

توموگرافی کامپیوتری مغز

Computed Tomography of the Brain

مجله نظام پزشکی

سال ششم، شماره ۱، صفحه ۱۲، ۲۵۳۶

دکتر منصور تفضلی - دکتر کاظم عباسیون*

مقدمه:

روشهای متداول رادیوگرافی، قادر به تمایز بافتهای مختلف با تراکم «دانسته» نزدیک بهم نیستند. فقط با بکار بردن مواد حاجب و گرفتن رادیوگرافیهای متعدد که مستلزم تشعشع زیاد به بیمار میباشد، این امر تا حدی امکان پذیر است. در سال ۱۹۷۳ G.N. Hounsfield در آزمایشگاه مرکزی شرکت E.M.I. انگلیسی با ارائه روشی انقلابی تحول عظیمی در تشخیص رادیولوژیائی بافتهای تراکم نزدیک بهم بوجود آورد (۸).

این روش را:

Computer Assisted Transverse Axial Tomography یا Computed Tomography Scan (C.T. Scan) مینامند. در ابتدا این روش در تشخیص ضایعات مغز و کاسه چشم (Orbit) بکار برده میشد (۱). لیکن امروزه با تکمیل دستگاه بصورت Whole Body Scanner در تشخیص ضایعات سایر نقاط بدن نیز بکار میرود (۱۴-۱۳-۹).

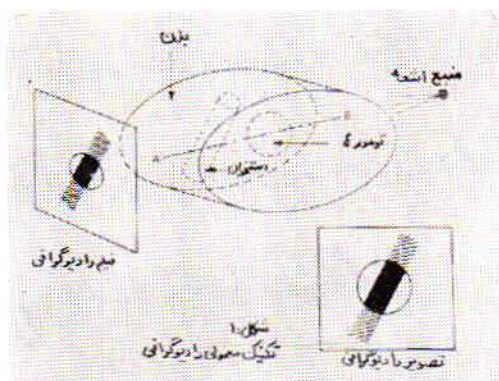
گزارشهای مختلف از کشورهای اروپا و آمریکا (۱ و ۳ و ۱۰ و ۱۲ و ۱۵) و همچنین تجارب ما در دانشکده پزشکی داریوش کبیر، این نکته را کاملاً به اثبات رسانیده که این روش در تشخیص بیماریهای دستگاههای مختلف بدن بخصوص دستگاه اعصاب مرکزی دارای اهمیت فوق العادهای است.

اصول کار و شرح دستگاه:

در تکنیک رادیوگرافی معمولی سه عامل یعنی منبع اشعه ایکس، بدن و فیلم دخالت دارند. اشکال این روش اینست که از یک شیئی

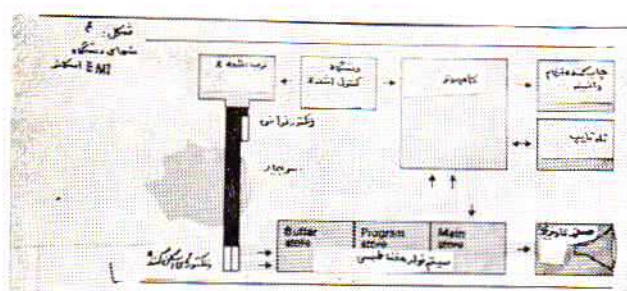
* دانشکده پزشکی داریوش کبیر - دانشگاه تهران.

سه بعدی تصویری دوبعدی روی فیلم ظاهر میگردد و در نتیجه تمام جزئیات ساختمان بدن در سطوح مختلف، روی هم ثبت می شود (شکل ۱).



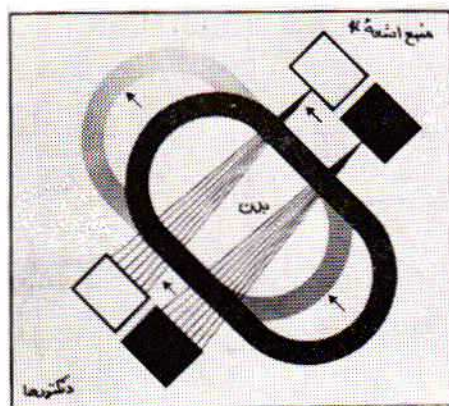
شکل ۱ - روش رادیوگرافی معمولی.

این اشکال تا حدی با استفاده از توموگرافی معمولی رفع میشود در این روش منبع اشعه و فیلم رادیوگرافی هر دو متحرکند بطوریکه فیلم رادیوگرافی فقط تصویری از یک لایه بدن را نشان میدهد. این روش نیز بنوبه خود خالی از اشکال نیست چون اطلاعاتی که با بکار بردن مقدار معینی از اشعه بدست می آید ناقص است و بعلاوه اینکه اشعه از نواحی اطراف هر لایه نیز عبور میکند تصاویری از اطراف لایه روی فیلم دیده خواهد شد که از نظر تشخیص مورد لزوم نیست و ضمناً قسمت زیادی از بدن نیز تحت تشعشع قرار میگیرد (شکل ۲). نظر باینکه مغز بطور کامل بوسیله استخوان جمجمه که دارای تراکم خیلی بالا است احاطه شده، بررسی رادیوگرافیائی آن مشکل میباشد. روشهای مختلف

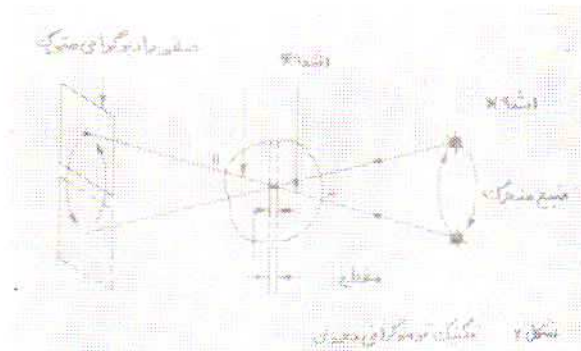


شکل ۴- شمای دستگاه EMI.

پلایر (Photomultiplier Tube) تبدیل به نشانه‌های الکتریکی و تقویت می‌گردد (شکل ۴). اشعه ایکس از یک لوله کولیماتور کوچک بصورت یک پرتو خیلی باریک به سر بیمار می‌تابد و از آن عبور می‌کند. قطر لایه‌ای از سر بیمار که در مسیر اشعه قرار می‌گیرد معمولاً ۱۳ میلیمتر می‌باشد. منبع اشعه ایکس در یک طرف و دتکتورها در طرف مقابل آن در روی یک دستگاه و در اطراف سر بیمار قرار می‌گیرد بطوریکه بعد از اینکه اشعه ایکس از سر بیمار عبور کرد بوسیله دتکتورها دریافت می‌شود. دتکتورها دو ردیف می‌باشند که رویهم قرار گرفته‌اند بطوریکه در یک زمان دو قطع عرضی مجاور هم هر کدام به ضخامت ۱۳ میلیمتر مورد بررسی و ضبط قرار می‌گیرند (شکل ۹). یک دتکتور سوم نیز وجود دارد که شدت اشعه اولیه را بی آنکه از مغز عبور کند اندازه می‌گیرد (Reference Detector). لوله اشعه ایکس و دتکتورها در مقابل هم در دو طرف سر بیمار قرار دارند و از یک طرف بطرف دیگر در اطراف سر بیمار حرکت می‌کنند (شکل ۵). هر دتکتور ۱۶۰ دفعه شدت اشعه ایکس را در بافت مغز می‌خواند. سپس دستگاه (Gantry) یک درجه می‌گردد و دوباره این حرکات تکرار می‌شود. (شکل ۶).



شکل ۵- طرز حرکت لوله اشعه X و دتکتورها در اطراف سر بیمار.

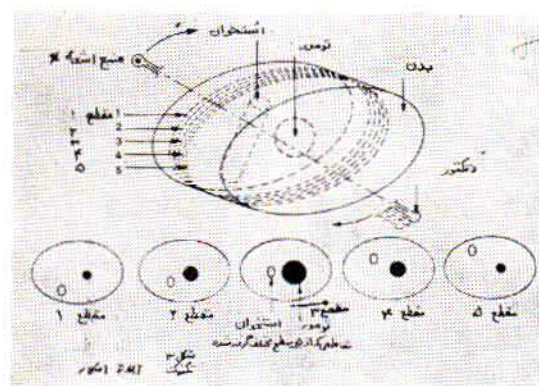


شکل ۲- روش توموگرافی معمولی.

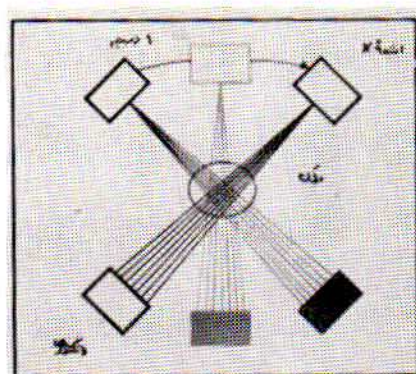
رادیولوژیایی در نشان دادن ضایعات مغز که تاکنون از آن استفاده شده است از قبیل آرتریوگرافی سرخرگ کاروتید، پنومو-آنسفالوگرافی و سنتیگرافی مغز دارای مخاطراتی می‌باشد و ضمناً احتیاج به بستری شدن بیمار در بیمارستان دارد و همچنین از وجود گروه مجهز باید استفاده کرد. چنین اشکالاتی در روش توموگرافی کامپیوتری وجود ندارد.

در توموگرافی کامپیوتری تصاویری از لایه‌های مجاور یک عضو برتیبی که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است، به دست می‌آید. اشعه ایکس که بوسیله کولیماتور خیلی دقیق محدود شده است مقاطع عرضی مغز را بررسی و ضبط می‌کند. مقداری از فوتون‌های اشعه ایکس بوسیله بافت‌های مختلف و بقیه فوتونها پس از عبور از مغز بوسیله بلورهای یدورسیدیم (Sodium Iodide) و یا جدیداً بلورهای زنون (Xenon Gas) جذب و پس از تقویت بوسیله دستگاه‌های تقویت کننده اندازه گیری می‌شود (۷۰۸).

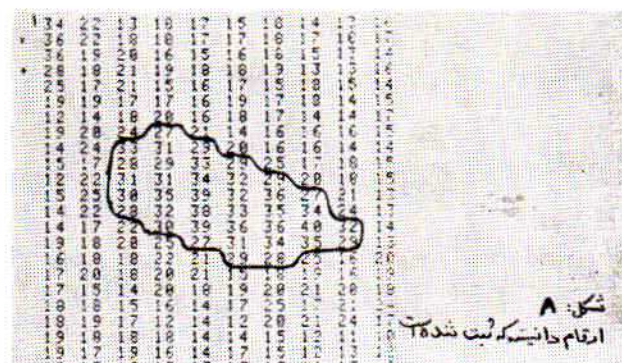
بلورهای یدورسیدیم در اثر برخورد فوتونها بارتعاش درمی‌آید (Scintillation) و انرژی نورانی ایجاد شده بوسیله فوتومولتی



شکل ۳- روش توموگرافی کامپیوتری (Computed tomography Scan)



شکل ۶- درجات چرخش در اطراف سر بیمار یا بدن.



شکل ۸- ارقام تراکم که ثبت شده است (Line Printer). در اینجا ارقام وسط ناحیه‌ای که مشخص شده، مربوط به تومور می باشد که بالاتر از بافت مغز طبیعی اطراف آن است.

این اطلاعات که بصورت (Cell Matrix) مجموعه سلولی می باشد در روی یک صفحه تلویزیون (Cathod Ray Tube) نمایش داده میشود.

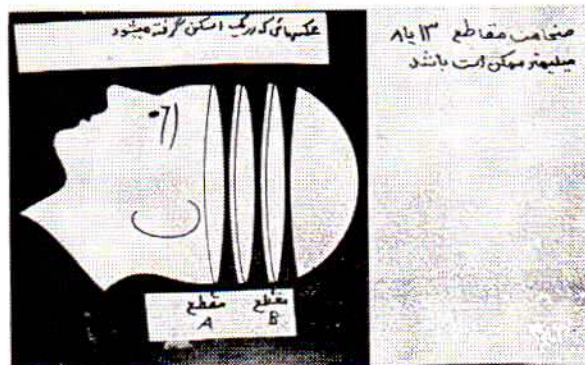
البته ممکن است این ارزشهای جذبی را بصورت اعداد روی یک صفحه کاغذ نیز ضبط نمود (Line Printer). (شکل ۸)

مقداری که دستگاه میتواند اندازه گیری کند بطور طرح (شماتیک) در شکل ۷ نشان داده شده است. این جدول دامنه ارزش جذبی بافتهای مختلف را که معمولا در رادیوگرافی با آن روبرو هستیم نشان میدهد. البته این ارزشها قراردادی میباشند، بدین معنی که برای آب ارزش جذبی صفر و برای استخوان ۱۰۰۰+ و برای هوا ۱۰۰۰- را انتخاب میکند.

بنابراین مراتب فوق تصویر مغز بوسیله اندازه گیری مقدار اشعه‌ای که بوسیله هریک از سلولها (Cell Matrix) جذب میشود، بدست میآید.

انواع مقاطع:

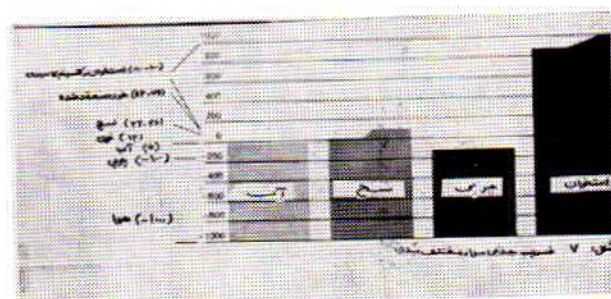
برای ساختمانهای بالای چادر مخچه (Supra-Tentorial) یک سری اسکن سه تایی (۲۹۱) گرفته میشود که بترتیب ۳، ۵/۵ و ۸ سانتیمتر بالای خط بازال یا اوربیتوما تا قرار دارند این سه اسکن شامل ۶ مقطع هریک به ضخامت ۱۳ میلیمتر می باشد (۳ زوج).



شکل ۹- در یک اسکن دو مقطع گرفته میشود که شامل مقطع A و مقطع B می باشد. یک اسکن کامل مغز شامل ۳ یا ۴ اسکن است.

این حرکات عرضی در اطراف سر بیمار بزوایای یک درجه تا ۱۸۰ درجه ادامه پیدا میکند و در حدود ۴/۵ دقیقه طول میکشد (در نمونه‌های جدید این مدت را به ۵ ثانیه نیز رسانده‌اند).

در طی این حرکات هر دکتور $28800 = (160 \times 180)$ دفعه شدت اشعه را در بافتها میخواند و ضبط می کند و همانطوریکه گفته شد دولایه مجاور باین ترتیب مورد آزمایش قرار میگیرند. اطلاعاتی را که دکتور به هنگام اسکن بدست میآورد بطور مداوم یک کامپیوتر کوچک میدهد. این کامپیوتر فوراً اطلاعات کسب شده را محاسبه می کند باین معنی که $25600 = (160 \times 160)$ ارزش جذبی بافت (Absorption Coefficient) که در هر لایه قرار دارد، اندازه گیری میشود. سپس این اطلاعات در یک دیسک ذخیره میگردد. این ارزشهای جذبی سپس بر روی هم تصویر انتهائی را از یک لایه مورد نظر بما میدهند که بصورت $25600 = (160 \times 160)$ نقطه عکسبرداری شده، می باشد. هر نقطه عکسبرداری معرف ارزش جذبی حجمی از بافت معادل ۱/۵ میلیمتر در ۱/۵ میلیمتر ضرب در ضخامت لایه می باشد. بنابراین پس از اتمام اسکن کامل مجموعه که اغلب ۳ مقطع یک جفتی و بعضی موارد ۵ مقطع می باشد، متجاوز از یک ربع میلیون از مغز عکسبرداری میشود.



