



عنوان سمینار:

طیف سنجی تشدید مغناطیسی (MRS)

ارائه دهنده:

جهانگیر ستاره گرمی



اهداف سمینار

- بررسی تاریخچه MRS
- اهمیت MRS
- تجهیزات مورد استفاده
- تکنیکها و مقایسه آنها باهم
- انواع کاربردهای MRS
- مقایسه MRS با سایر روش های تصویربرداری
- مزایا و معایب
- آینده MRS



مقدمه

طیف سنجی تشدید مغناطیسی (MRS) روشی تشخیصی و غیرتهاجمی برای نشان دادن تعداد متابولیتها (فراورده های متابولیسم) ، فرایندهای متابولیک و تغییرات به مرور زمان متابولیتهای خاص بصورت طیف در یک منطقه خاص از بدن است .

هرچند که اطلاعات وابسته به موقعیت در خود طیف وجود ندارد اما اطلاعات متابولیک می تواند بصورت CSI دو بعدی به نمایش در آید.



اهمیت

در سیستم‌های MR علاوه بر تصویربرداری امکان مشاهده محیط‌های شیمیایی با استفاده از تکنیک اسپکتروسکوپی فراهم گشته است بطوریکه با این روش متابولیسم مناطق مورد نظر بدن را مورد بررسی قرار می دهند و این اطلاعات می تواند جهت شفاف سازی یافته های مشکوک تصویربرداری مورد استفاده قرار گیرند. اهمیت MRS در این نکته است که در اکثر موارد تغییرات متابولیکی مغز قبل از ایجاد تغییرات آناتومیکی که در MRI و CT دیده می شود بوسیله MRS قابل تشخیص است. MRS امکان تشخیص چگالی بافت را با شیوه غیر تهاجمی و غیر یونیزاسیون فراهم کرده است و همچنین امکان تشخیص تغییرات مقدار متابولیت های متفاوت و ساختارهای متنوع در انسان و حیوانات را فراهم کرده است که برای تشخیص‌های کلینیکی استفاده می شود و به عنوان یک ابزار مهم برای تحقیقات فیزیولوژیکی جا افتاده است.



تاریخچه

- تاریخچه MRS به سال 1946 برمیگردد زمانی که دو محقق (پورسل و بلوچ) NMR را بصورت آزمایشی در ماده متراکم مورد بررسی قرار دادند.
- در طول دهه 1950 اولین کاربردهای NMRS در شرایط آزمایشگاهی برای شیمی تحلیلی دنبال شد. دو گام اساسی روبه جلو در طی دهه 1970 بدست آمد: اول اینکه تصاویر MR بدست آمد، دوم اینکه NMRS: دو بعدی معرفی شد. اولین مورد 31p_MRS در سال 1970 در حیوانات انجام شد که شامل ارزیابی گلبول قرمز و عضله ی ساق موش صحرایی بود
- کمی بعد، بعد از معرفی In vivo Mri اولین MRS موضعی in vivo در اوایل دهه 1980 بدست آمد. در این زمان پس از دسترسی به مگنت های بزرگتر، بر روی سیستم عصبی و اولین بار در سال 1985 بر روی مغز نوزادان و سپس بر روی بزرگسالان انجام شد.
- MRS in vivo در طی سالهای اخیر در زمینه هایی از جمله قدرت تفکیک فضایی و کیفیت لوکالیزاسیون، سرعت بدست آمدن، کاهش ارتیفکت، تعداد متابولیت های قابل بررسی و دقت در تعیین عناصر گسترش زیادی پیدا کرده است و بطور اختصاصی از افزایش مشخص قدرت میدان مغناطیسی که اخیرا در تحقیقات in vivo در دسترس است، سود برده است.



تجهيزات و نرم افزارها

In vivo MRS از تجهیزات MRI که برای تصویربرداری یکسان است استفاده می کند و به:

1. میدان مغناطیسی خیلی مشابه و بسیار قوی تا پیکهای رزونانس را تشخیص دهد (حداقل 5/1 تسلا)
2. سیستم رادیوفرکانسی مناسب
3. توالی و ترتیب خاص برای دریافت سیگنالهای اسپکتروسکوپیک
4. نرم افزار مناسب برای پردازش اطلاعات



اصول فیزیکی:

متابولیت های مغز در صورتی دیده می شوند که:

1. دارای هیدروژن باشند.
2. غلظتی برابر یا بیش از نیم میلی مول در لیتر داشته باشند.
3. زمانی که در میدان مغناطیسی قرار گرفتند فرکانسهای متفاوتی داشته باشند.
4. سیگنال آب باید سرکوب شود.



مهمترین متابولیتها یی که در اسپکتروسکوپی استفاده می شود عبارتند از :

1. NAA (N استیل اسپارتات): یک مارکر عصبی است .

2. LAC (لاکتات) : نقش مهمی در تومورها و بافتهای نکروتیک دارد.

3. GLU (گلوتامات) : نوروترانسمیترها

4. CHO (کولین) : تخریب سلول را نشان می دهد

5. Cr (کراتین): ...

6. Ala (الانین) : در مننژیوما کاربرد دارد



دو روش متداول در اسپکتروسکوپی وجود دارد:

1. اسپکتروسکوپی تک وکسل (SVS)

2. اسپکتروسکوپی چند وکسل (MVS)



اسپکٹروسکوپی تک وکسل (SVS)

در SVS سیگنال دریافت شده به یک وکسل محدود میشود و یک طیف به اسانی بدست می آید که در سه مرحله صورت می گیرد

