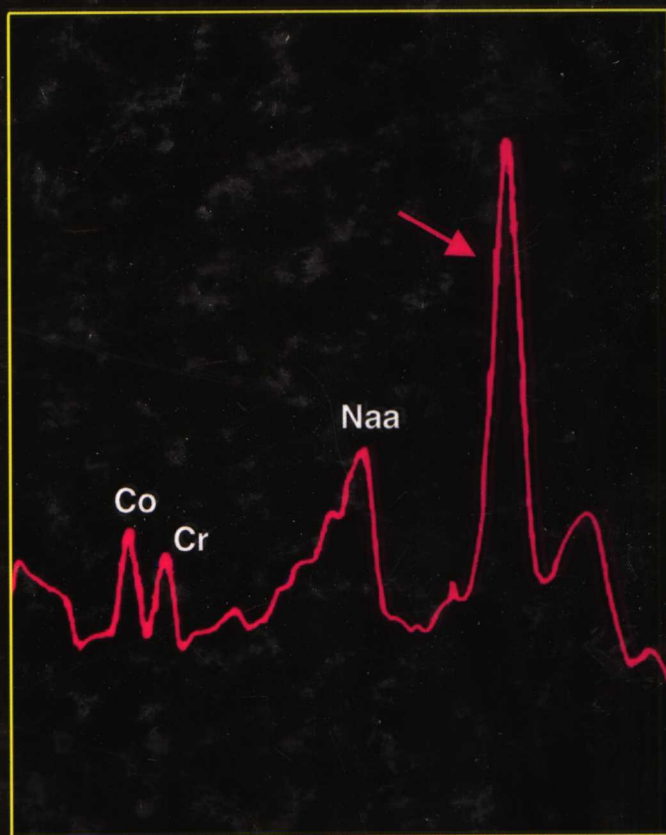
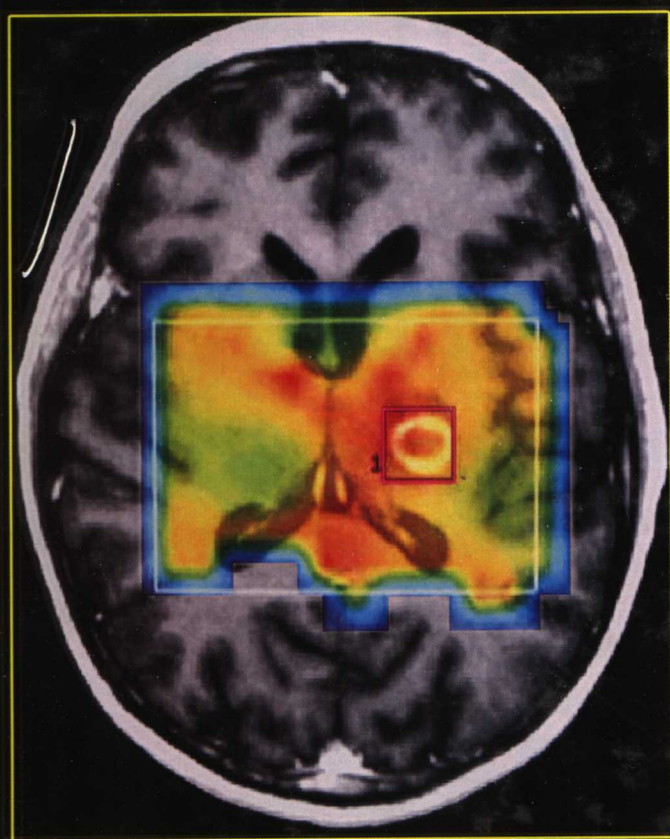


MR SPECTROSCOPY *of the* BRAIN

脑磁共振波谱成像



Lara A. Brandão
Romeu C. Domingues 著

刘 筠 主译

廉宗澈 主审

Livraria e Editora Revinter Ltda 授权
天津科技翻译出版公司出版

脑磁共振波谱成像

MR SPECTROSCOPY of the BRAIN

[巴西] Lara A. Brandão, M.D.
Romeu C. Domingues, M.D. 著

刘 筠 主译

廉宗澍 主审

Livraria e Editora Revinter Ltda. 授权
天津科技翻译出版公司出版

著作权合同登记号:图字02-2005-43号

图书在版编目(CIP)数据

脑磁共振波谱成像 / (巴西)布兰多(Brandão, L. A.)等著;刘筠主译,廉宗澂主审. —天津:天津科技翻译出版公司,2005.6

书名原文:MR Spectroscopy of the Brain

ISBN 7-5433-1883-0

I.脑... II.①布... ②刘... ③廉... III.脑病—磁共振成像 IV.R742.04

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第033864号

Copyright © 2003 Livraria e Editora Revinter Ltda.

All rights reserved. No reproduction, copy or transmission of this publication may be made without written permission.

本书中所给出的各种药物的适应证、副作用和剂量安排,虽经专家审定均正确无误,但今后仍会有所变更。因此读者在使用时应以各药厂提供的使用说明为准。

中文简体字版权属天津科技翻译出版公司。

授权单位: Livraria e Editora Revinter Ltda.

出版:天津科技翻译出版公司

地址:天津市南开区白堤路244号

邮政编码:300192

电话:022-87894896

传真:022-87895650

网址:www.tsttpc.com

印刷:山东新华印刷厂临沂厂

发行:全国新华书店

版本记录:889×1194 16开本 12.5印张(含1个印张彩印) 403千字(含57千字英文)

2005年6月第1版 2005年6月第1次印刷

定价:88.00元

(如发现印装问题,可与出版社调换)

中文版前言

磁共振波谱成像技术(MRS)的出现,实现了医学影像从传统的形态学检查向在体的生化代谢研究的飞跃。作为一种无创的检查方式,质子MRS具有广阔的应用空间。但是,非常遗憾的是,目前国内几乎尚无一本此方面的专著(国外此类专著也极少,连美国也要从巴西引进这本葡萄牙文的专著)。此书恰好及时填补了这方面的空白。

该书是Brandão博士及其同事5年临床研究的总结,涵盖了中枢神经系统常见病种的波谱检查方案以及相应的表现,并配有大量的病例资料。书中每一章节后还有简要总结,方便读者记忆。

该书原文是葡萄牙文,凭其丰富详实的资料以及清晰简洁的版式深深吸引了美国的磁共振波谱专家Kim M. Cecil博士的注意,他从专业性和实用性等方面对该书给予了高度评价,并强烈推荐将该书译成英文。该书的中文版是以英文版为基础翻译的,版式保持了原著的风格。

