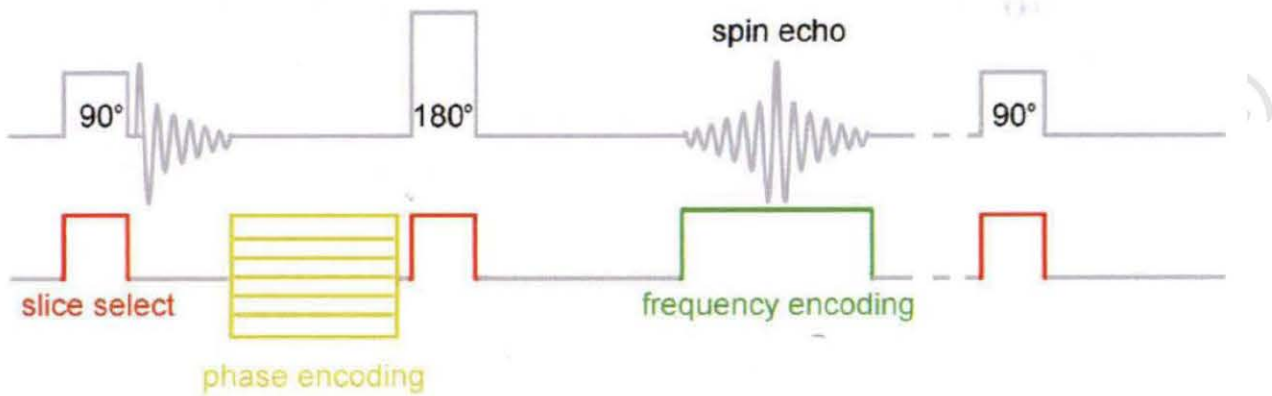


## پالس سکانس های اسپین-اکو

### اسپین اکو سریع یا توربو

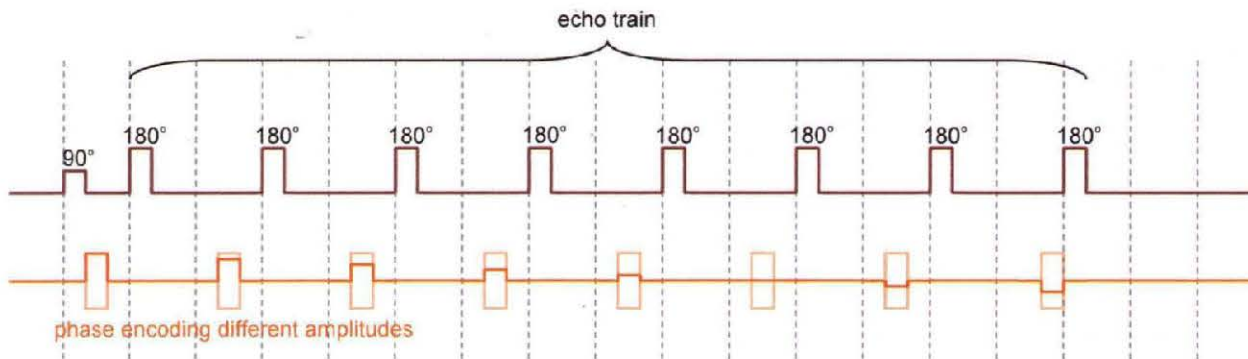
#### مکانیسم:

همانطور که از نام این پالس سکانس مشخص است، اسپین اکو سریع یا توربو یک پالس سکانس اسپین اکو است ولی زمان اسکن بسیار کوتاهتر از اسپین اکو معمولی دارد. برای درک اینکه چگونه اسپین اکو سریع به این زمان دست می یابد، لازم است که اخذ داده در اسپین اکو معمولی را یادآوری کنیم (فصل ۳). یک پالس تحریک  $90^\circ$  و به دنبال آن، یک پالس دوباره همفاز کننده  $180^\circ$  اعمال می شوند. تنها یک فاز انکدینگ در هر TR روی هر اسلایس اعمال می شود و در نتیجه، تنها یک خط از فضای K در هر TR پر می شود (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱: انکدینگ مکانی در اسپین اکو معمولی