1. فروپاشی سیگنال آب

2. انتخاب وکسل مورد نظر

3. دریافت طیف

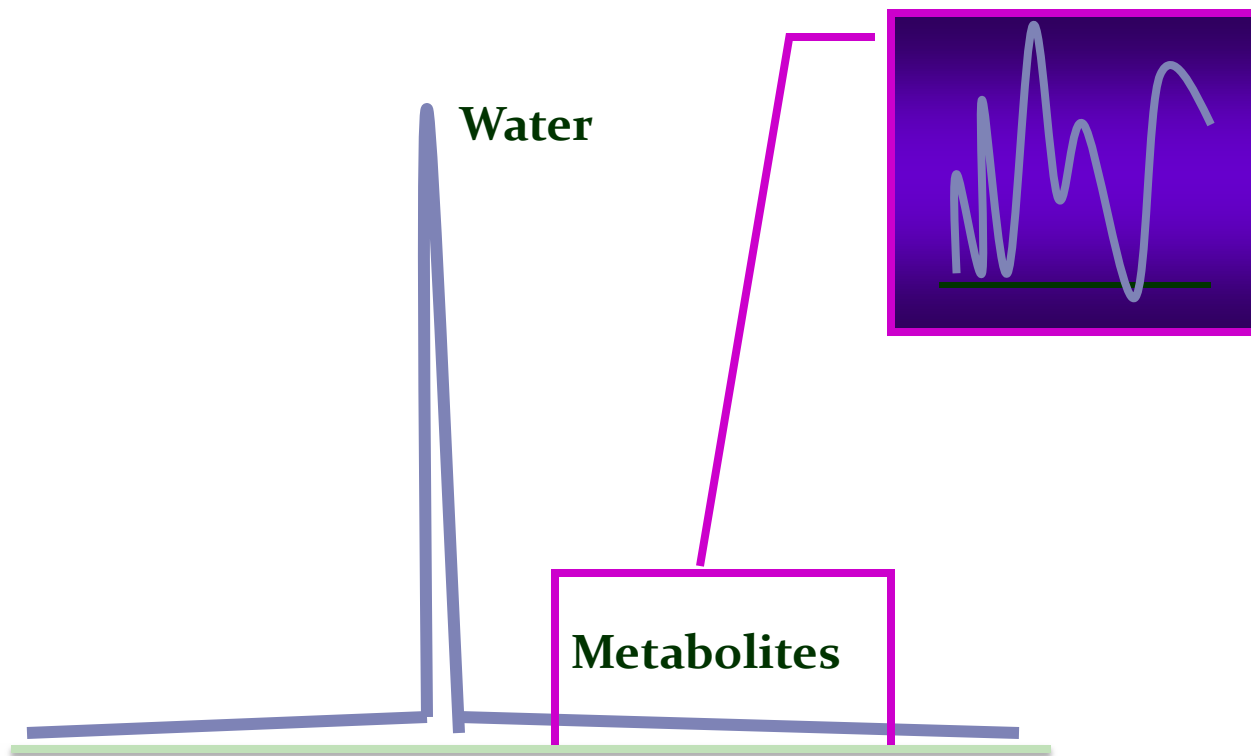


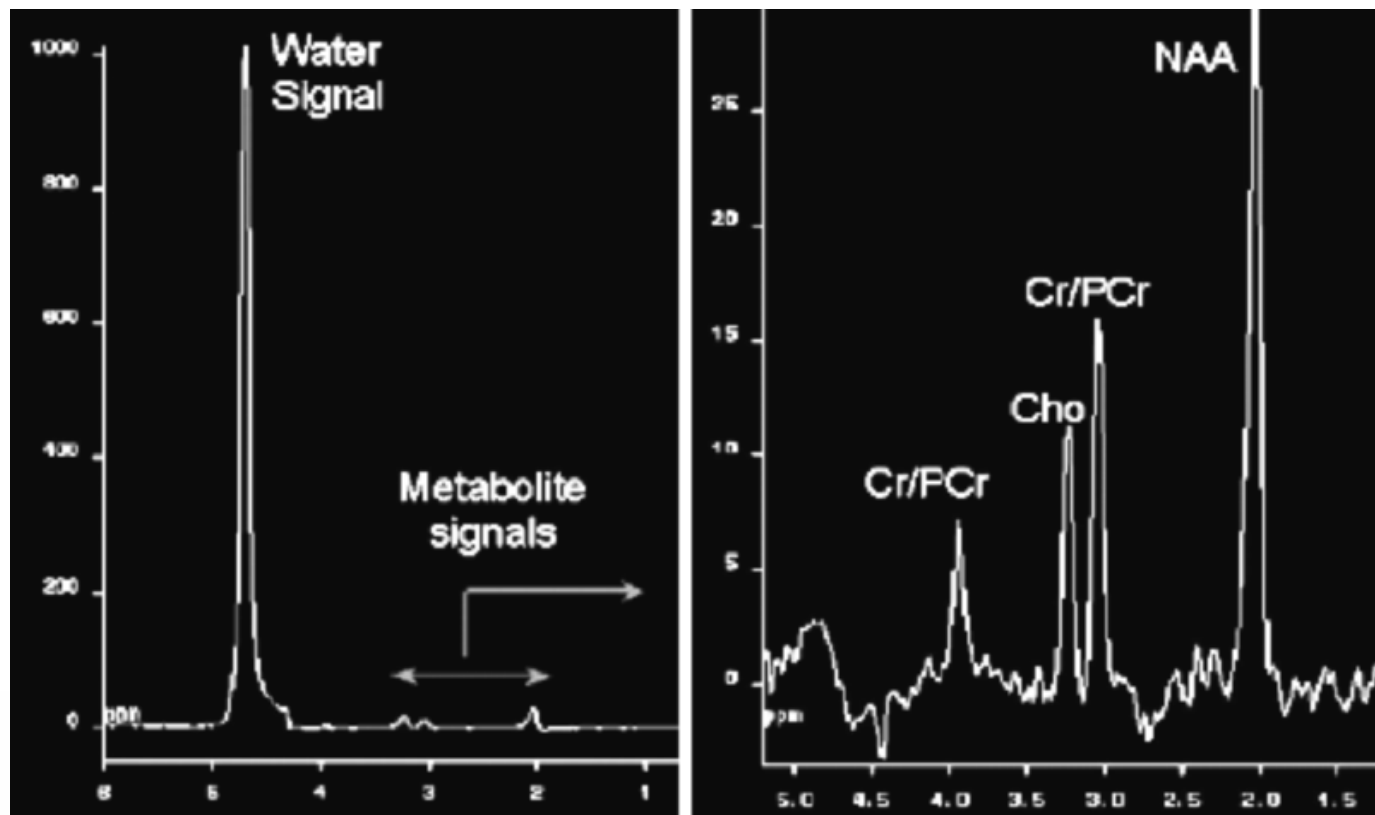
فروپاشی سیگنال آب :

یک طیف علاوه بر طیف متابولیت ها ، شامل طیف آب نیز می باشد
غلظت پروتون های آب حدود 110 مولار است در حالی غلظت
متابولیت های مغزی در حد میلی مولار است و این تفاوت باعث
می شود که پیک آب در حدود 10000 برابر پیک متابولیت ها باشد
وبه همین علت اگر پیک آب سرکوب نشود امکان مشاهده ی پیک
متابولیت ها وجود ندارد.



Water Suppression



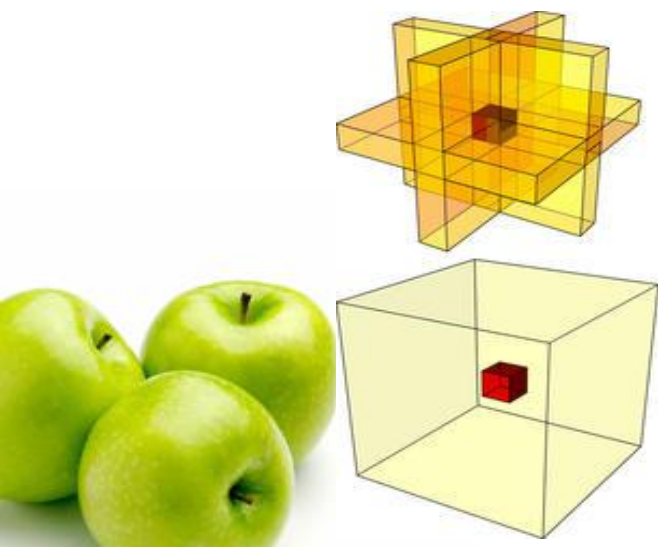


This figure demonstrates the importance of suppressing the water signal



انتخاب وکسل مورد نظر

انتخاب وکسل مورد نظر بوسیله تحریک سه برش که با زاویه 90 درجه نسبت به یکدیگر قرار گرفته اند صورت میگیرد . حجم مورد نظر از حجم مقطعی این سه برش بوجود می آید.
محل وکسل باید در جایی قرار بگیرد که دور از محل های آرتیفکتی مانند خون و چربی باشد تا کیفیت طیف افزایش یابد.



دریافت طیف

❖ **(Stimulated Echo Acquisition Mode) STEAM**

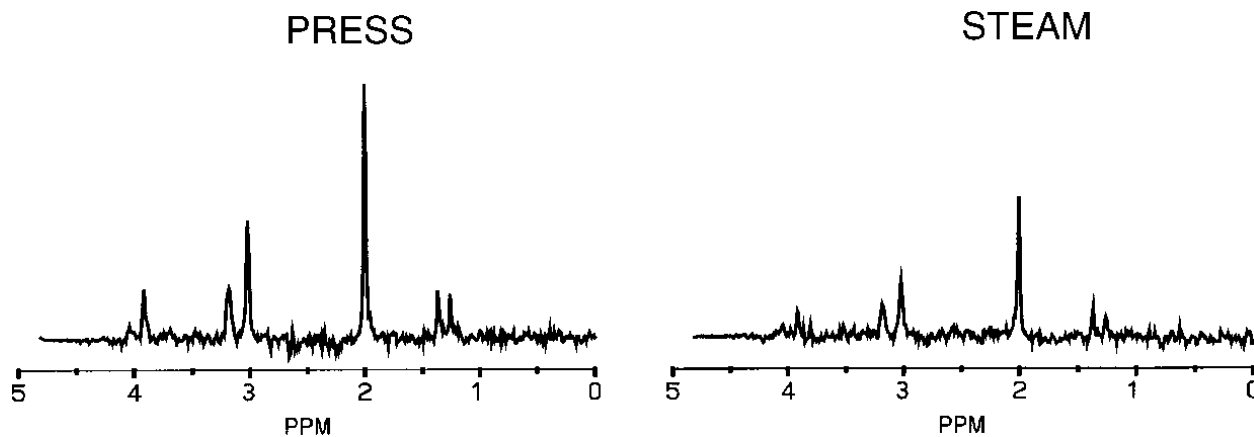
این روش نصف SNR ایجاد شده در تکنیک SV است اما این روش امکان استفاده از TE های کوتاه را فراهم میکند و همان اطلاعات متابولیک موجود در تکنیک SE را ارائه می دهد.

❖ **(Point RESolved Spectroscopy) PRESS (تکنیک اسپین اکو)**

پالسهای RF زوایای انحراف 90-180 و 180 درجه دارند. بزرگی و دامنه اسپین اکو دوبار بزرگتر از اکوی تحریک شده بدست آمده از STEAM است پس SNR بهتری به STEAM دارد.



در شکل زیر مثالی از طیف STEAM و PRESS نمایش داده شده است:



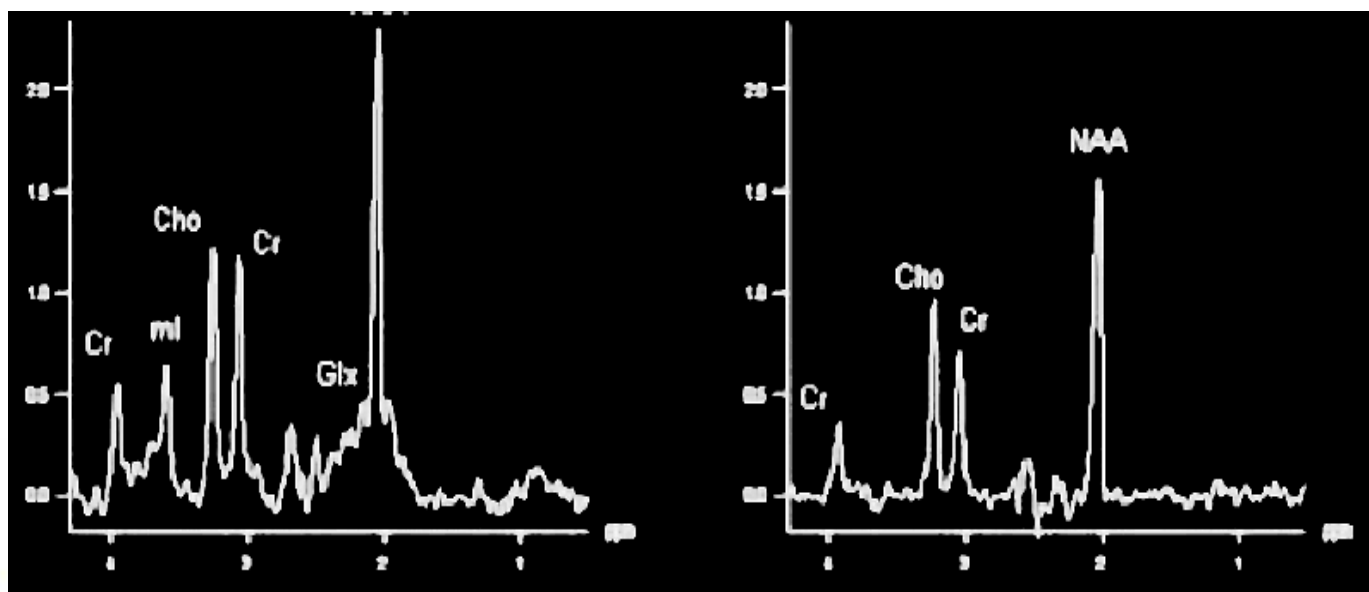
هر دو طیف در 5/1 تسلا با $TE=288$ ms ، $TR = 150$ ms بدست آمده است. SNR در PRESS دوبرابر STEAM است



● تاثیر TE در تکنیک SVS SE

Left: TE=30ms

Right: TE=144ms



- زمان اکوی طولانی میتواند برای اسانتر کردن دریافت استفاده شود و سیگنالهای چربی و ماکرومولکولها را کاهش دهد.
- زمان اکوی کوتاه اطلاعات بیشتری بدست می دهد.
- دقیقا به همان روش که کنتراست T_2 بافتها در MRI توسط TE کنترل می گردد با تغییر مقدار TE می توان کنتراست T_2 قله های طیف را تنظیم نمود. برای اشکار شدن سیگنالهای متابولیتهایی که دارای زمان T_2 کوتاهی هستند و به این دلیل در TE های بلند قابل رویت نیستند باید از مقادیر TE کوتاه استفاده نمود.