شکل ۷- جدول ضریب جذبی (Absorption Values) مواد مختلف بدن.

فروتال و قسمتی از سیستم اینسولا (Insular Cistern) در دو طرف سیستم سوپراسلار - تنه مغز و قسمتی از بطن چهارم و ورمیس مخچه دیده میشود. لوب گیجگاهی «تامپورال» در دو طرف نیز دیده میشود. (شکل ۱۱ B).

در مقطع ۲A: شاخ فروتال بطن‌های جانبی سیستم اینسولای دو طرف و بطن سوم در خط وسط بصورت یک شیار باریک دیده میشود. سیستم کوادری ژمینال و سیستم آمبینی در طرفین آن و در قسمت خلفی بخشی از لوب پشت‌سری نیمکره‌های مغز نمایان میگردد (شکل ۱۱ A). البته محل تشریحی بسیاری از قسمتهای دیگر مغز را نیز در این مقطع میتوان دید.

در مقطع ۲B: شاخ پیشانی و کمی از شاخ جانبی بطن‌های طرفی و سپتوم پلوسیدم در وسط و تالاموس و بطن سوم و غده پینهال که همیشه بصورت یک نقطه سفید (بعات کلسیفیکاسیون) در خط وسط دیده میشود و تریگون بطن‌ها و لوب پشت‌سری در عقب و لوب‌های پاریتال در دو طرف دیده میشوند. (شکل ۱۱ B).

در مقطع ۳A کمی از سیسور بین نیمکره‌ای در قسمت قدامی و بطن‌های طرفی و شاخ پشت‌سری آنها دیده میشوند. (شکل ۱۱ A).

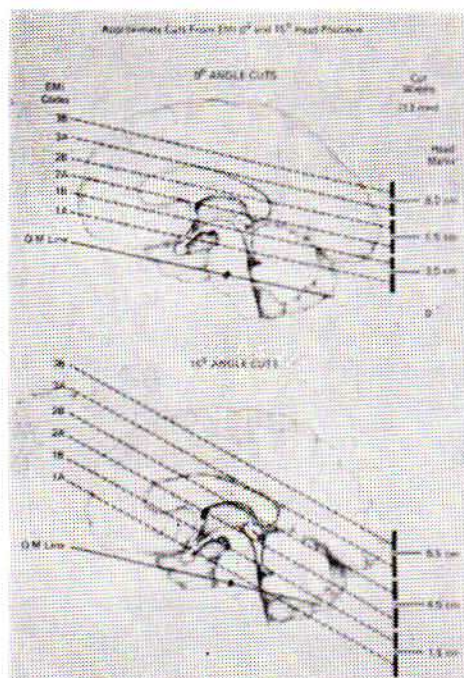
در مقطع 3B تمام سیسور بین نیمکره‌ای پیشانی بافت خاکستری مغز و شیارهای کورتکس مغزی و داس مغز در وسط دیده میشود. (شکل ۱۱ B).

در بعضی موارد لازم است یک مقطع دیگری (4A و 4B) از قسمت کاملاً فوقانی جمجمه گرفته شود تا ضایعات سقف جمجمه (Vertex) کاملاً نمایان گردد.

موارد استعمال بالینی

در نورولوژی ضایعات شایعی که احتیاج به بررسی دارند در یکی از گروه‌های نئوپلازی‌ها، همتوما، انفارکتوسها و عوارض عفونی قرار میگیرند. البته خیز مغز که اکثراً با این ضایعات همراه است و باعث تغییر وضع بالینی بیمار میگردد نیز باید بررسی شود.

در تفسیر عکسهای تهیه شده بطریق توموگرافی کامپیوتری باید ساختمان اصلی ناحیه مورد نظر را شناخت. شکل، اندازه و محل آنرا مشخص کرد و بعد تغییراتی را که در تراکم (دانسته) ممکن است بوجود آمده باشد بررسی نمود. معمولاً یک ضایعه فضاگیر تغییر محل یا تغییر شکل در سیستم بطن‌های مغز میدهد که در تشخیص نوع ضایعه مورد استفاده قرار میگیرد.



شکل ۱۰- طرح مقطعی که از سر بیمار در طی اسکن مغز گرفته میشود.

برای ضایعات مخچه یا حفره خلفی مغز از مقطعی که ۳ یا ۳/۵ سانتیمتر بالای خط بازال میباشد و یک زاویه ۱۵ یا ۲۰ درجه نسبت به خط مزبور دارند استفاده می‌گردد (سر بیمار به جلو خم میشود) (شکل ۱۰).

برای ضایعات چشم (Orbit) دواسکن بعرض ۸ میلیمتر تا ۱/۵ سانتیمتر بالای خط بازال گرفته میشود. در این مورد سر بیمار ۱۰ تا ۱۵ درجه بطرف عقب خم میشود (۳).

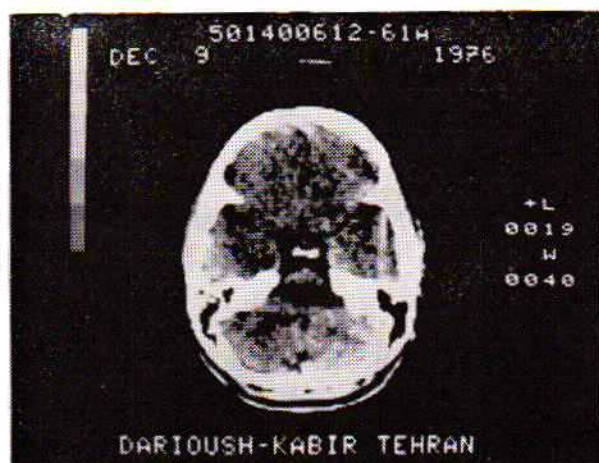
مقطعی که بترتیب از قاعده به سقف جمجمه گرفته میشوند:

مقطع اول {	1A	مقطع دوم {	2A
	1B		2B
مقطع سوم {	3A	مقطع چهارم {	4A
	3B		4B

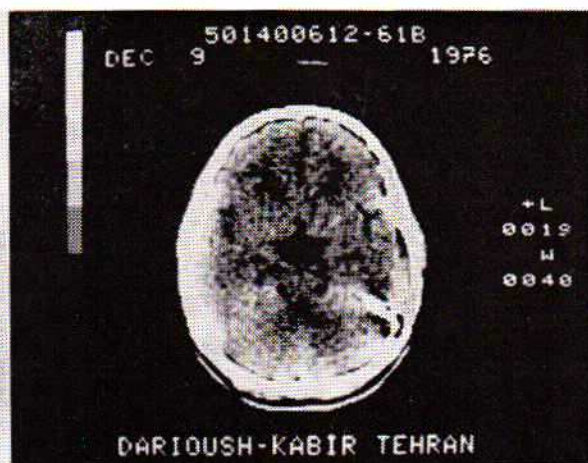
نامگذاری شده‌اند.

تشریح طبیعی مغز بوسیله توموگرافی کامپیوتری :

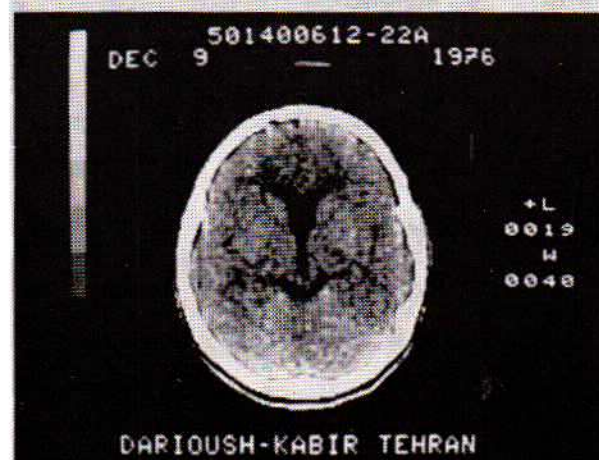
بعلم اینکه اندازه و شکل جمجمه در اشخاص مختلف متفاوت میباشد در اینجا بشرح روابط تشریحی و شکل ساختمان‌های مختلف مغز که در یک سری اسکن مناسب دیده میشود، می‌پردازیم (۷). مقطع اول ۱A و ۱B نامیده میشود: در مقطع ۱A بترتیب از جلو لوب فروتال مغز سیستم کیاسماتیک که زوایا صریحی قدامی و خلفی و توبر کولوم سلا اغلب در آن خود نمائی میکنند، دیده میشود. در قسمت خلفی سیستم سر بلو پوتین، بطن چهارم و سیستم ماگنا را می‌بینیم (شکل ۱۱ A). در مقطع ۱B لوب



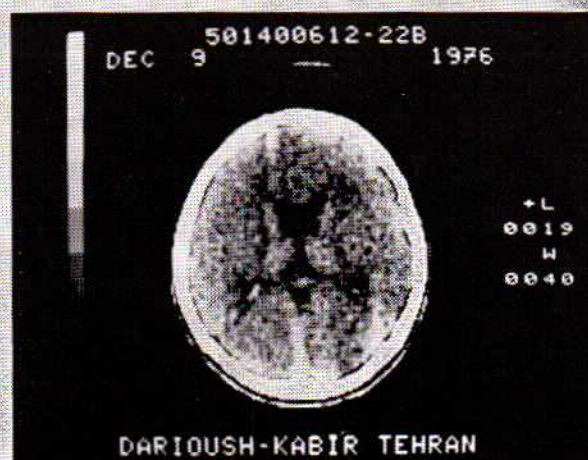
1A



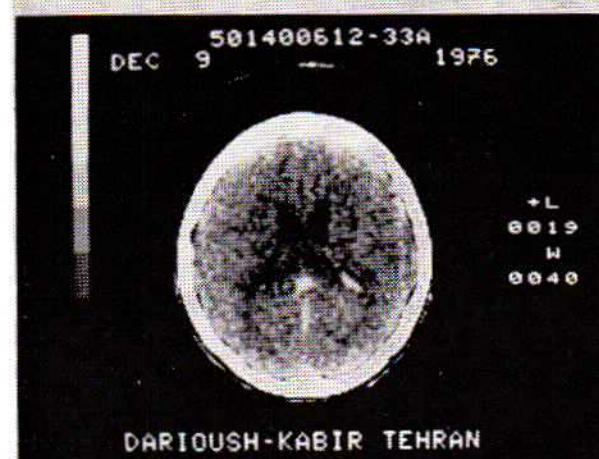
1B



2A



2B



3A

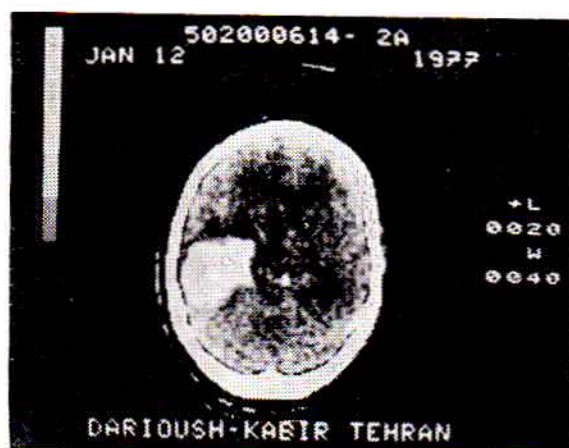


3B

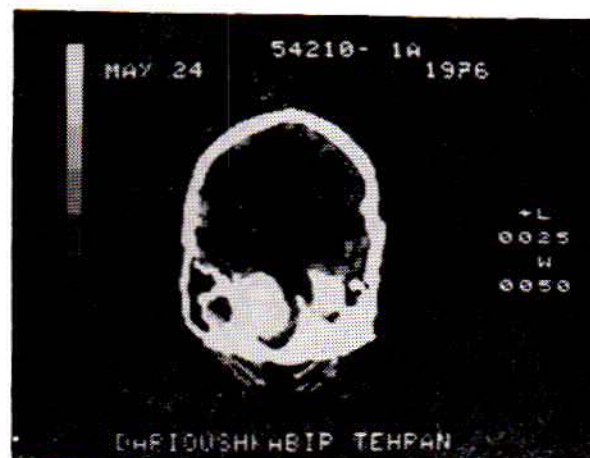
شکل ۱۱- مقاطع اسکن در یک سری اسکن طبیعی.

۲- ضایعاتی که تراکم نسبی آنها از بافت طبیعی مغز کمتر است.
۳- ضایعاتی که تراکم نسبی برابر با بافت طبیعی مغز دارند.
در گروه اول وجود بلورهای کلسیم در ایجاد تراکم بالاتر از

تغییرات غیر طبیعی بافت مغز را بر حسب اختلاف تراکم ضایعه نسبت به مغز سالم، سه گروه میتوان تقسیم کرد (۲).
۱- ضایعاتی که تراکم نسبی آنها از بافت طبیعی مغز بالاتر است.



شکل ۱۳- خونریزی تازه داخل بافت مغز در نیمکره چپ.

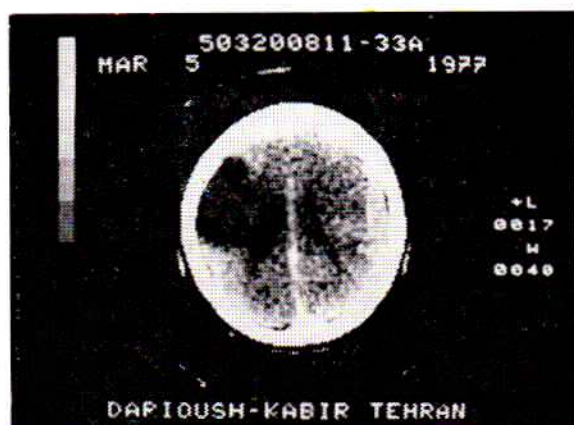


شکل ۱۴- تصویر یک منتریوم در طرف چپ حفره خلفی مغز در ناحیه مخچه دیده میشود. تراکم آن شدیداً بالاتر از مغز است که بعلمت کلسیفیکاسیون میباشد.

هماتومهای درون جمجمه‌ای مزمن بعلمت آبکی بودن و تراکم کم مشخص میگردد. مثلاً هاتوم سودورال مزمن بصورت یک ناحیه هلالی شکل تیره روی بافت خاکستری قشر مغز و زیر جمجمه مشخص میشود (۱۰).

گروه سوم: در این گروه ضایعاتی قرار گرفته‌اند که تراکم نسبی آنها برابر بافت طبیعی مغز می‌باشد و نتیجتاً تشخیص آنها مشکل می‌شود. اگر این ضایعات فضاگیر و بزرگ باشند بعلمت تغییر محل بطنها بوجود آنها میتوان پی‌برد، ولی شکل و اندازه و محل دقیق آنها در اسکن معمولی نمیتوان مشخص نمود. در مورد ضایعات کوچک‌تر که در محیط مغز قرار گرفته باشند، ممکن است تغییری در بطنها بوجود نیاورند و در نتیجه شناخته نشوند.

این گونه ضایعات را بعلمت اینکه سبب بهم خوردن Blood Brain Barrier (B.B.B.) میگرددن با تزریق ماده حاجب داخل ورید (Contrast Enhancement) میتوان مشخص کرد (۲ و ۷).



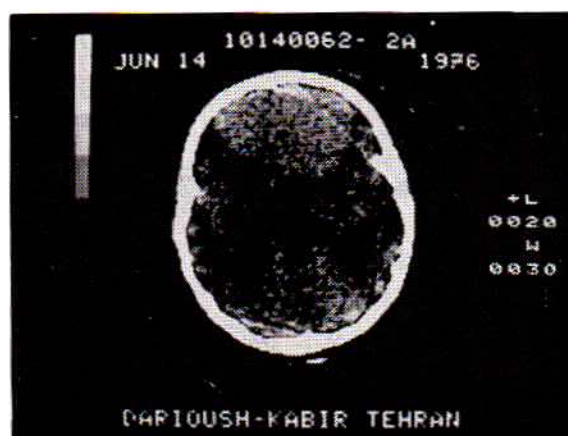
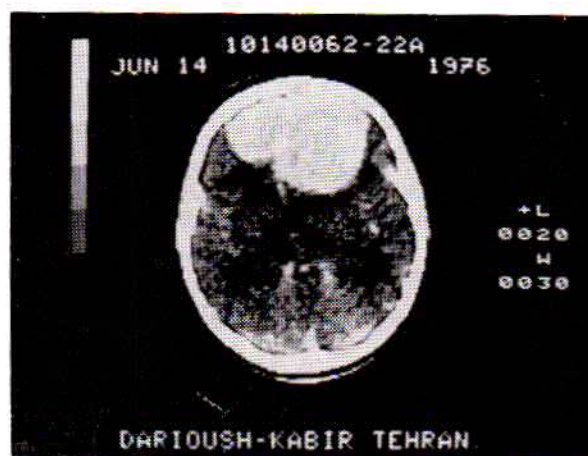
شکل ۱۴- آثار کتوس قدیمی (حدود ۲ ماه) بافت مغز در نیمکره چپ.

طبیعی مؤثر میباشد. منتریوم، استروسیتوم‌های با درجه بدخیمی کم، الیگودندروگلیوم و اپاندیموم ضایعات نئوپلازیک هستند که ممکن است در این نوع اسکن بصورت نواحی سفید نشان داده شوند. در آنژیوم، انورسمهای بزرگ، کرانیوفارنژیوم و ضایعات عفونی کلسیفیکاسیون ممکن است با اندازه‌ای باشد که تراکم این نوع ضایعات را بیشتر از تراکم مغز طبیعی کند و در نتیجه این ضایعات در اسکن کاملاً مشخص گردند (شکل ۱۲).

خونریزی‌های حاد درون جمجمه (اتراسربرال، اترواتریکولر سودورال و اکسترا دورال) بعلمت انعقاد خون و جذب سرم با تراکم بیشتر از مغز مشخص میگردد. هموگلوبین و یونهای کلسیم نقش مهمی را در این ازدیاد تراکم ایفاء مینمایند (۳ و ۴) (شکل ۱۳).

از نمونه ضایعات گروه دوم: انفارکتوس‌های مغز (۴) نکروزهای شدید در تومورهای بدخیم که منجر به تشکیل کیست‌های بزرگ و کوچک میشوند، ضایعات استحال‌ای «دژنراتیو» و تجمع مایع و خیز میباشد که در اسکن بصورت نواحی تیره‌تر نمایان میگرددند (شکل ۱۴). علاوه بر تغییر تراکم در این گروه محل ضایعه، تغییر محل غده پی‌ثال و تغییراتی که در جدار بطنها پیدا میشود، کمک به تعیین نوع ضایعه مینماید.

البته تشخیص بعضی از تومورها بعلمت محل نسبتاً ثابت (کرانیو-فارنژیوم کیستیک) و یا ویژگیهای ساختمانی مثلاً وجود چربی در تومور که تراکم آن خیلی کمتر از تراکم مغز و حتی مایع نخاع است، (اپی‌درموئید و کلسستاتوم) با سهولت بیشتری انجام میگردد (۱۱).



شکل ۱۵- الف: آستروسیتوم ناحیه فرونتال در اسکن کامپیوتری بدون ماده حاجب. ب: بعد از تزریق ماده حاجب داخل ورید، تومور بعلت فراوانی رگ‌ها شدیداً ماده حاجب را در خود نگه میدارد (Contrast enhancement).

ضایعات مهاجم، وسعت پراکندگی تومور را به سینوسهای پاراناژال و یا بدرون حفره جمجمه بخوبی می‌توان نمایان ساخت.

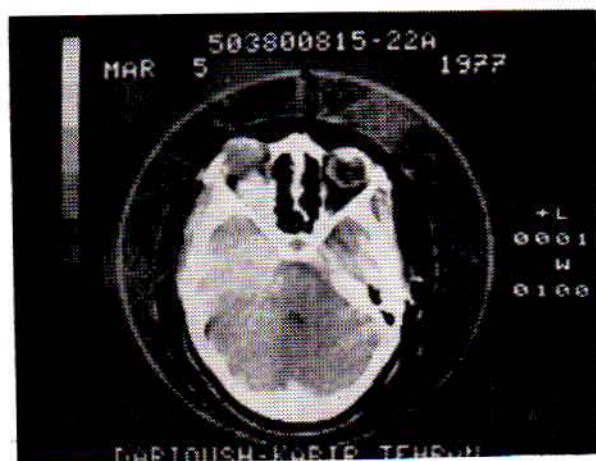
خلاصه:

در این مقاله تکنیک توموگرافی کامپیوتری که يك روش جدید پرتونگاری میباشد شرح داده شده است. در این روش اشعه‌ایکس از مغز بیمار عبور میکند و عکسهایی از زوایای مختلف میگیرد. سپس ارزشهای جذبی بافت و سایر موادی که در داخل سر بیمار قرار دارد، بوسیله کامپیوتر تجزیه و تحلیل و بصورت عکسهایی از نقاط مختلف سر بیمار نشان داده میشود. این روش تقریباً ۱۰۰ مرتبه حساس‌تر از روش پرتونگاری معمول میباشد، بطوریکه تغییرات بافت نرم با تراکم شبیه بهم را نشان میدهد. بطور قطع این روش انقلابی در مورد روشهای تشخیصی متداول بیماران مبتلا به ضایعات مغز و چشم بوجود آورده است.