از آنجایی که زمان اسکن تابعی از TR، NEX و تعداد فازهای انکدینگ است، برای کاهش زمان اسکن، یک فاکتور یا بیشتر باید کاهش یابند. کم کردن TR و NEX بر وزندهی تصویر و SNR مؤثر است که دلخواه نیست. کاهش تعداد انکدینگ های فاز رزولوشن مکانی را کاهش می دهد که این هم یک عیب محسوب می شود (فصل ۴). در اسپین اکو سریع، زمان اسکن با انجام بیش از یک مرحله انکدینگ فاز کاهش داده می شود و در نتیجه، بیش از یک خط از فضای K در هر TR پر می شود. این کار با استفاده از قطار اکو شامل تعدادی پالس دوباره همفاز کننده  $180^\circ$  انجام می شود (شکل ۵-۲). در هر همفازی دوباره، یک اکو ایجاد می شود و مرحله انکدینگ فاز متفاوتی انجام می شود.



شکل ۵-۲: قطار اکو

در اسپین اکو معمولی، داده خام تصویر از هر اکو در فضای K ذخیره می شود و تعداد پالس های دوباره همفاز کننده  $180^\circ$  اعمال شده، مرتبط با تعداد اکوهای تولید شده در هر TR است. هر اکو برای ایجاد یک تصویر مجزا استفاده می شود (معمولا تصویر دانسیته پروتونی یا T2 وزنی). در اسپین اکو سریع، داده از هر اکو در یک تصویر قرار داده می شود. تعداد پالس های دوباره تحریک کننده  $180^\circ$  که در هر TR انجام می شود، مربوط به تعداد اکوهای ایجاد شده و تعداد خطوط پر شده فضای K است. این عدد را **فاکتور توربو<sup>۱</sup>** یا **طول قطار اکو<sup>۲</sup>** می نامند. هر چه فاکتور

<sup>۱</sup> Turbo Factor

<sup>۲</sup> Echo Train length

توربو بیشتر باشد، زمان اسکن کوتاهتر است زیرا گامهای انکدینگ فاز بیشتری در هر TR انجام می

شود.

بطور مثال:

- در اسپین امو معمولی، اگر یک ماتریس ۲۵۶ فاز انتخاب شود، ۲۵۶ انکدینگ فاز میبایست انجام شود. با فرض اینکه یک NEX انتخاب شده باشد، ۲۵۶ زمان TR طول میکشد تا اسکن را کامل کنیم.
- در اسپین اکو سریع، با استفاده از پارامترهای مشابه ولی با انتخاب فاکتور توربو ۱۶، در واقع ۱۶ مرحله انکدینگ فاز در هر TR انجام می شود. در نتیجه، ۲۵۶ تقسیم بر ۱۶ یعنی ۱۶ TR طول میکشد تا اسکن کامل شود. در نتیجه، زمان اسکن به  $1/16$  زمان اولیه کاهش می یابد.

در هر ترکیب  $180^\circ/\text{phase encoding}$ ، مقدار متفاوتی از شیب گرادیان انکدینگ فاز اعمال می شود تا خطوط مختلف فضای K پر شوند. در اسپین-اکو معمولی، تنها یک خط در هر TR پر می



شود، در حالیکه در اسپین اکو سریع چندین خط مرتبط با فاکتور توربو پر می شوند (شکل ۵-۲).

در نتیجه فضای K سریعتر پر می شود و زمان اسکن کاهش می یابد.

## نکته آموزشی:

با استفاده از تمثیل کسوها در فصل ۳، در اسپین اکو معمولی، یک کسو در هر TR باز می شود تا یک خط از فضای K با نقاط داده پر شود. در اسپین اکو سریع، برای کم کردن زمان اسکن ولی حفظ رزولوشن، همه کسوها می بایست پر شوند (رزولوشن) ولی بیش از یک کسو باید در هر TR باز شود تا فضای K سریعتر پر شود و زمان اسکن کم شود. این کار با اعمال بیش از یک بار انکدینگ فاز در هر TR انجام می شود، که هر یک از آنها به شیب متفاوت تا کسو متفاوتی باز شود.