تکنیک Multi Voxel

- این روش **Chemical Shift Imaging (CSI)** نامیده شده وبا توالی پالس PRESS انجام می شود.
- عناصر موجود در يك مولکول داراي فرکانسهاي تشدید کمي متفاوت از یکدیگر هستند. منشأ این تفاوت، تغییر در شدت میدان مغناطیسی ساکن، ناشی از محاصره هسته توسط الکترونهاست. از آنجایی که فرکانس هسته با شدت کلي میدان مغناطیسی متناسب است، فرکانس برای هسته‌اي که توسط حرکت الکترون احاطه شده، کاهش می‌یابد. میزان کاهش در فرکانس تشدید هسته به چگالی الکترون به دور هسته بستگی دارد.

به تغییر فرکانس تشدید يك هسته به دليل حفاظ الکتروني دور آن، شیفت شیمیایی می‌گویند.



- در این روش می توان شدت سیگنال و سطح پیک رزونانس را به یک فرمت تصویری با دامنه ای از تغییرات رنگی از قرمز که بالاترین شدت را دارد تا آبی که کمترین شدت را دارد تبدیل کرده و تغییرات کمی و کیفی متابولیت ها را در آن مشاهده کرد به نحوی که این تصویر متابولیکی یا نقشه ی طیف با انتخاب متابولیت مورد نظر تغییر می کند.

- کاربردهای تکنیک MVS:

