولانی تر از آنچه در اسپین اکو معمولی استفاده می شود، است. پالس های RF 180^{o} برای انجام زمان بیشتری صرف می کنند و در نتیجه، اسلایس های کمتری برای TR داده شده قابل انجام می باشد. همانطور که فاکتور توربو افزایش می یابد، تعداد اسلایس های قابل انجام در هر TR کاهش می یابد و گاهی TR می بایست بطور آشکاری افزایش یابد تا به شماره اسلایس مربوطه برسد. در وزندهی T1، افزایش TR باعث کاهش وزندهی می شود و در نتیجه، در این شرایط می بایست TR را کوتاه نگه داریم و تصویربرداری های متعددی برای پوشش آناتومی انجام دهیم. هرچه TR مربوط به اسپین اکو سریع طولانی تر باشد، زمان اسکن به

دست آمده بیشتر آفست می شود ولی کمتر از این مساله که بطور چشمگیری زمان اسکن با قطارهای اکو طولانی ذخیره می شود، اهمیت دارد.

شکل ۵-۸- تصویر وزنی PD ساژیتال اخذ شده از زانو با استفاده از اسپین اکو سریع

شکل ۵-۹- تصویر T2 وزنی ساژیتال اخذ شده با روش اسپین اکو سریع از زانو

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)

Summary

Short turbo factor

- decreased effective TE
- increased T1 weighting
- longer scan time
- more slices per TR
- reduced image blurring

Long turbo factor

- increased effective TE
- increased T2 weighting
- reduced scan time
- reduced slice number per TR
- increased image blurring

Advantages

- scan times greatly reduced
- high-resolution matrices and multiple NEX can be used
- image quality improved
- increased T2 information

Disadvantages

- some flow and motion affects increased
- incompatible with some imaging options
- fat bright on T2 weighted images
- image blurring

مرجع:

MRI in Practice, Chapter 5: By Catherine Westbrook, 2006

Quantitative Medical Imaging Systems Group (QMISG)