相信此书对于从事神经放射学、神经病学以及磁共振成像等不同专业的读者都将有重要的参考价值。

此书由刘筠博士所译。刘筠博士主要从事神经放射学研究。译文中有不当之处,敬请读者斧正。

廉宗澍
2005.5.1

序 言

多年来,MRS大有可为的前景一直在吸引着临床医生和科学家的注意力。不幸的是,到目前为止,几乎没有关于MRS图谱和基本原理的参考书供临床放射科医生学习参考,使他们能用MRS方法来正确认识和分析正常和异常病变。Brandão博士和他的同事们在应用MRS分析部分疾病进程方面走在了前列。他们作为神经放射医师的丰富经验以及他们在质子波谱成像方面的大量病例,使本书具有很高的参考价值。我第一次接触此书是作者的葡萄牙文原著。尽管有语言上的差别,但作为一名有经验的波谱专家,我能够看懂波谱,并且能够根据图像和文字中的些许提示来识别疾病的发展过程。书中的波谱数据提供了很多信息。于是我强烈鼓励Brandão博士将这本集波谱成像原理、图像和相关病理的详细描述于一体的书籍译成英文。

许多接触波谱的人都期待MRS能成为一种特定病变的独特检查技术,希望每一个单独的共振频率都具有疾病的特异性。使用波谱成像必须了解疾病的进程,这样才能识别代谢物信号改变的模式。对选定的具有与病程相关的特殊问题的病人行波谱成像检查,将是磁共振检查的顶峰。此书会使读者能够通过图像来轻松地识别疾病,并且将波谱与疾病相结合。此书的作者描述了每一种病程的特点,指出脑部标准代谢产物的增加和减少。

我强烈建议对质子波谱成像感兴趣的放射学专家阅读此书。Brandão博士和本书的其他作者将他们多年来 ^1H MRS研究的经验精简成这本易于读者使用的手册。本书将会成为神经放射专家和我本人藏书中有价值的一部。

2002年8月

Kim M.Cecil 博士

MR波谱专家

Cincinnati儿童医院医学中心

前 言

磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 为评估脑的正常和异常病理改变提供了高时间分辨率、高空间分辨率和高对比分辨率的检查方法。MRI已成为中枢神经系统诊断的最主要的影像检查手段。凭借其高组织分辨率和多平面成像能力, MRI更优于CT。但是, 若要超越单纯的解剖学评价, 例如组织的生化和生理学, 则需要开发功能性技术, 例如功能磁共振成像 (functional magnetic resonance imaging, fMRI)、灌注加权成像 (perfusion weighted imaging, PWI)、扩散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 和磁共振波谱成像 (magnetic resonance spectroscopy, MRS) 等。

MRS是一种无创的检查方法, 可以提供脑的代谢和生化信息。目前已广泛应用在日常工作中。本书是我最近5年来应用¹H MRS检查方法, 结合自身的经验, 从事广泛研究的结果。书中绝大多数病例均用GE Signa Horizon 1.5T磁共振成像仪完成。

在此书中, 我们对MRS检查技术进行了讨论, 并介绍了临床最常应用的MRS。我们提供了不仅是显示神经系统最常见疾病的波谱的实用方法, 也包括常规的成像方法, 还包括一些灌注、扩散成像和病理资料等。在每章的结尾, 读者将发现有一个包括每种疾病的主要表现的表框, 这将有助于读者快速浏览。

本书的目的是帮助繁忙的神经科医师和临床医师解释不同的疾病中的主要征象。希望各位读者在阅读此书时能感到轻松舒适!

Lara A. Brandão

作者名单

ROBERTO CÔRTEZ DOMINGUES博士

放射学家

临床影像

里约热内卢, 巴西

ALICE C. C. BRANDÃO

放射学家

磁共振成像

CT和磁共振部

Samaritano医院

里约热内卢, 巴西

LUIZ CELSO H. JUNIOR博士

放射学家

磁共振成像

里约热内卢, 巴西

PATRÍCIA S. M. QUARESMA

放射学家

临床影像

里约热内卢, RJ, 巴西

目 录

中文版前言

序言

前言

第1章 介绍和技术	1	橄榄脑桥小脑退行性变	30
介绍	1	运动神经元退行性疾病	30
技术	3	肌萎缩侧索硬化症(ALS)	30
定位方法	3	第3章 代谢性疾病	35
回波时间	4	影响灰质和白质的代谢性疾病——线粒体脑病	35
提示	4	Leigh病	35
体素	5	MELAS综合征	37
波谱成像的秘诀	5	影响基底节的代谢性病	39
体素定位	5	亨廷顿病	39
参考	6	Wilson病(肝豆状核变性)	39
假阴性结果	7	钴胺素C缺乏症	40
比例因素	7	溶血性尿毒症综合征	40
数据采集	7	Galloway-Mowat病	40
步骤	7	溶酶体贮积病	40
如何获得具有诊断质量的波谱	7	半乳糖血症	40
波谱评价	8	苯丙酮尿症	41
用于劣质波谱的替代方法	9	丙氨酸血症	42
波谱分析中的主要代谢物及其意义(表1-1)	9	第4章 系统性疾病的大脑异常	44
波谱分析	9	肝性脑病	44
区域变化	9	波谱异常表现	44
年龄变化	9	特殊情况	46
第2章 神经退行性疾病	15	鉴别诊断	46
痴呆	15	糖尿病性酮症酸中毒	49
阿茨海默病	15	低钠血症——低渗性脑病	49
额颞叶痴呆——Pick氏病	23	中央性脑桥髓鞘溶解症	50
血管性痴呆	26	高钠血症和高渗状态	51
脑积水	27	第5章 血管性异常	54
黑质退行性疾病	27	梗死	54
帕金森病	27	急性梗死	54
小脑、脑干和脊髓退行性疾病	29	亚急性和慢性梗死	56
Down综合征	29	缺血(半暗带)	56
		系统性红斑狼疮	60
		第6章 脑缺氧	65
		表现	65

第7章 癫痫	71	提示理想的穿刺部位	143
典型异常表现	72	评价肿瘤浸润	143
特殊情况	74	评价肿瘤的进展	143
第8章 脱髓鞘	82	评价治疗反应	143
脑白质营养不良	82	重要特征	150
重要观点	82	第11章 神经皮肤综合征和畸形	157
多发性硬化	82	神经纤维瘤病 I 型 (NF-1)	157
¹ H MRS的适应证	83	评估认知障碍	157
第9章 感染	100	鉴别局灶性病变	157
脓肿和神经系统囊尾蚴病	100	随诊病变进程	157
脑包虫囊肿	103	结节性硬化	159
结核瘤	103	皮质畸形	161
脑炎	106	Lhermitte-Duclos病	161
Reye综合征	106	第12章 颅脑损伤	163
艾滋病	111	¹ H MRS在颅脑损伤的适应证	163
与AIDS相关的痴呆	111	评价患者的预后	163
继发于HIV的脑炎	111	评价对于损伤的生化反应类型	163
AIDS的局灶性病变	112	颅脑损伤的反应形式	163
海绵状脑白质病	116	SIADH——低钠血症	164
第10章 颅内肿瘤	119	高渗状态	164
肿瘤的波谱形式	121	弥漫性轴索损伤 (DAI)	164
NAA水平和NAA/Cr比率降低	121	神经元损伤	166
Cr水平降低	121	缺氧	166
Cho、Cho/NAA和Cho/Cr比率增加	121	第13章 精神异常	168
Lac峰	121	双极情感异常和抑郁症	168
Lip	122	注意力缺陷的多动症	170
mI	122	精神分裂症	171
Glx	122	第14章 其他	174
波谱成像在脑肿瘤中的应用	131	睡眠呼吸暂停	174
鉴别肿瘤和非肿瘤性病变	131	偏头痛	174
组织学提示	135	脑死亡	175
原发肿瘤和转移瘤的鉴别	141	彩图	177
肿瘤分级提示	141		