برای مثال، اگر ۱۰ کسو در هر TR باز شوند، گرادیان انکدینگ فاز میبایست در ۱۰ زمان مختلف با ۱۰ مقدار مختلف در هر TR اعمال شوند تا ۱۰ کسوی متفاوت را باز کنند. وقتی که کسوها باز شدند، بایستی داده در آنها موجود باشد تا در آنها قرار داده شود. این مستلزم آن است که ۱۰ اکو تولید شوند، هر کدام برای هر یک از کسوها. برای انجام این کار، می بایست ۱۰ پالس متفاوت

$180^\circ$  اعمال شود. تعداد پالس های RF مرتبط با تعداد اکوها و تعداد کسوهای باز شده در هر TR است. به این مساله، طول قطار اکو یا فاکتور اکو اطلاق می شود و نشان می دهد که اسکن چقدر سریعتر از اسپین اکو معمولی است، یعنی یک فاکتور توربو ۱۶ نشان دهنده این است که ۱۶ کسوه در هر TR باز می شوند و زمان اسکن ۱۶ بار سریعتر از اسپین اکو معمولی است.

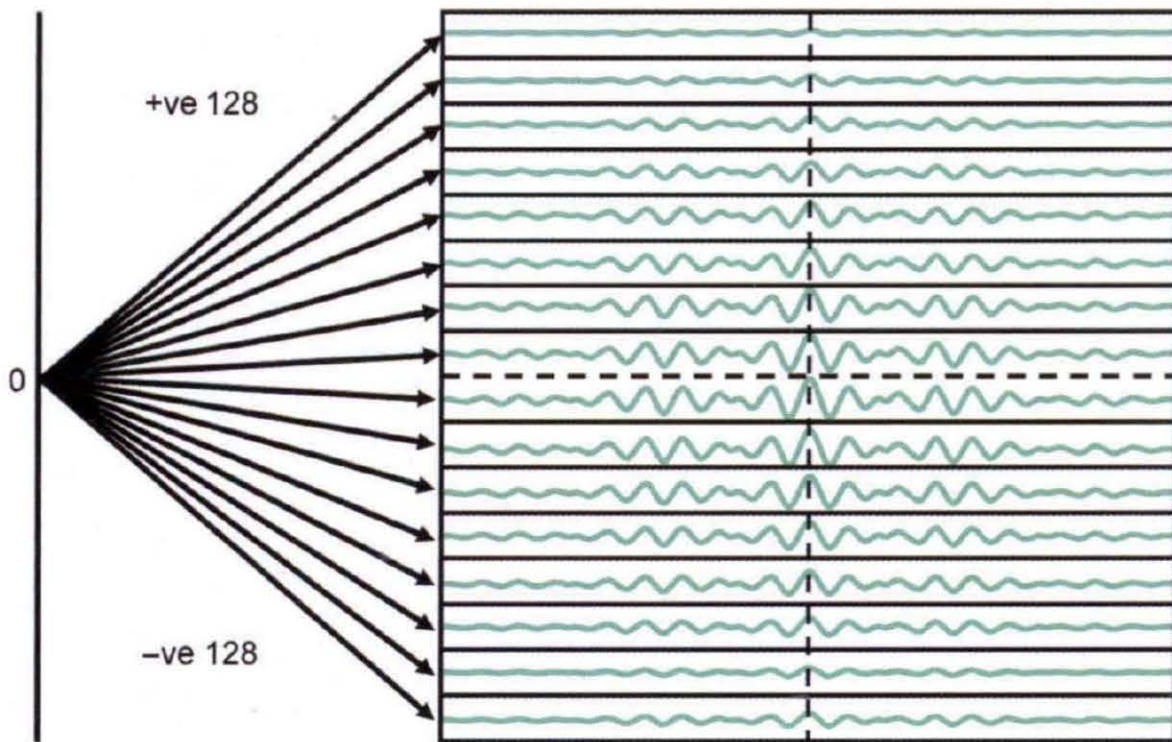
\*\*\*\*\*

## 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 شیب فاز سیگنال و با مقدار متفاوت می

دهد. اگر ۲۵۶ انکدینگ فاز انجام شود، گرادیان انکدینگ فاز با درجات مختلف از +128 تا -128

روشن می شود (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵: 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 ۴-۵) (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 تقریباً 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 وجود دارد ولی اثر آن کمتر مشخص است.

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

مرجع: