

سقراط برای نخستین بار در ۳۰۰ سال پیش از میلاد مسیح مفهوم اتم به معنی « برش نیافته » را به کار برد.

یونانی ها اولین کسانی بودند که از جذب یا دفع اجسام به وسیله نیروهایی نامرئی که ما امروزه آنها را الکتریسیته ساکن می نامیم به شگفت می آمدند. آنها ابتدا متوجه شدند که اگر یک تکه کهربا به پوست خزه مالیده شود می تواند ذرات یا اشیاء بخصوصی را جذب نماید. واژه کهربا (Amber) نیز ترجمه الکترن می باشد.

در شهر ماگنیزیا در آسیای صغیر (ترکیه)، نیز مردم متوجه شدند که اگر برخی از سنگها بر روی محور خود قرار بگیرند بالافاصله به حالت اولیه خود تغییر جهت می دهند. آنها از این ساختمانهای مغناطیسی که امروزه به نام لوداستون (Lodestones) معروف است در امر دریانوردی، مراسم مذهبی و اهداف جادویی استفاده

می کردند. واژه مغناطیس نیز از نام همین شهر ماگنیزیا گرفته شده است. اصول ریاضی MRA که امروزه برای ترجمه سیگنالهای MR به موقعیتهای فضایی (location spatial) بکار می رود اولین بار توسط فوریه در ۲۰۰ سال قبل مطرح گردید. فوریه که فرد بسیار باهوشی بود زمانی این روند ریاضی بسیار پیچیده را معرفی کرد که در خدمت امپراطوری ناپلئون بود. نیاکان ما در قبل از میلاد مسیح اولین افرادی بودند که ارتباط بین الکتریسیته (جریان الکتریکی) و مغناطیس را به صورت تئوری بیان نمودند. البته این ارتباط تا ۲۰۰۰ سال بعد به صورت نهفته باقی ماند تا اینکه در سال ۱۸۱۹، هانس کریستین اورستد به طور تصادفی متوجه شد که عقربه قطب نما در کنار یک بارالکتریکی منحرف می شود و نتیجه گرفت که الکتریسیته می تواند میدان مغناطیسی به وجود آورد. دوازده سال بعد مایکل فاراده ثابت نمود که عکس این قضیه هم صادق است، یعنی مغناطیس هم می تواند الکتریسیته الکتریسیته را به وجود آورد. این مسئله باعث تبیین قانون القای مغناطیسی فاراده شد. این قانون نه تنها اساس سیگنالهای MR را تشکیل می دهد بلکه به عنوان پیش زمینه ای برای رشته نوین الکترومغناطیس نیز طرح

فاراده متوجه شد که اگر میدان مغناطیسی را از میان یک سیم پیچ الکتریکی و با زاویه ۹۰ درجه عبوردهیم می توان ولتاژ و شدت جریانی را در سیم پیچ القاء کرد. او همچنین اظهار داشت که در صورتی می توان القای

مغناطیسی را به طور پیوسته ایجاد کرد که میدان مغناطیسی (یا شدت جریان) قطع و وصل شده یا به صورت پالسی درآید. به همین دلیل بسیاری از افراد، مایکل فاراده را به عنوان پدر علم الکتریسته می شناسند. در دهه ۱۸۶۰ جیمز کلرک ماکسول (Jamesclark Maxwel) اسکاتلندی متوجه این نکته شد که خطوط نیروهای مغناطیسی را می توان به صورت ریاضی بیان نمود. برخی از معادلات ماکسول ثابت می کند که میدانهای مغناطیسی و الکتریکی با یکدیگر زاویه ۹۰ درجه می سازند. او همچنین نشان داد که میدان مغناطیسی القا شده به صورت فنری (Spiral) و عمود در خلاف جهت جریان الکترونی که آنرا می سازد حرکت می کند و سرعت آن در خلا نیز برابر سرعت نور یعنی 3×10^8 m/s می باشد. ماکسول همچنین سرعت و جهت امواج الکترومغناطیس را محاسبه و علاوه بر امواج ماوراء بنفش و مادون قرمز وجود سایر امواج را نیز پیشگویی کرد. هشت سال بعد هانریش هرتز (Hanrish Hertz) آلمانی به وجود امواج نامرئی الکترومغناطیسی پی برد و اذعان نمود که تمام امواج مذکور را می توان بر اساس مقدار فرکانسشان مشخص نمود. از آن پس، طیف امواج الکترومغناطیس و طبقه بندی انرژی امواج بر اساس خصوصیتشان مورد توجه قرار گرفت.

تمام این حوادث وضعیت را برای آقای ویلهم کنراد رونتگن (Wilhelmkonrad)

(Rontgen) فراهم آورده بودند تا او اشعه ایکس را کشف کند. این اشعه جزو امواج الکترومغناطیس و با فرکانس بالا می باشد. بعد از او در سال ۱۹۸۶ نیز فردریک ژولیه (Fredric Joliot) و ماری کوری (Mari Curic) اشعه گاما را کشف کردند. با کشف آنها این مسئله روشن شد که انرژی امواج با فرکانس بالا را می توان تشخیص و اندازه گیری نمود. همچنین آسیبهای بیولوژیکی این تشعشعات نیز به اثبات رسید. با شروع قرن بیستم، عصر اتم نیز آغاز شد. فیزیکدانها و دانشمندان زیادی، قسمتی از روشهای NMR و MRI را پی ریزی کردند که از مهمترین آنها می توان به شخصیتهای زیر اشاره نمود: 1905 آلبرت انیشتین : اصل بقای انرژی $E=mc^2$ که مبین یکسان بودن جرم و انرژی است. 1911 ارنست راترفورد: هسته اتم را مشخص نمود. 1911 جی.جی تامپسون : وجود الکترون را اثبات نمود. 1913 نیلز بور : خواص و شکلهای هندسی الکترون را تعریف کرد و پنجره ای را بر روی فیزیک کوانتوم گشود. او اتم را به منظومه شمسی تشبیه نمود. اتواسترن: روشی را برای اندازه گیری دو قطبی های مغناطیسی ابداع کرد. ولفانگ پاولی: اصطلاح تشدید مغناطیسی هسته ای را متداول نمود. ایرودور اسحاق رابی: اولین آزمایش تشدید مغناطیسی هسته ای را انجام داد.

جنگ جهانی دوم
آلبرت انیشتین که در آن زمان فیزیکدان مشهوری نبود، معادل بودن انرژی و ماده را مطرح و ثابت می کند که این دو، تظاهرات مختلفی از یک چیز می باشند. « تئوری نسبیت » مشهور او یکسان بودن جرم و انرژی را معرفی نمود. البته تئوری نسبیت انیشتین برای سالها مسکوت باقی ماند. زیرا اولاً دستگاه ها و وسایل مجیزی برای اثبات آن وجود نداشت و ثانیاً دیدگاه های تئوریک و علوم آن زمان برای اثبات یا نفی آن کافی نبود. یکی از دستاوردهای فرمول انیشتین ($E=mc^2$) که باعث شد تا عصر انرژی تمام ابعاد تأسف باری به خود بگیرد. هنگامی بود که انیشتین در سال ۱۹۳۲ نامه ای را به رئیس جمهور وقت « روزولت » نوشت و او را از

قدرت خارق العاده اتم آگاه کرد. به این ترتیب روزولت نیز متقاعد می شود که مقدار اورانیومی به اندازه یک توپ گلف می تواند مقدار انرژی معادل چند میلیون پوند ذغال سنگ داشته باشد و به همین دلیل، کمیته پروژه منهاتن (Manhattan) را برای انجام تحقیقاتی جهت ساخت بمب اتم پایه گذاری می کند. پنج سال بعد یعنی در ششم آگوست ۱۹۴۵ بمب اتم که حاصل آن تحقیقات بود بر روی شهر هیروشیما ژاپن فرود آمد.

پس از جنگ جهانی دوم

برخی از پیشرفتهای تکنولوژی که در جنگ جهانی دوم اتفاق افتاد به عنوان پیش زمینه هایی برای تصویربرداری از انسان مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان مثال از امواج صوتی که برای پیدا کردن زیر دریایی های غرق شده استفاده می شد در سونوگرافی و از انرژی اتمی در تصویربرداری پزشکی هسته ای استفاده گردید. در سال ۱۹۴۶ دو فیزیکدان آمریکایی به نام فلیکس بلوچ (Flexi Bloch) و ادوارد پارسل (Adward Purcell) که به طور جداگانه بر روی اتمها کار می کردند متوجه شدند که اگر لوله آزمایشی را که محتوی ماده ای خالص می باشد با امواج مغناطیسی انرژی دار کرده و مورد بمباران امواج RF قرار دهند، اتمها تهییج شده و سپس با طیفی که متناسب با اتمها مورد آزمایش است شروع به پاسخ دادن می کنند. آنها این سیگنالها را آشکار کرده و بر اساس مقدار فرکانسشان که به صورت تصاویر اسپکتروسکوپی ثبت نمودند به این ترتیب بنیان تشدید مغناطیسی هسته ای که مقدمه ای بر MRI بود گذاشته شد. این کشف در ابتدا کاربردهای صنعتی داشت. امروزه می توان فرکانس اجزای مولکولی یک ماده ساده را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد (سرانجام بلوچ و پارسل موفق به اخذ جایزه نوبل سال ۱۹۵۲ شدند). در مدت ۲۵ سال پس از این کشف، بیش از هزار دستگاه NMR ساخته و هزاران متخصص اسپکتروسکوپی روانه عرصه بین المللی شدند و بدین ترتیب اسپکتروسکوپی پیشرفت کرد. محققین، انواع و اقسام آزمایشها و تجزیه و تحلیلهای NMR را به صورت In vitro انجام دادند. اما بکارگیری آن برای تصویربرداری از بدن انسان از لحاظ آنها نه تنها غیر ممکن بلکه امری بسیار احمقانه بود.

دکتر ریموند دامادین (Raymond Damadian)

در سال ۱۹۷۰ پزشک و فیزیک دان آمریکایی به نام دکتر ریموند نامادین که فردی بسیار فهیم و آینده نگر بود تصمیم گرفت اسکتری را برای تصویربرداری از بدن انسان بسازد. و همین مسئله ، نقطه عطفی را در دنیای تصویربرداری به وجود آورد. او در آزمایشهای خود، سلولهای بدخیم را از طریق جراحی وارد بدن موشها نمود و سپس آنها را مورد آزمون NMR قرار داد. دامادین متوجه شد که بافت توموری موشها به تحریک مغناطیسی پاسخ می دهد و اگر موشها را با یک پالس تشدید کننده بمباران کند هنگامی که گشتاور دو قطبی های مغناطیسی به حالت تعادل و آرامش می رسند هر یک از بافتهای سالم و توموری یک نوع سیگنال خاص خود را منتشر می کنند.

این سیگنالها بر حسب اینکه مربوط به بافتهای سالم یا ناسالم باشند می توانند کنتراست خاصی را بر روی تصویر ایجاد کنند. همین مسئله باعث شد تا فکر ساخت دستگاه تصویربرداری به مغز وی خطور کند. البته سالها قبل از دامادین، فلیکس بلوچ، اصطلاحات T1 ، T2 را برای نشان دادن مقدار زمانهای استراحت بکار برده بود. دکتر دامادین در اوایل دهه ۱۹۷۰ متوجه شد که ساختمان آب در تصویربرداری MRI عنصری بسیار حیاتی است. زیرا هر مولکول آب در واقع یک دو قطبی بسیار قوی است (قطب شمال و جنوب) علت آن است که الکترونهاى مدار هیدروژن زمان بیشتری را در مدارهای اطراف اتم اکسیژن می گذارند این وضعیت باعث ایجاد یک منبع قوی برای تولید سیگنالهای MR می شود. دامادین ثابت کرد سیگنالهای فوق را می توان به صورت تصویری مخصوص، آشکار کرد و ثبت نمود.

دامادین به ارزش تشخیصی این اشعه مغناطیسی القا شده پی برد. او و همکارانش جهت تصویربرداری کل بدن انسان (Whole body) مدت ۷ سال را برای طراحی و ساخت اولین اسکتر MRI صرف کردند. پس از فراز و نشیبهای فراوان بالاخره درروز سوم ژولای ۱۹۷۷ اولین تصویر دانسیته پروتون (Proton density) از بدن

تصویربرداری فوق که به صورت اگزیال بود به مدت ۴ ساعت و ۴۵ دقیقه طول کشید. در این آزمون بیمار بایستی در هنگام تصویربرداری از لحاظ فیزیکی ۱۰۶ مرتبه بر روی یک تخت حرکت داده می شد تا تهییج فضایی (Spatial excitation) صورت می گرفت. طبقه گفته خود دکتر دامادین، چیزی که او را در این مدت ۷ سال یاری می داد تنها قدرت و ایمان مذهبی درونیش بود. دکتر دامادین نام اولین اسکنر خود را سرکش (Indomitable) گذاشت که در واقع نشان دهنده عزم، بی باکی و خستگی ناپذیری او در ساخت دستگاه مذکور بود. این دستگاه اکنون در مرکز تکنولوژی اسمیتسون واشنگتن (Smithson institute of technology) قرار دارد. دکتر پل لاتربور (PAUL LAUTERBUR.Ph.D)



دکتر لاتربور در حیطه اسپکتروسکوپی با لوله های آزمایش دارای موفقیت های چشمگیری بود. اما نمی توانست مسئله ضروری بودن خلوص ماده را برای بدست آوردن تجزیه اسپکتروسکوپی نادیده بگیرد. او می دانست که با استفاده از اصول NMR می توان یک سری راهکارهای عملی جهت تهییج قسمتهایی از نمونه مورد آزمایش ارائه داد، سرانجام او به این نتیجه رسید که اگر بتوان میدان مغناطیسی گرادیان دار ضعیف و کنترل شده ای را بر روی میدان مغناطیسی استاتیک (Static) قویتری همپوشان کرد، آنگاه می توان برشی از نمونه با همان مقدار فرکانس را مجزا نمود، سیگنالهای آنرا آشکار کرد و نهایتاً به صورت یک تصویر درآورد. برای اثبات این اندیشه، او به مدت چند هفته تحقیقات و آزمایشهای طاقت فرسایی را انجام داد و بالاخره متقاعد شد که :

- 1- با استفاده از سیگنالهای NMR می توان برش مغناطیسی را به وجود آورد.
- 2- مقدار این سیگنالها جهت بکارگیری اصول انتقال فوری (FT) برای تشکیل تصویر کافی است.
- 3- برای بهبود کیفیت تصاویر، باید میدان مغناطیسی به اندازه کافی یکنواخت باشد.

در سال ۱۹۷۲ دکتر لاتر بور به منظور تصویربرداری از قسمتهای دلخواه حیوانات و گیاهان مختلف، گرادیانهای Gx و Gy و Gz را طراحی و از آنها استفاده نمود و بدین ترتیب قسمتی از وظیفه دشوار امتزاج و تکمیل سه تئوری فوق الذکر را به انجام رساند.

در سال ۱۹۸۸ رونالد ریگان (Ronald Reagan) رئیس جمهور وقت آمریکا، نشان ملی تکنولوژی (National Medical of Technology) را به دکتر دامادین و دکتر لاتربور، تقدیم کرد. این جایزه که ارزنده ترین جایزه ملی امریکا محسوب می شود به دلیل سهم قابل توجه آنها در ارتقای تکنولوژی و گسترش رفاه ملی تقدیم ایشان گردید.

دانشمندان و فیزیکدانهای سراسر جهان نیز تحقیقاتی را به طور مداوم انجام می دهند و دانش پیشینیان خود را بهبود می بخشند. دنیای MRI مرهون افراد بیشماری است که از برجسته ترین آنها می توان به افراد زیر اشاره کرد.

دهه ۱۹۵۰ : دکتر اروین هان (Ervin Hahn) به خاطر کشف پالس سکانس اسپیناکوی هان کشف او چنان

دگرگون کننده بود که نمی توان آن را با سایر کشفیات مقایسه نمود. او هم اکنون در دانشگاه برکلی (Brekeley) است.

دهه ۱۹۶۰: دکتر ارنست (R.R.Ernst) او با ابداع محور مختصاف فاز (Phase) و فرکانس (Frequency) بر روی شبکه ماتریکس MR، حساسیت آشکارسازی سیگنالهای MRI را افزایش داده و همینطور از تبدیل فوریه در روند تصویربرداری فضایی (Spatial imaging process) استفاده نمود. علاوه بر آن، حساسیت و تعادل بین زاویه چرخش (Flip angle) را افزایش داد. قابل ذکر است که زاویه چرخش، اساس تصویربرداری سریع را تشکیل می دهد. دکتر ارنست هم اکنون در شهر زوریخ سوئیس زندگی می کند. دهه ۱۹۸۰: سرپیتر هانسفیلد (Sir peter Mansfield) هانسفیلد اهل ناتینگهام انگلستان بوده و به دلیل کشف تصویربرداری گرادیان اکو در مقابل تصویربرداری مولتی اکو مشهور است. تصویربرداری گرادیان اکو مقدمه ای ضروری برای تصویربرداری MRI به طریق Real time می باشد. سرپیتر هانسفیلد به دلیل سهم زیادی که در تصویربرداری MRI داشت از طرف ملکه الیزابت دوم مفتخر به دریافت لف شوالیه (Knighite) شد.

وضوح

بلافاصله بعد از ابداع سیستم MRI دستگاه های مذکور با سرعتی بی سابقه طراحی و ساخته شدند و بدین ترتیب دامادین و لاتر بور توانستند افراد بیشتری را نسبت به این سیستم خوشبین نمایند. امروزه بیش از دو هزار دستگاه MRI در ایالات متحده امریکا و تقریباً همین مقدار در دیگر کشورها وجود دارد. در ابتدا دستگاه های MRI تنها در ایالات متحده ساخته می شدند اما طولی نکشید که این صنعت به سایر نقاط جهان نیز کشیده شد.

هر یک از صادر کنندگان دستگاه های MRI نیز می خواستند که در بازار رقابت، موفقیت بهتری را بدست آورند و بدین ترتیب بازار رقابت بین المللی MRI گرم شد و در نتیجه آن اصطلاحات جدید و واژه های گیج کننده به حوزه تکنیکی آن وارد شد. اپراتورها نیز در ابتدا با مشکلات زیادی توانستند زبان MRI را تثبیت کنند. در نهایت، با افزایش تولید دستگاه های MRI و پراکندگی زیاد آن در سراسر کشور ایالات متحده، شکاف بین بخش صنعت و مرکز تصویربرداری MRI زیاد شد. سازندگان دستگاه های MRI برنامه های آموزشی پر سرو صدایی را به مدت یک تا دو هفته برای کارکنان ثابت MRI ترتیب دادند اما برخی از آنها هیچگونه آشنایی بامشاغل بهداشتی نداشتند. مشکلاتی که در رابطه با پروتکل ها و مسائل حفاظتی پیش می آمد معمولاً از طریق تلفن به نزدیک ترین اداره مرکزی کارخانه سازنده اطلاع می دادند و پاسخ می گرفتند. حتی با تجربه ترین اپراتورها نیز نمی توانستند که در هنگام مواجه با بیماران مبتلا به هیجانهای کلاستروفوبیا (تونل ترسی) چگونه از کامپیوتر استفاده کنند و یا در چه مواردی باید کنتراست تصویر را برای مشاهده ضایعه ای خاص افزایش دهند.

امروزه قدرت مغناطیسی دستگاه های MRI را در سه سطح ضعیف، متوسط و قوی می سازند که هر کدام دارای مزایا و نقص های خاص خود می باشند اما با ابداع مواد حاجب تزریقی، دستگاه های MRI فوق هادی (Super conducting) با قدرت مغناطیسی بالا به عنوان مطلوب ترین روش تصویربرداری برای مشاهده ضایعات عصبی مطرح شدند. این مواد حاجب به منظور افزایش کنتراست تصاویر ساخته شده و در سال ۱۹۸۸ مورد تایید FDA قرار گرفتند.

پیشرفتهایی که در زمینه های الکترونیک و نرم افزارهای کامپیوتری MRA اتفاق افتاده باعث شد تا موارد

کاربرد تصویربرداری نیز افزایش پیدا کند. به عنوان مثال امکان تصویربرداری از عروقی که به نام آنژیوگرافی تشدید مغناطیسی یا MRA معروف است فراهم شد. البته با وجود اینکه MRA هنوز در مراحل ابتدایی خود می باشد اما موضوعی است که علاقه و نظر بسیاری از افراد را به خود جلب کرده و در برخی موارد به عنوان راه حل نهایی انتخاب می شود. به طور کلی امروزه سیستم های تصویربرداری به طرف تصویربرداری غیرتهاجمی از شبکه عروقی بدن پیش می روند. این نوع تصویربرداری ها قادرند که آناتومی عروق مغزی را نشان دهند و همینطور میزان جریان خون آنها نیز محاسبه می نمایند. در حال حاضر چند نوع تصویربرداری MRA وجود دارد که از مهمترین آنها می توان به دو تکنیک Time of Flight (TOF) و Phase Contrast اشاره نمود. با بکارگیری صحیح گرادیان اکو (gradient echoes) ، پیش اشباع (Presaturation) اسکن سریع (fast scan) ، پالس spoiler reminder و پالس آماده کننده (Preparatory Pulses) می توان کیفیت تصاویر را افزایش داد.

کیفیت تصاویر را افزایش داد.

برگرفته از کتاب جامع رادیولوژی