介绍

自1895年X线开始应用,到随后出现的超声、CT和磁共振成像,医学影像技术已经为组织结构的评价提供了具有较高时间分辨率、空间分辨率和对比度的方法。但是,若要超出单纯的解剖学领域,如生化和组织生理学,则需要发展功能成像技术,如功能磁共振

成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)、磁共振灌注成像(perfusion weighted imaging, PWI)、扩散成像(diffusion weighted imaging, DWI)和磁共振波谱成像(magnetic resonance spectroscopy, MRS)。

在1995年,随着MRS被美国食品及药物管理局正式批准,神经放射学进入了一个新时代。MRS是一种无创性的检查方法,可以提供脑的代谢信息^[1-5],在显示组织的生化特征方面优于传统磁共振成像

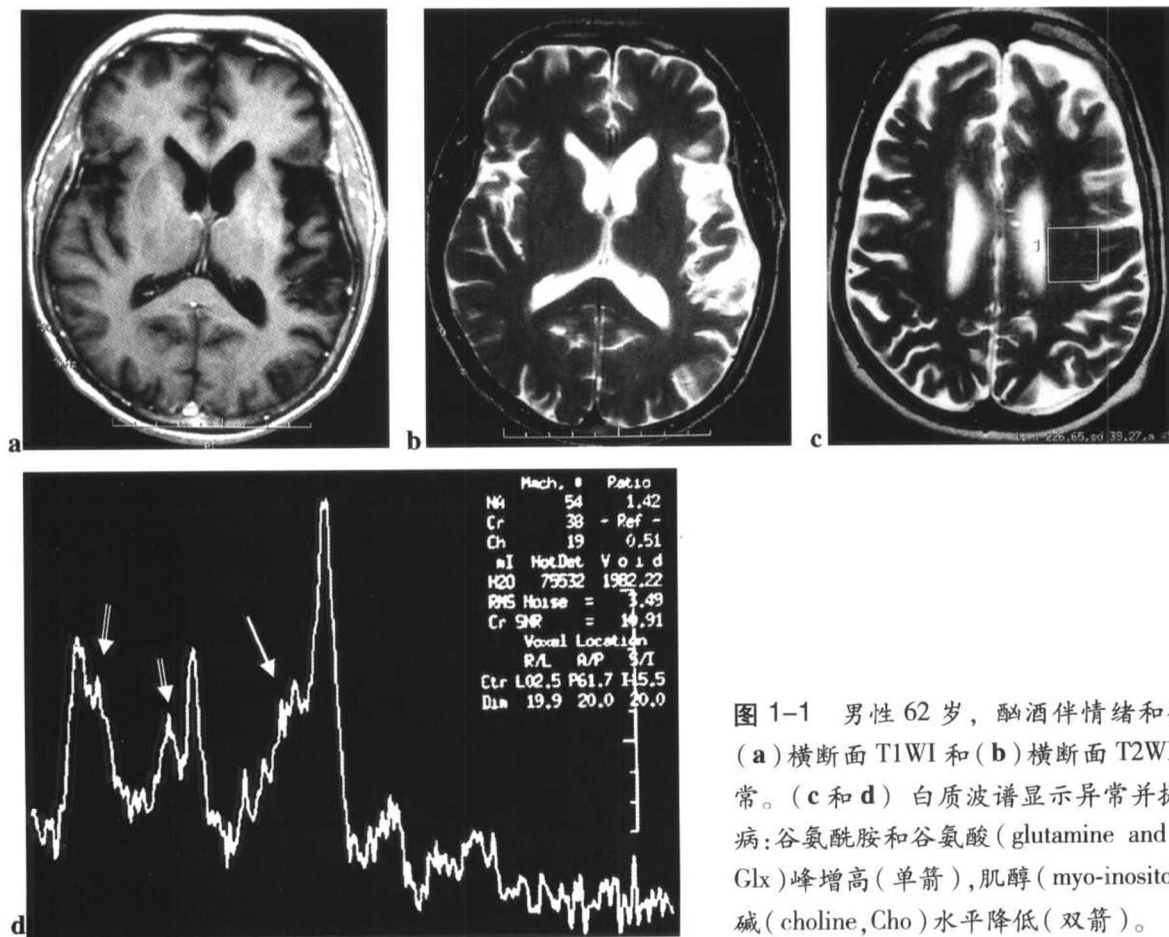


图 1-1 男性 62 岁, 酗酒伴情绪和行为改变。(a)横断面 T1WI 和 (b)横断面 T2WI 未显示异常。(c 和 d) 白质波谱显示异常并提示肝性脑病: 谷氨酰胺和谷氨酸 (glutamine and glutamate, Glx) 峰增高 (单箭), 肌醇 (myo-inositol, ml) 和胆碱 (choline, Cho) 水平降低 (双箭)。

(conventional magnetic resonance imaging, cMRI)^[6-8]。由于代谢异常通常早于结构的变化, MRS还可以检测到cMRI不能显示的异常^[9](图1-1)。

对于复杂病例, 当分析临床病史和影像资料出现

争议时, MRS最有价值。MRS不能替代cMRI, 但可以提供补充信息。应用DWI、PWI和MRS等多种功能成像方法评价脑部病变将提高磁共振成像诊断的特异性和诊断能力^[10](图1-2)。在对病变进展的观察和治疗后