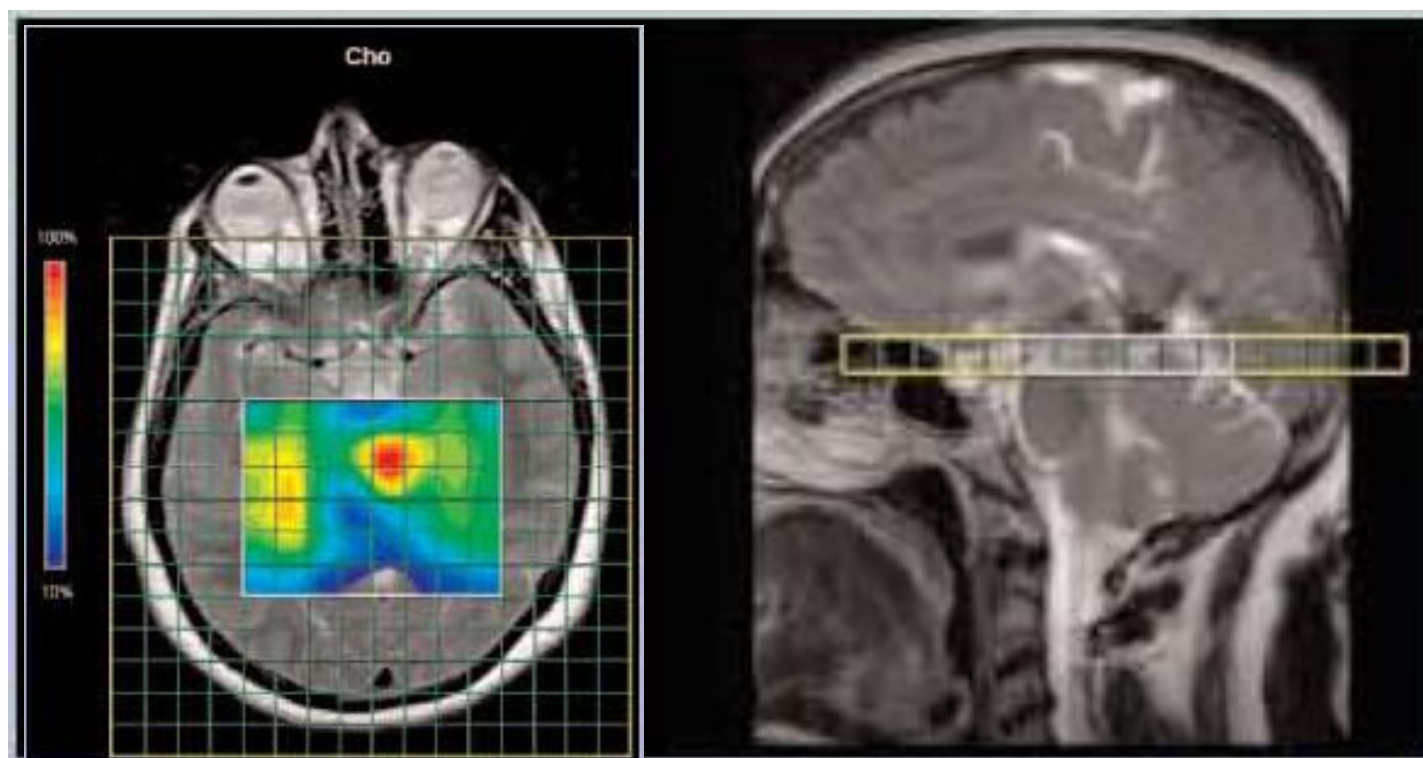
- I. MRS مغز یا پروستات

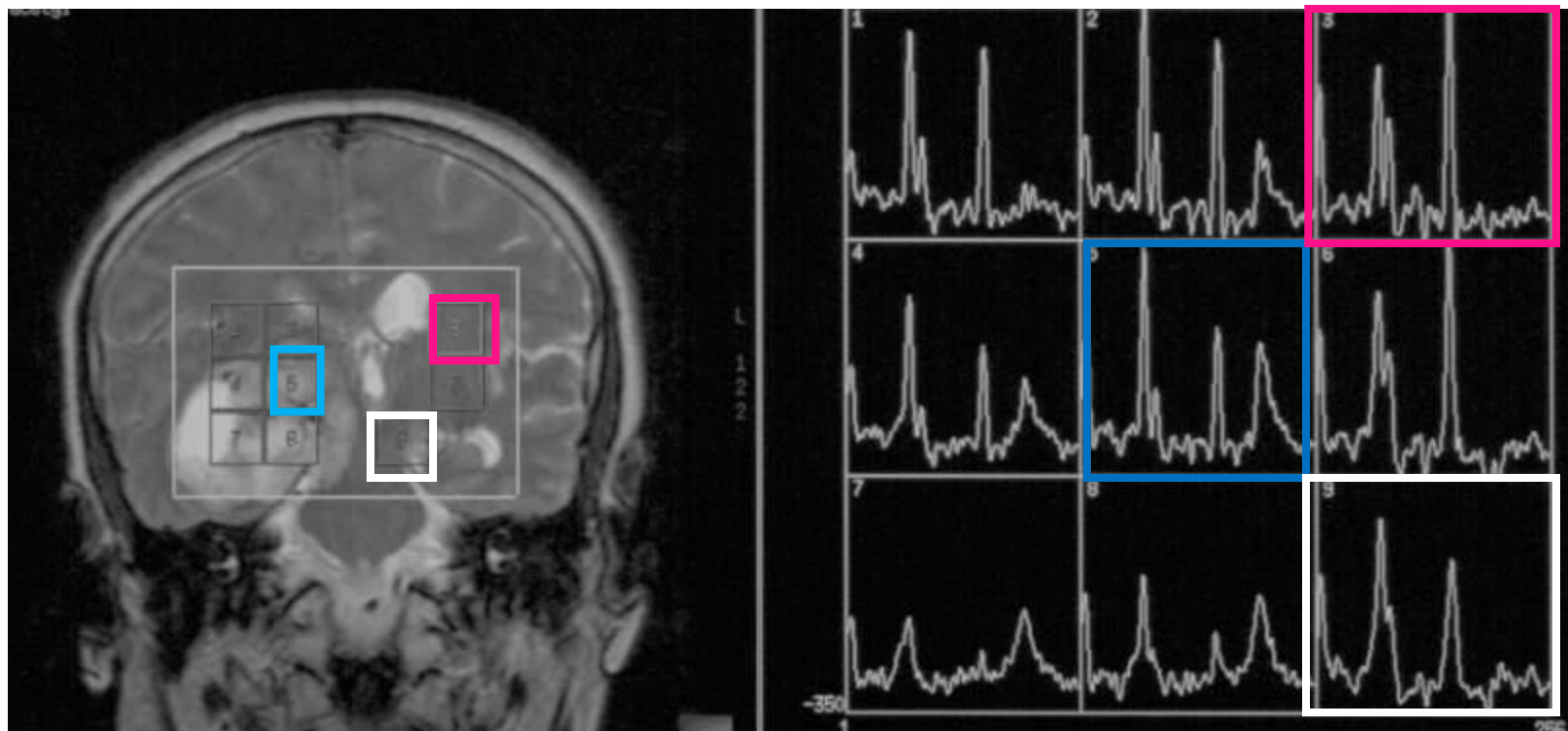
- II. بررسی پاتولوژی های چند کانونی

- III. ازمون ناحیه هایی که امکان توصیف و ترسیم انها وجود ندارد برای مثال تعیین کانونهای صرعی



با این روش می توان حجم وسیعی را در یک زمان مورد بررسی قرار داد که در حدود 6 تا 12 دقیقه طول می کشد و سطح مورد نظر می تواند به وکسل های کوچتری تقسیم شوند.





Multi-voxel allows comparison with normal tissue



● از مزایای CSI نسبت به SVS :

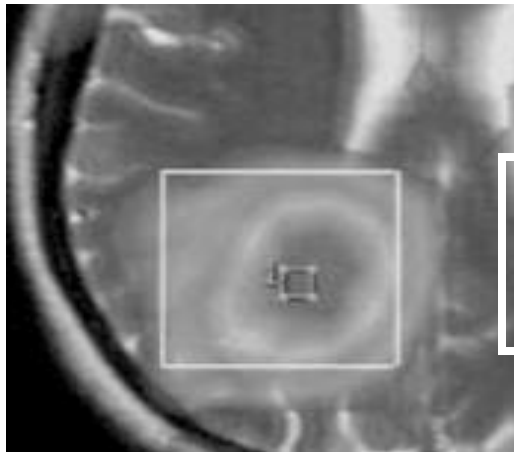
- (a) ناحیه تصویر گیری بزرگتر
- (b) کوچکترین وکسل ممکن
- (c) توزیع متابولیتها را نشان می دهد

- ضایعات کوچک ممکن است به علت تأثیر گذاری بافت های نرمال اطراف ,طیف خوبی ندهد در این موارد استفاده از وکسل کوچکتر در SV,MV پیشنهاد می شود

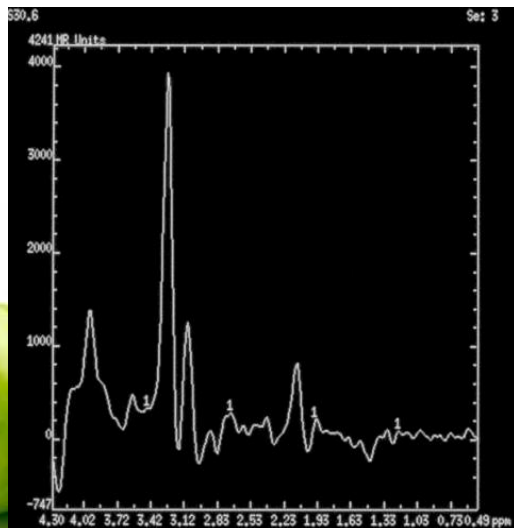


Single vs. Multi-Voxel Spectroscopy

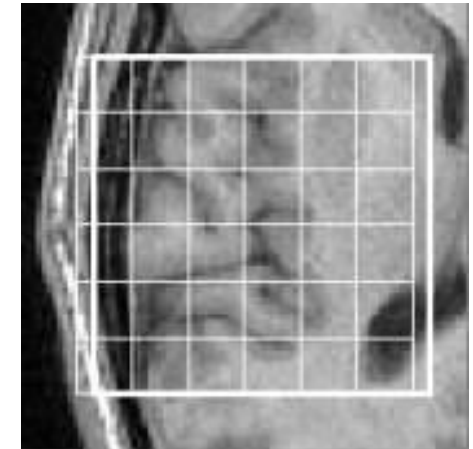
Single Voxel



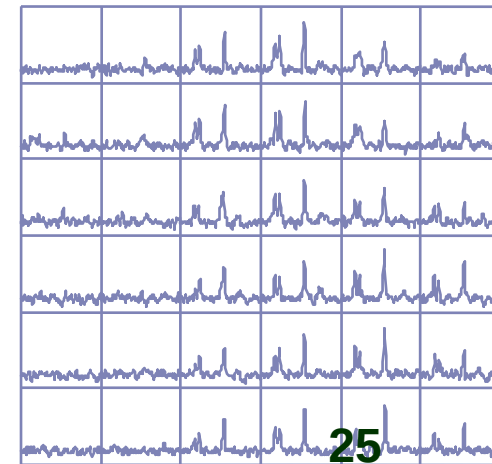
- Short TE (STEAM)
 - TE=30-35 msec
- All Metabolites



