

核磁共振医学成像

陈百万

长期以来,核磁共振现象主要用于化学分析中,核磁共振(NMR)波谱分析在医学上可用药物分析和生化分析。1958年,开始有人用NMR原理进行活体血流量测定。1971年美国纽约州立大学教授R. Damadian提出NMR用于医学诊断的可能性及其意义,化学家P. C. Lauterbur于1972年进一步指出NMR信号完全可以重建图象。同年,X线电子计算机断层成像(或称电子计算机体层摄影)技术正式宣告问世,这使医学诊断发生了革命性的飞跃。电子计算机断层成像简称为CT。核磁共振医学成像也采用先进的CT技术,称为核磁共振计算机体层摄影(NMR-CT)。但它与X-CT在获取信息的原理方面全然不同,在图像重建方面有所相似,只不过NMR-CT比X-CT要复杂得多。

1. 核磁共振医学成像的基本原理

核磁共振医学成像的基本原理就是以磁场值来标记人体中共振核的空间位置。将成像对象人体置于一个稳定磁场中(通常为 $0.15T \sim 1.5T$),并用特定的射频电磁波脉冲序列照射,使人体内某种原子核产生核磁共振(目前主要用氢核 1H ,因为 1H 在人体内含量高,NMR信号最强)。当被激发的核在弛豫过程中把共振吸收的能量以电磁波的形式发射出来时,利用线圈可检测出FID信号,然后由计算机处理成像在荧光屏上。

成像层面的选取,是设法只在人体某一层面内产生核磁共振或只有某一层面内的核磁共振信号能被测量出来,该层面就是选取的成像层面。

核磁共振像所表现的就是人体中核磁共振参数(自旋核密度、 T_1 、 T_2 及其组合)的空间分布。设法使成像层面上各处的磁感应强度互不相同(可用在恒定磁场上迭加一个线性梯度场的方法),则各处发生核磁共振的频率也互不相同。某一频率的共振吸收强度便对应于成像层面上相应位置的核磁共振参数的大小。把共振吸收强度的频率分布显示出来,就是核磁共振参数在成像体中的空间分布即核磁共振像。

为了使NMR产生的三种参数或信息内容在图像上显示出来,创造了许多实现成像的具体技术和方法。采用不同的射频脉冲序列,产生增强对比度的图像所反映的信息内容就不一样。常用的射频脉冲序列有 $90^\circ - \tau - 90^\circ$ 脉冲序列、 $180^\circ - \tau - 90^\circ$ 脉冲序列和

$90^\circ - \tau - 180^\circ$ 脉冲序列等。

2. NMR-CT的临床应用现状与发展前景

(1) 临床应用现状:目前NMR像主要局限于借助水(实际上是水中的氢核即质子)来显现组织。因此在一定意义上可以说这种NMR像是人体组织液成的像,许多病理过程与水分的组成和量的变化有关,这些变化可用NMR像观察到。NMR-CT有它独特的优点,它提供的信息内容多,不仅能显示形态,而且能显示说明功能和代谢过程等生理生化信息的化学性图像。它可以从生化信息的变化上早期诊断肿瘤(肿瘤组织的含水量增加,脂肪少,使 T_1 比正常组织长),在这方面已取得了令人鼓舞的结果。NMR质子成像已成为脑、脑干和脊髓显像的首选方法。它能鉴别脑灰质和白质(灰质含水量多,白质脂质多,故灰质比白质的 T_1 长);由于它没有骨伪像,故可直接显示脑干的后窝区域和脑脊髓轴。在心血管疾病方面,NMR-CT也是一种新颖的检查手段,可观察和计算血流,断层显示活动心脏,可早期诊断急性心肌梗塞。NMR-CT不用造影剂即可得到很好的软组织对比度,对诊断肺、肝、胰和肾病都有很大帮助(每种器官都有不同的 T_1 值范围,根据 T_1 值可诊断疾病)。一般认为,在一定的限制条件下,NMR成像是一种非损伤性诊断方法。它的缺点是目前难于区分肿瘤和水肿,不适于体内植有心脏起搏器和金属物的患者及幽闭恐怖症患者。

(2) 发展前景:NMR成像技术在医学中应用的意义已经肯定,它可达到原子、分子水平,能发现人体生理和生化学上的早期变化,它与放射性核素成像一起,有可能改变用病理解剖表达疾病的传统概念。这种成像技术还在不断发展完善。在临床应用上还必须进一步明确其最适应的检查范围以及使用各种方法所得图像的释读等。展望未来,NMR医学成像为生物医学又提示了一个新的前景,即利用超导磁体提高磁感应强度,向探测磷、碳、钠等与揭示人体生命现象极为相关的原子核进军。目前已对磷与钠进行了实验性研究。总之,NMR成像技术将在丰富医学影像诊断学的内容、促进人体生理生化功能研究方面做出巨大的贡献。另一方面,NMR图像提供的信息多,要能正确释读NMR图像,必须要求医生或有关人员具备物理学、病理学、分子生物学、细胞生物学等多学科的知识,这对医学人材的培养提出了更高的要求。