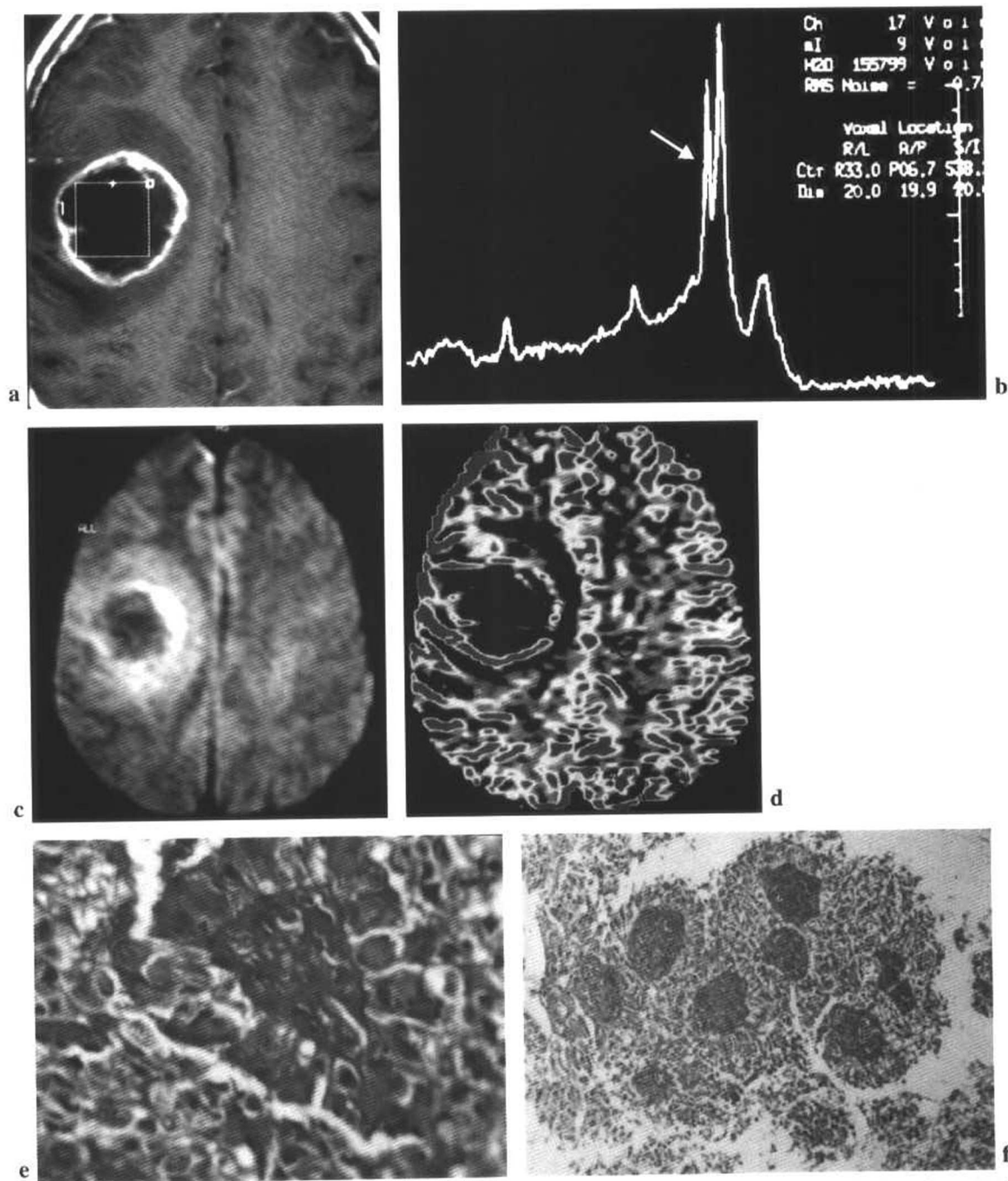


图1-2 (a)病灶显示为周围强化, 脓肿或肿瘤性病变伴中央坏死都可以有类似表现。(b)病灶中心区波谱分析显示N-乙酰天门冬氨酸(N-acetyl aspartate, NAA)、胆碱(choline, Cho)、肌酸(creatine, Cr)和肌醇(myoinositol, ml)减低。有明显的脂质(lipids, Lip)和乳酸(lactate, Lac)峰(箭标), 这些改变可见于有明显坏死的肿瘤。在扩散图像(c)上, 病灶的中心部呈低信号, 这与化脓性感染不同; 灌注图像(d)显示周围高灌注也提示为肿瘤性病变。病理结果是多形性胶质母细胞瘤。细胞呈花冠样聚集于血管周围(e), 呈血管球样表现的血管丛(f)。(参见第177页彩图)

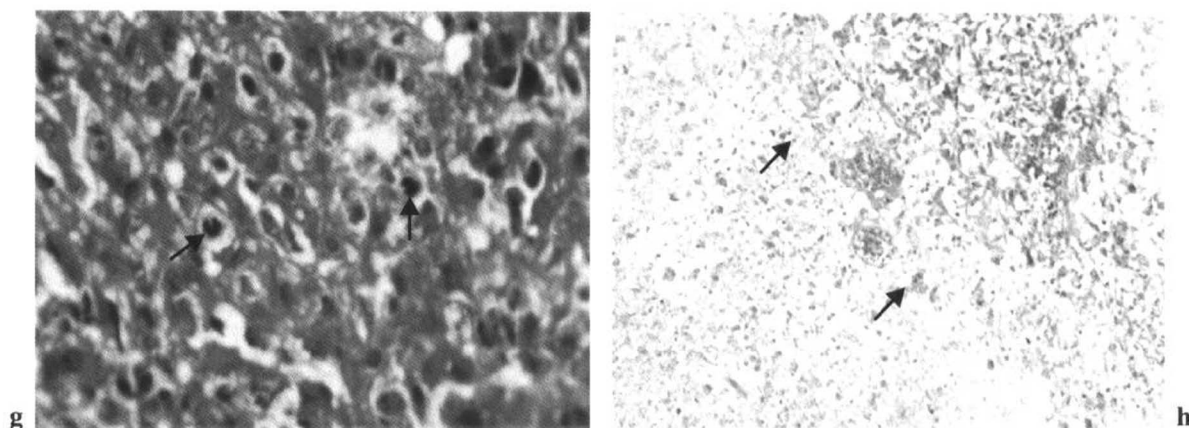


图 1-2(续) (g)可见核浓染和有丝分裂(箭标)。(h)瘤体与坏死部分的交界区(箭标)。(承蒙 Francisco Duarte 博士允许)(参见第 177 页彩图)

反应评估的同时,MRS还可以提示预后^[11]。

只要选择合适的MR硬件设备,MRS相对容易进行。cMRI与MRS在信号采集方面都是依据同样的物理原理,但对于数据的处理、显示和解释等方面采用不同的方法。MRS获得的是各个频率的峰图,而非影像^[1,2,5]。这些代谢物之所以可以在波谱中被检测,是由于下述原因:

1. 都由氢质子组成(H)。
2. 浓度 $\geq 0.5\text{mmol/L}$ 。
3. 在水平的化学位移轴上具有不同的共振频率。
4. 水的氢质子信号为零。

对于一个特定的波谱,代谢物在水平轴上的信号位置是根据其化学位移确定的,其单位比例尺代表百万分之一(ppm)。参考适当的因素,例如质子数、弛豫时间等,可以通过测量曲线下面积将信号转变为代谢物浓度(图1-3)。