Multi Voxel



- Long TE (PRESS)
 - TE=135-260 msec
- Major Metabolites

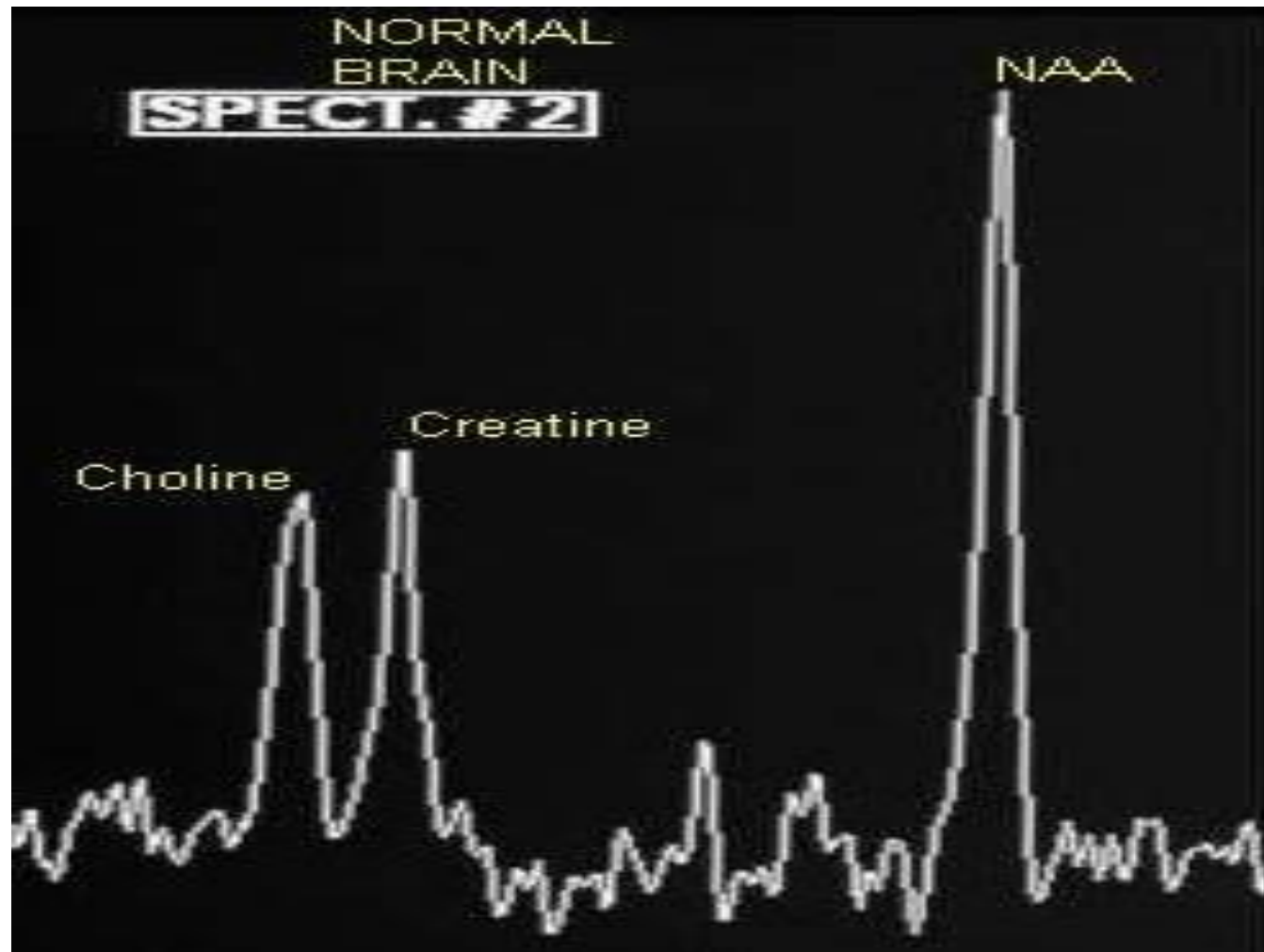


منحنی اسپکتروسکوپیک

- فرکانس متابولیتها در واحدهایی که جزء در میلیون یا PPM نامیده می شود اندازه گیری می شود و توسط نرم افزار خاص بصورت قله هایی با ارتفاعهای متفاوت بروی نمودار رسم می شود. محور عمودی ، ارتفاع قله های متابولیتها و محور عرضی فرکانس را نشان می دهد. ناحیه زیر قله ها متناسب با تعداد هسته ها میباشد و از طریق اتصال این نواحی طیفها قابل اندازه گیری میباشند با اندازه گیری PPM های متابولیتها و مقایسه ان با بافت نرمال نوع بافت مشخص می شود.
- طیفها با سنجش نواحی پیک متابولیتها مقایسه نمی شوند بلکه با مقایسه نسبت انتگرال ها در طیفهای متفاوت مقایسه میشوند و از این طریق امکان مقایسه طیفهای اندازه گیری شده در بافتهای سالم و پاتولوژیکی فراهم میشود.