技术

应用任何有适当自旋数目的原子核都可以获得MRS。但是,最常应用于医学临床的是氢(H)、磷(P)和碳(C)^[1,2,4]。相对于其他原子核,氢原子(质子)在人体中含量丰富并具有磁化率,所以最常用于在体波谱成像^[9,12]。

定位方法

在MRS中,有两种用以采集特定容积的方法:

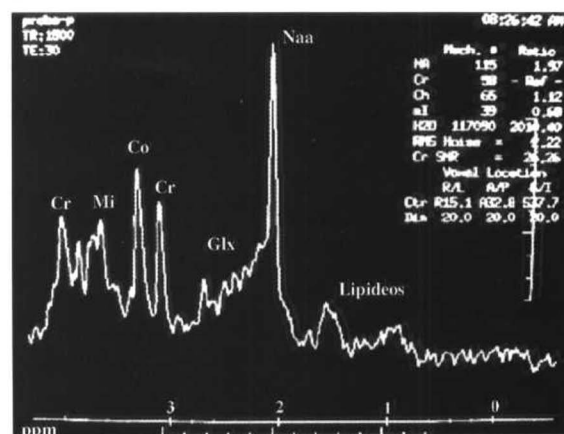


图 1-3 代谢物 ppm 值:脂质,0.8~1.3ppm;N-乙酰天门冬氨酸(NAA),2ppm;谷氨酰胺和谷氨酸(Glx),2.1~2.5ppm;肌酸(Cr),3.02ppm;胆碱(Cho),3.22ppm;肌醇(mi),3.56ppm;肌酸(Cr)第二峰,3.94ppm。

(a)受激回波采集方法(stimulated echo acquisition mode,STEAM)使用 90° 脉冲获得1个受激回波。(b)点分辨波谱成像(point resolved spectroscopy,PRESS)使用1个 90° 脉冲和2个 180° 脉冲获得自旋回波^[13]。

STEAM的特点如下:

- 可以选择很短的回波时间(echo time,TE);
- 信号不完全恢复;
- 形成精确的容积(体素)。

PRESS的特点如下:

- 可以选择长、短TE;
- 信号完全恢复。

在过去,由于射频放大器很难产生纯净的 180° 脉冲,所以采用STEAM方法。但是,随着射频(radiofrequency, RF)技术的提高,这个问题已不复存在。使用者应用高场强($>3\text{T}$)系统以减小能量沉积,或选择STEAM产生超短TE($<20\text{ms}$)。现在,大多数作者采用PRESS技术。因为与STEAM相比,PRESS可以提供双倍的信噪比(signal to noise ratio, SNR)。对于在体的临床评价,PRESS具有高的信噪比且时效性最好。

回波时间

与cMRI相同,波谱的信息依赖于扫描状态,特别是所应用的重复时间(repetition time, TR)和回波时间(TE),这是因为脑内代谢物有其固有的T1和T2弛豫时间^[3]。应用长、短TE确定的常规代谢物如下(图1-4):

N-乙酰天门冬氨酸(N-acetyl aspartate, NAA)
肌酸(creatine, Cr)
胆碱(choline, Cho)
乳酸(lactate, Lac)(每当存在时)

另有一些代谢物只有短TE才能确定(图1-5):
脂质(lipids, Lip)
谷氨酰胺和谷氨酸(glutamine and glutamate, Glx)
肌醇(myo-inositol, ml)

因为长TE检测到的代谢物较少,所以获得的波谱

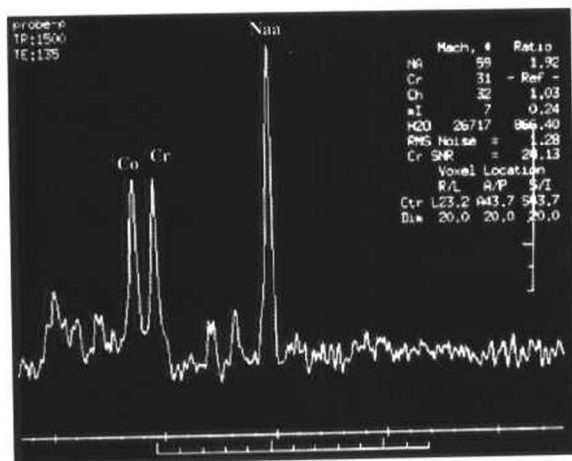


图1-4 回波时间(TE)为135ms的波谱。检测到的代谢物较少,基线平直。

很容易解释。

一般情况下,我的方案如下:

• 中等TE(144ms)PRESS用于肿瘤性病变。中等TE易于显示Cho和Lac峰,而这二者是肿瘤性病变的主要代谢改变。

• 短TE(30~35ms)PRESS用于其他的病理状态。

提示

由于Lac和Lip的共振频率范围基本相同,可依据下述三点确定Lac峰:

- 在严格的匀场后,Lac的共振呈双峰线(doublet),峰间有7Hz的分隔(图1-6)。
- 当TE为144ms时,Lac峰反转于基线下。
- 当选择长TE(270或288ms)时,Lip信号不再磁

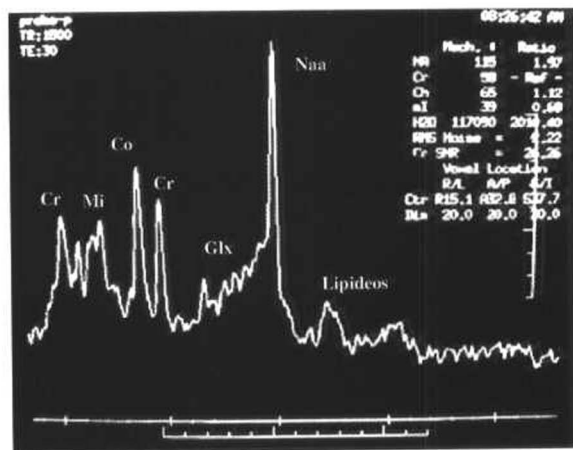


图1-5 回波时间(TE)为30ms,可采集额外的代谢物(脂质、谷氨酰胺和谷氨酸和肌醇)。

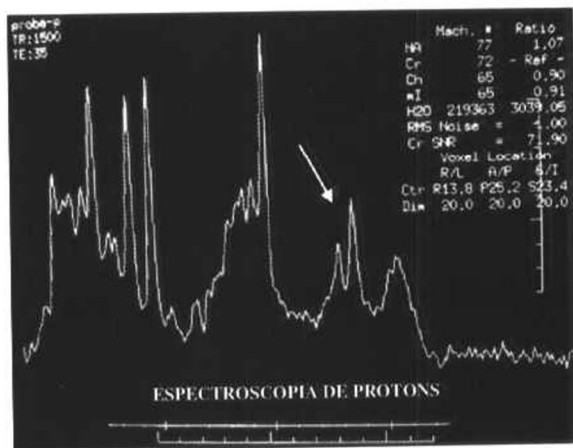


图1-6 回波时间(TE)为35ms获得的波谱。在1.33ppm, Lac呈双峰线(doublet)显示(箭标)。

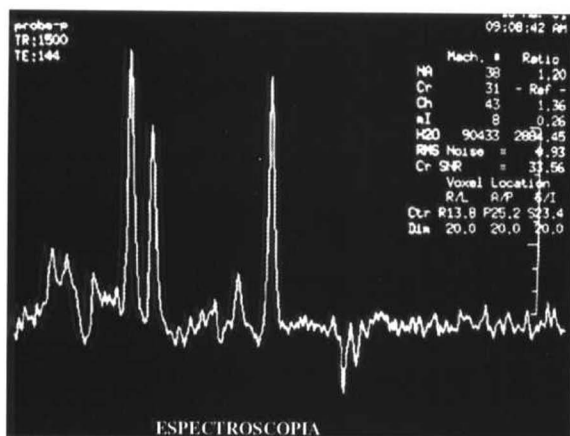


图 1-7 回波时间 (TE) 为 144ms 获得的波谱。Lac 峰反转于基线下方。

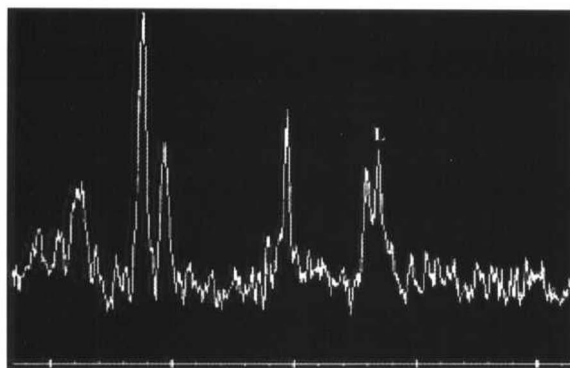


图 1-8 回波时间 (TE) 为 288ms 获得的波谱。Lac 的检测最好, 脂肪被抑制。(经允许引自 Barkovich AJ, Baranski K, Vigneron D, et al. Proton MR spectroscopy for the evaluation of brain injury in asphyxiated term neonates. *AJNR* 1999; 20: 1399-1405)

化, 只能检测到 Lac。

体素

无论采用 PRESS 还是 STEAM 定位, ^1H MRS 都可以选择单体素 (single voxel, SV) 或多体素 (multivoxel, MV) 技术。

单体素 (SV)。大多数扫描仪都具有单体素技术。单体素采集需要 3~5 分钟。体素定位应避免磁化率伪影和脂肪。对弥散性病变, 体素通常为 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$ (8cm^3) (图 1-9)。对于局灶性病变, 体素可减小。

该技术的主要局限性是覆盖的解剖范围有限, 即采集一次只能分析一个区域。因此, 体素的定位应该

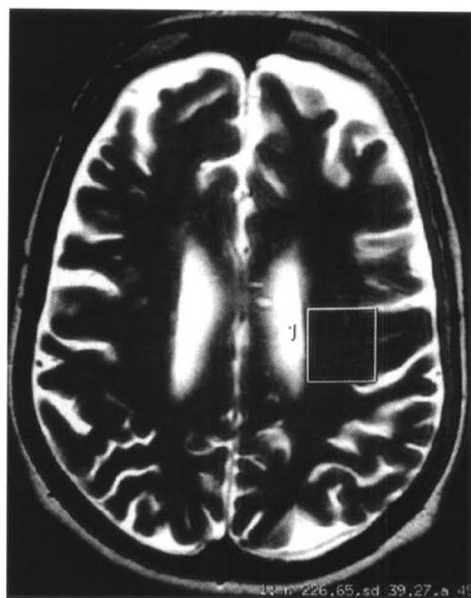


图 1-9 单体素波谱成像

准确。

多体素 (MV)。多体素技术允许在脑中同时定位多个体素, 研究病灶的成分, 显示代谢异常的范围 (图 1-10)。该技术也被归为化学位移成像 (CSI)。

多体素技术可以完成一个层面的二维研究或者一个容积的三维评价。该技术的优点包括评价病灶的范围, 并且可以获得对侧或未被病变累及区域的波谱, 从而提供一已知代谢物的图形 (也被称为波谱图像) (图 1-10 c)。

对于单体素和多体素技术, MR 扫描都需要进行匀场以缩窄波谱的峰线宽度。对于单体素研究, 提高磁场的均匀性, 临床型 MR 扫描仪的 0 序匀场, 是完成的基础。对于多体素技术, 为了多个区域同时产生相同的磁场均匀性, 需要更高序的匀场。该软件已经应用于临床型 MR 扫描仪。当病变范围较大时, 由于磁化率伪影的影响, 匀场比较困难。除此之外, 多体素技术更适用于评价颅内肿瘤性病变。在后颅窝, 由于相对于大脑其容积较小, 而且邻近骨结构, 所以采用单体素技术比较容易获得诊断性波谱^[13,14]。