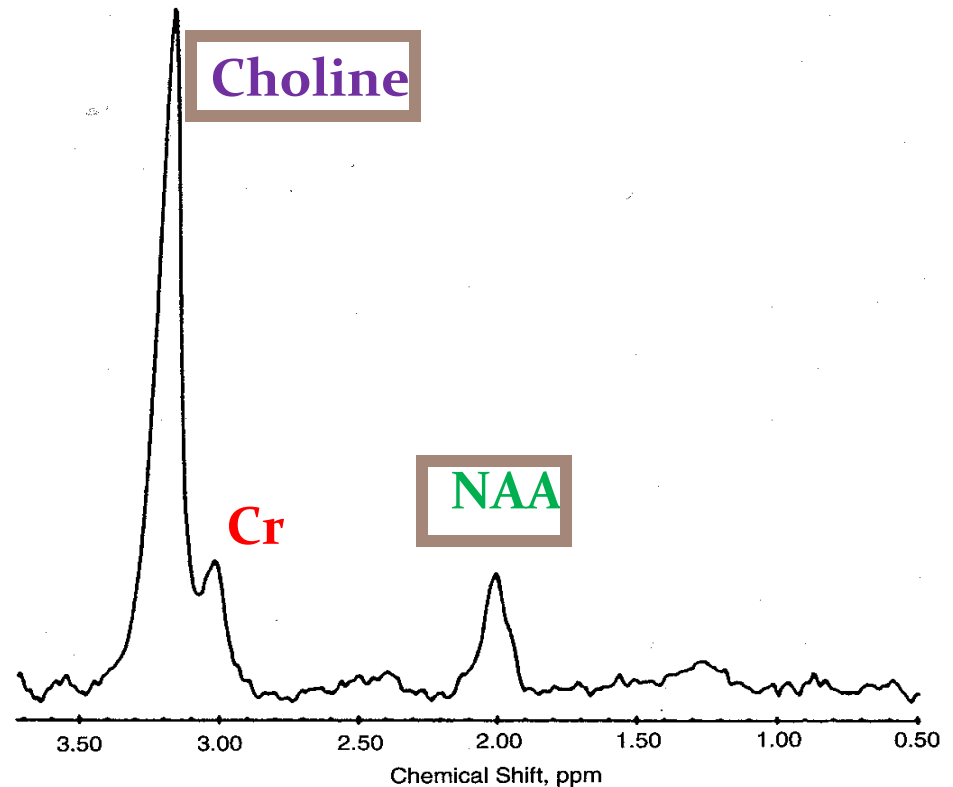
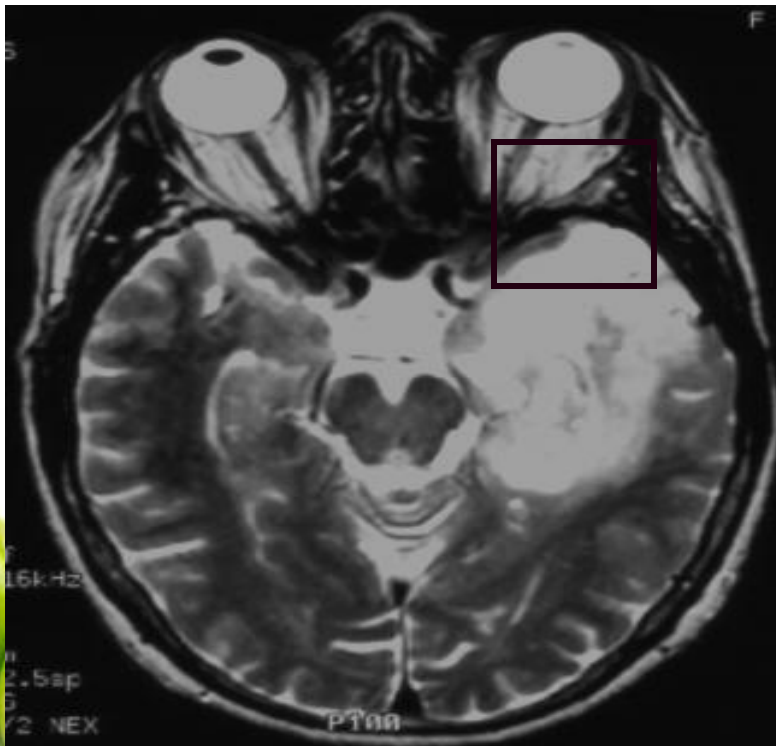
MRS بافت نرمال

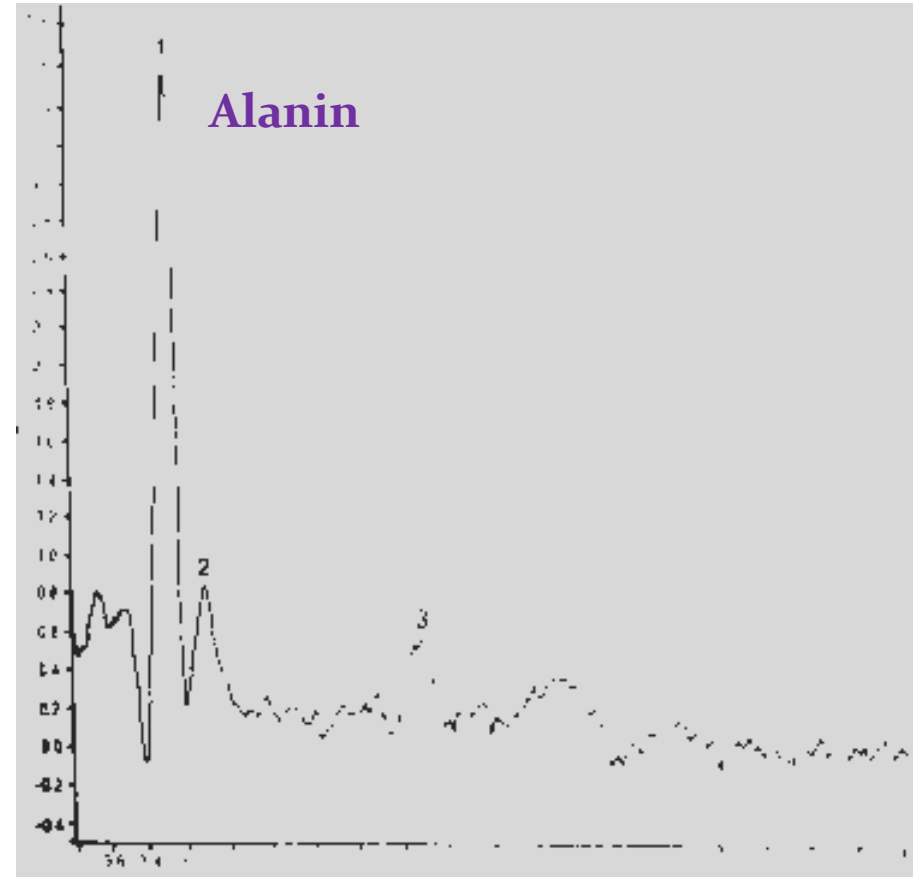
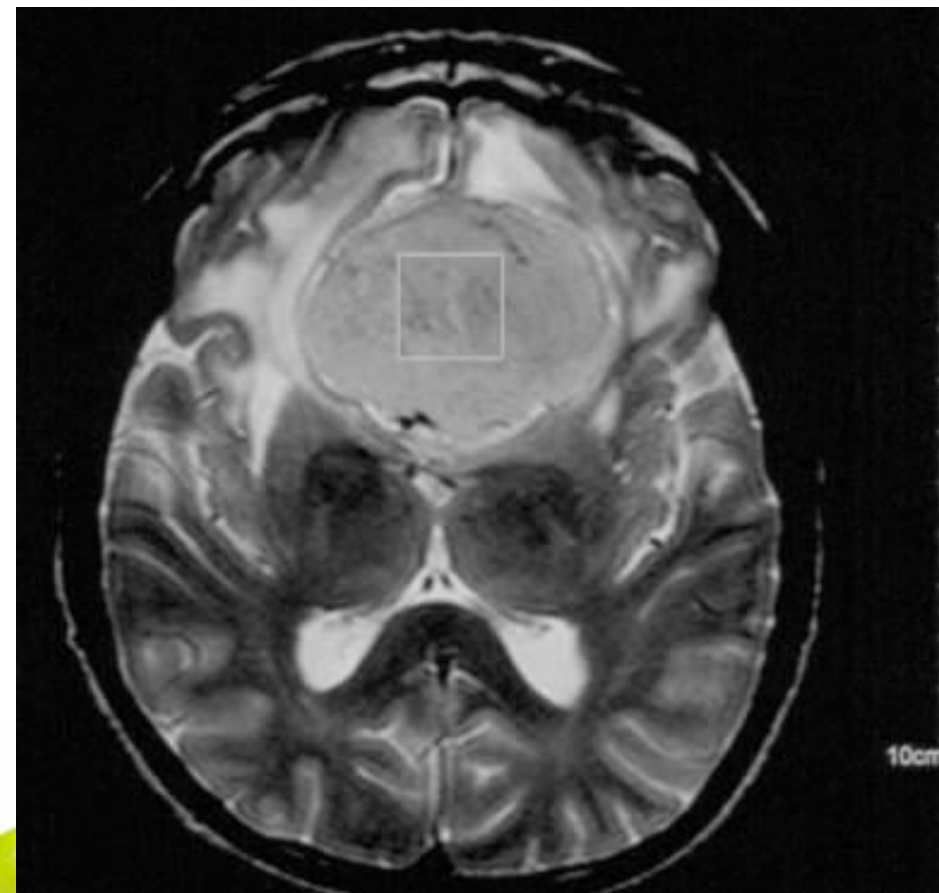