波谱成像的秘诀

体素定位

为了获得高质量的波谱图像, 需要避开血管、血

液成分、空气、脑脊液、脂肪、坏死区域、金属、钙化以及骨骼等。在上述区域,不同的磁化率伪影可导致磁场的均匀,从而遮掩代谢物的检出(图1-11和1-12)。

参考

当评价局灶性病变时,以对侧正常实质的波谱作为内部对照是非常有用的。另一方法是与文献报道或

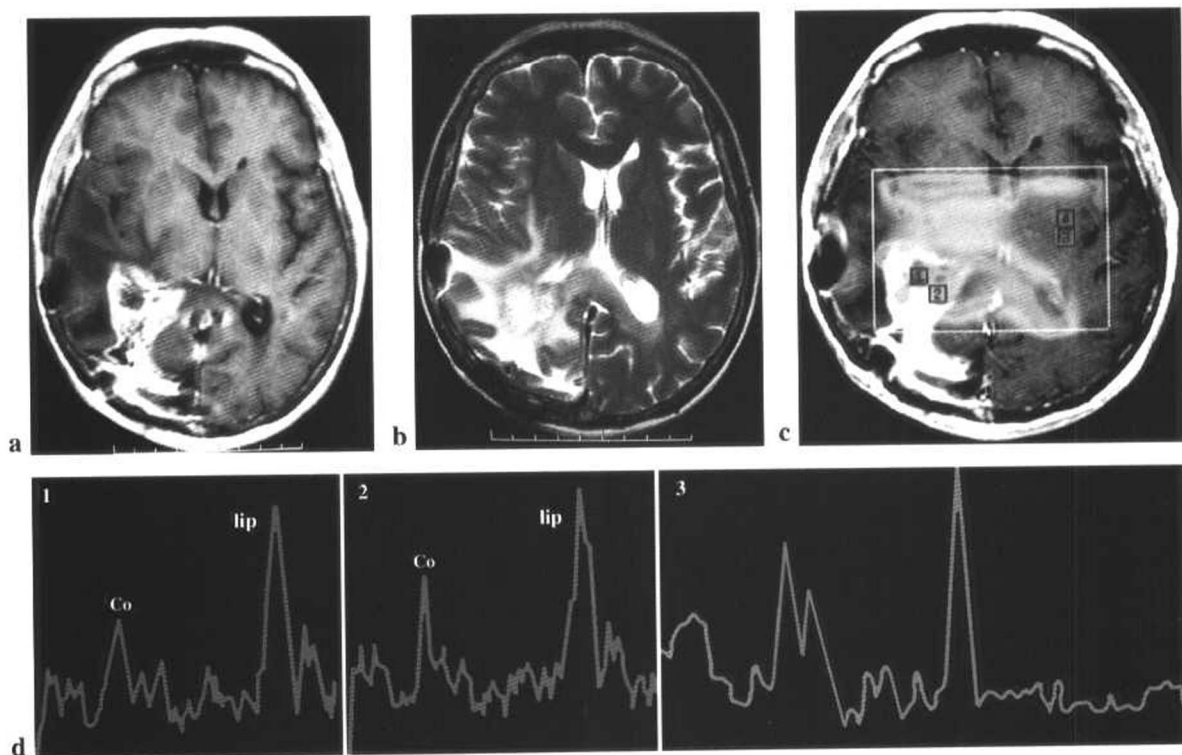


图 1-10 多形性胶质母细胞瘤的术后和放疗后图像。(a)横断面 T1WI:手术及放疗(RT)区域不规则强化。(b)该部位及周围实质呈高信号。(c)由波谱 1 和波谱 2(d)得到 Cho/Cr 的代谢图,用红区表示(高 Cho/Cr 比率),该图相对于 cMRI 可以更好地确定肿瘤的范围。也存在一个 Lip 峰。波谱 3(d)是用于对照的正常波谱。(参见第 178 页彩图)

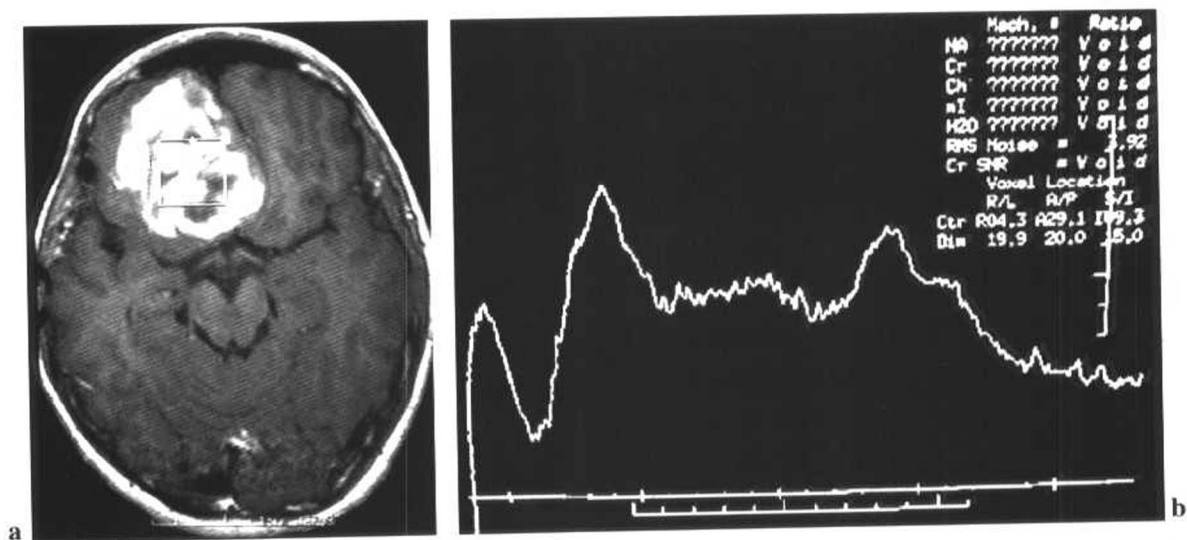


图 1-11 (a)增强后的横断面 T1WI 显示肿瘤性病变伴有广泛的坏死。波谱(b)显示不清晰的大峰。

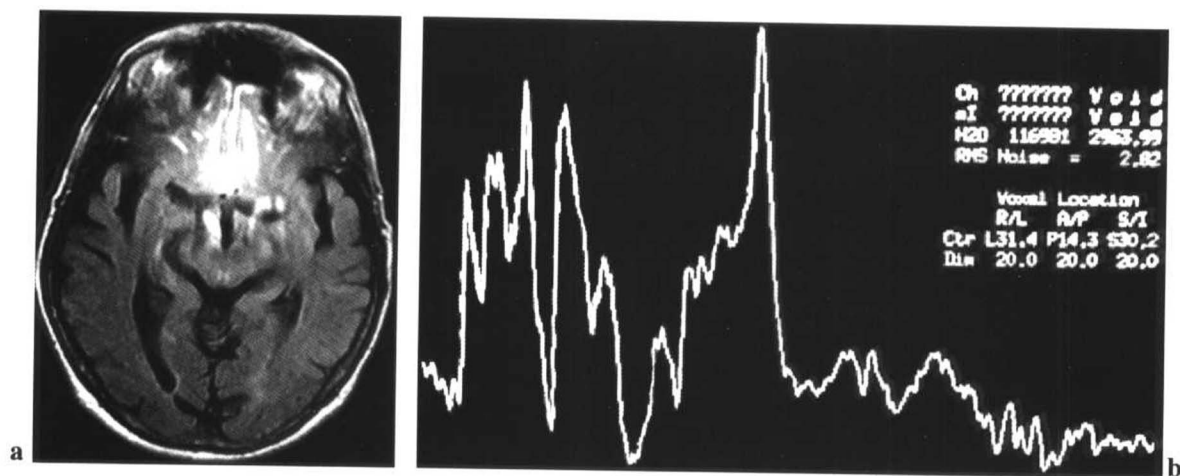


图 1-12 患者的牙齿矫形金属带在液体衰减反转恢复 (fluid-attenuated inversion recovery, FLAIR) 序列产生伪影 (a), 并影响左颞顶区的波谱质量 (b), 导致波峰扭曲。

学会内获得的正常数据进行对比。重要的是,要采用同样的技术和方案 (PRESS或STEAM, TR, TE, 磁场强度, 等等)。

假阴性结果

由于周围正常组织产生的部分容积效应, 体积很小的病灶的波谱可能显示为正常。对于这样的病例, 应减小体素的大小 (在单体素波谱, 通常是 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$), 通过增加采集次数补偿信噪比, 以使波谱的质量不受影响。另一种方法是应用高分辨的多体素 MRS, 可以将编码数目增加至 26 (我通常选择 16), 以缩小体素并减少部分容积效应。