استفاده و کاربردها

- Increased Choline
- Variable Creatine (incr./decr.)
- Increased Cho:Cr

● تومور





Meningiomas have elevated Alanin

MRS می تواند در تشخیص بسیاری از بیماریهای دیگر نظیر :

- اسپیهای ایسکمیک مغز
 - آلزایمر
 - تروما
- استفاده شود.



مقایسه

در میان سیستم های تصویربرداری تشخیصی ؛ **X-ray** و **Ct** **اسکن** و **MRI** اطلاعات آناتومیکی و مورفولوژیکی به ما نشان میدهند و **PET** ، **SPECT** و **MRS** اطلاعات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی فراهم میکنند. همچنین **MRS** که یکی از تکنیکهای **MRI** است غیر یونیزان میباشد که این خودش یک مزیت برای **MRS** نسبت سیستمهای فوق میباشد



Two green apples are visible in the background, one slightly behind the other, both showing natural green color and some yellowing. The apple in the foreground is more prominent, showing its stem and a small leaf.

	MRI	MRS
Compound	Water (one molecule)	Metabolites (various molecules)
Nucleus	^1H	^1H, ^{31}P, ^{13}C, ^{19}F
Concentration	110 Molar	Millimolar
Resonances	One frequency	Several frequencies (spectrum)
Spatial resolution	(sub-) millimeter	Centimeter(s)

مزایا و معایب

□ مزایا

- غیر تهاجمی
- نظارت مداوم بر واکنشهای بیوشیمیایی
- عدم استفاده از پرتوهای یونیزان
- مشاهده همزمان چندین متابولیت
- تهیه مقطع از جهات مختلف
- وضوح تشخیصهای مبهم در MRI



❑ معایب

- حساسیت مغناطیسی پایین
- رزولوشن فضایی ناکافی
- هزینه بالا و کمیاب بودن
- طولانی بودن بودن آزمون های MRI
- خطرات میدان مغناطیسی برای افراد مختلف



چشم اندازهایی برای آینده

کاربردهای تکنیکهای NMR تحلیلی ، که سابقه طولانی در MRS دارد ، بسیار مورد توجه قرار میگیرد ؛ برای مثال :

اندازه گیری تغییرات سطح کراتینین کیناز (هرچند که در مرحله آزمایشات حیوانی قرار دارد) و روشهایی برای دریافت اطلاعات درباره نوروترانسمیترها بوسیله MRS H-N در حال تست هستند و مطالعات پیشگام که از سخت افزار مخصوص و توالی های پالسی اصلی استفاده میکنند در حال انجام شدن هستند. همچنین H MRS مثل H CSI با استفاده از سیستم های MR میدان قوی در حال انجام شدن است و درصدد ورود به استفاده عملی برای تشخیص و ارزیابی اثرات درمانی در سوی دیگر گامهای تحقیقی است .

پیشرفت در کارکردهای موثر نظیر پردازش ساده اطلاعات بمنظور سودمند بودن برای بیمار برای این تکنیک ضروریست و افزایش قابل توجهی در سودمندی اطلاعات کلینیکی MRS انتظار می رود.



جمع بندی مطالب

- طیف سنجی تشدید مغناطیسی (MRS) روشی تشخیصی و غیرتهاجمی برای نشان دادن تعداد متابولیت ها، فرایندهای متابولیک و تغییرات به مرور زمان متابولیت‌های خاص بصورت طیف در یک منطقه خاص از بدن است و سابقه ای نزدیک MRI دارد.
- امروزه MRS امکان تشخیص چگالی بافت را با شیوه غیر تهاجمی و غیر یونیزاسیون فراهم کرده است و همچنین امکان تشخیص تغییرات مقدار متابولیت های متفاوت و ساختارهای متنوع در انسان و حیوانات را فراهم کرده است که برای تشخیصهای کلینیکی استفاده می شود و به عنوان یک ابزار مهم برای تحقیقات فیزیولوژیکی جا افتاده است.



- دو روش متداول انجام اسپکتروسکوپی عبارتند از : SVS و MVS و شامل مراحل فروپاشی سیگنال اب – انتخاب وکسل و دریافت طیف میباشد که تکنیک MVS ناحیه ی تصویر گیری بزرگتری دارد و توزیع متابولیتها را نیز نشان می دهد. مهمترین توالی های دریافت PRESS و STEAM هستند و روش PRESS SNR بهتری دارد.
- طیف اسپکتروسکوپی سیگنالهای RF خارج شده از پروتونهای متابولیتها به مناطق مورد نظر را نشان میدهد .
متابولیتها خاص همیشه در فرکانسهای یکسان و هم اندازه ظاهر میشوند که بصورت یک جز در میلیون بیان می شود و بر روی نمودار نمایش داده میشوند



بما تشكر از توجه شما