比例因素

在波谱中, 当某一种代谢物占优势时, 其他的代谢物由于比例的原因显示为很小的波峰 (图 1-13)。这并不意味着其余的代谢物浓度降低。事实上, 这可能是某种代谢物的病理性增加。

数据采集

MRS 可以在静脉内注射钆对比剂后完成^[15]。整个波谱的解释不会改变。但是, 可能会影响个别峰的面积。应该与以前相同条件下获得的波谱 (无论增强前或后) 相对照。

当颅内肿瘤只进行单体素 MRS 时, 体素应定位于相对脑血容量图 (relative cerebral blood volume map, rCBV 图) 显示的灌注异常部位。但是, 如果选择多体

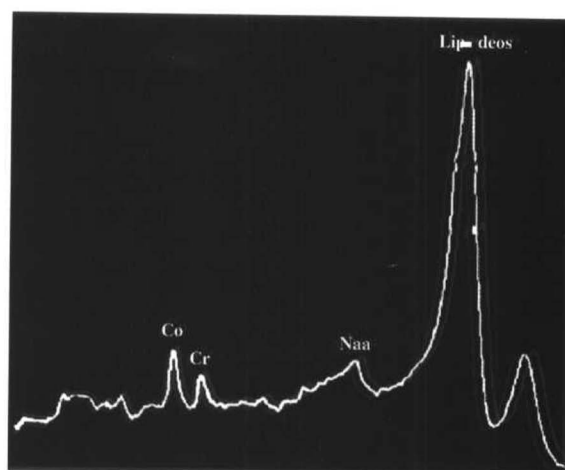


图 1-13 比例因素-Lip 峰突出而其他代谢物峰较小

素 MRS, 可以只完成波谱成像而无需灌注信息 (即, 增强前)。

步骤

- 至少需要一个定位序列 (可以是任何一种传统的脑扫描序列或是一种快速序列) 单次激发 T2 (T2SS)。
- 单体素或多体素应定位于兴趣区。
- 对兴趣区匀场。
- 优化扫描前条件, 包括定位的选择和水抑制技术。

如何获得具有诊断质量的波谱

下述的条件是必需的^[12]:

- 恰当的匀场以保证采样区的磁场均匀性。
- 充分抑制水信号。选择性化学位移饱和技术是水抑制的基本技术。在脑中,水的浓度远远高于MRS中观察的代谢物浓度。因此,水抑制是进行脑代谢研究的必要条件。
- 需要进行脂肪抑制以避免波谱的脂肪污染。如果产生脂肪污染,可以移动体素避开脂肪源和/或延长回波时间达到长TE^[16]。

波谱评价

具有诊断质量的波谱应有平直的基线和明确的窄峰(图1-3至图1-5)。即使患者在传统的成像检查中不能始终保持静止,也可以获得有诊断质量的波谱^[17](图1-14)。

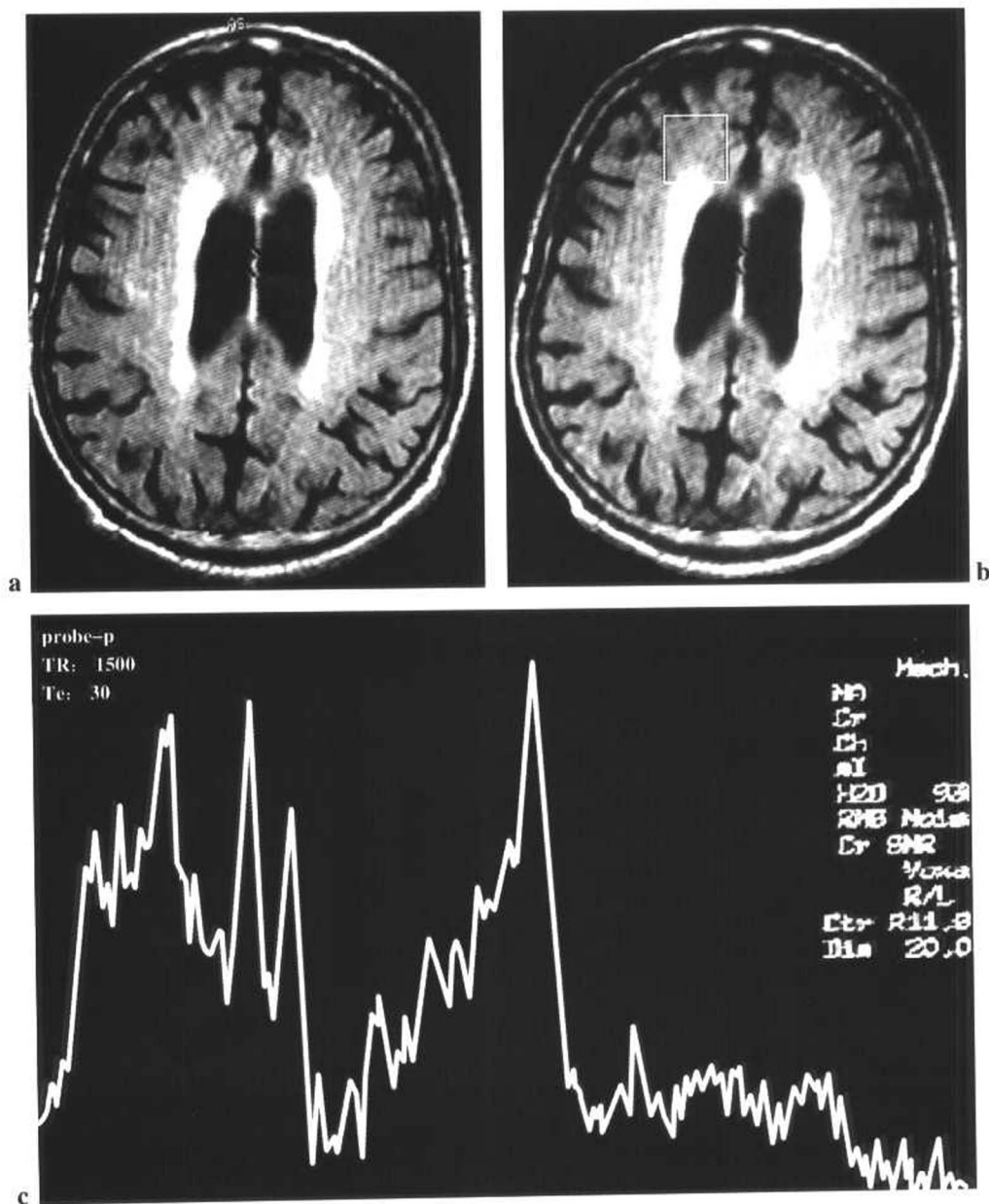


图 1-14 不合作的患者于横断面 FLAIR (a 和 b) 显示的运动伪影。但是, 获得了具有诊断质量的额叶波谱 (c)。