وجود (B.B.B) سالم مانع دخول مواد با اتمهای سنگین بداخل بافت مغز میگردد. در عوارض مغز که باعث خراب شدن این سد میگردد، بطور مصنوعی میتوان مواد حاجب با اتمهای سنگین را بدرون بافت مغز داخل کرد و تراکم بافت را نسبت به مغز بالا برد. در عمل از تزریق داخل وریدی مواد حاجب نظیر اورو-گرافین بطریقی که در اوروگرافی معمول است، استفاده میشود. این ماده مستقلاً و یا همراه با پروتئینهای خون از طریق انتشار پاسیو یا انتقال اکتیو و یا (پی‌تئوسیتوز) از B.B.B عبور کرده و پشت غشاء بازال رگها رسوب مینماید. معمولاً پنج دقیقه بعد از تزریق داخل وریدی میتوان با اسکن مجدد وجود ضایعه را مشخص کرد که ممکن است تا چندین ساعت بهمان حال باقی بماند. (شکل ۱۵).

معمولاً تومورهایی که دارای رگهای فراوان هستند، مانند مننژیومها، بدین نحو بهتر نمایان میگردد. در حال حاضر در بیشتر مراکز بطور معمول بیمار را یکبار قبل از تزریق و یکبار بعد از تزریق ماده حاجب مورد اسکن قرار می‌دهند. علاوه بر بیماریهای ذکر شده در گروه‌های سه گانه فوق، توموگرافی کامپیوتری مغز در تشخیص و پی گیری ضایعاتی مانند هیدروسفالی و آتروفی مغز (۵) و سایر ضایعات استحالهای «دژنراتیو» دارای ارزش فوق العاده میباشد.

توموگرافی کامپیوتری از کاسه چشم کمک شایانی در تشخیص و تعیین محل ضایعات فضاگیر داخل کاسه چشم نیز کرده است (۶ و ۳). بعلت اختلاف تراکم زیاد بین چربی پشت کره چشم و عصب بینائی، این عصب را بخوبی میتوان دید و با تعیین محل ضایعه نسبت به کره چشم و عصب بینائی کمک زیادی به روش جراحی از طریق کرایوتومی و یا باز کردن جدار خارجی کاسه چشم نمود (شکل ۱۶). در مورد



شکل ۱۶- تومور پشت کره چشم در طرف چپ (گلیوم عصب بینائی).

سرعت ودقت تشخیصی آن فوق العاده میباشد و درعین حال عاری از عوارض ومخاطرات برای بیمار است .
 بادر نظر گرفتن این که اطلاعات کسب شده با این روش در اکثر موارد از اطلاعاتی که از مجموع یا هریک از روشهای تشخیصی دیگر از قبیل آنژیوگرافی، پنومو آنسفالوگرافی و سنتی گرافی بدست می آید ، بیشتر است و به این نتیجه می رسیم که از نظر اقتصادی هم مقرون به صرفه می باشد.

REFERENCES :

- 1- Ambrose, J. Computerized Transverse Axial scanning (tomography) Part 2 clinical application. British Journal of Radiology 46; 1023-1047. 1973.
- 2- Ambrose, J. Computerized X-Ray scanning of the Brain. Journal of Neurosurgery 40; 679-695. 1974.
- 3- Ambrose, J. Lloyd, G. S. and Wright, J. A. preliminary evaluation of fine matrix computerized axial Tomography (E.M.I.Scan) in the diagnosis of orbital space occupying lesions. British Journal of Radiology 47: 747-751. 1974.
- 4- Davis, K. R., Taveras, J.M., New, P.F., et al: Cerebral infarction diagnosis by computerized tomography, Am. J. Roentgenology 124; 643-660. 1975.
- 5- Fox, J.H., Topel, J.L., and Huckman, M.S.: Use of computerized tomography in senile dementia. Journal of Neurology, Neurosurgery and psychiatry 38; 948-953. 1975.
- 6- Gawler, J., Sanders, M. D. Bull, J.W.D. Du Boulay. G. and Marshal. J.: Computer assisted tomography in orbital Disease, British Journal of ophthalmology 58; 571-587. 1974.
- 7- Gawler, J., Bull, J.W.D., Du Boulay G.H. and Marshal, J., Computerized axial tomography. The normal E.M.I scan Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 38; 935-947. 1975.
- 8- Hounsfield, G.N., Computerized Transverse axial Scanning (Tomography) Part 1. Description of the system. British Journal of Radiology 46 : 1016-1022. 1973.
- 9- Kreel, L., The EMI whole body scanner, British Journal of Clinical equipement july 1976.
- 10- New, P.F., Scott, W.R., et al: Computerized axial Tomography with the EMI Scanner. Radiology 110: 109-123. 1974.
- 11- New, P.F., Scott, W.R., et al: Computed tomography with the EMI Scanner in the diagnosis of primary and metastatic intracranial neoplasms Radiology 114; 75-87. 1975.
- 12- Paxton, R. and Ambrose, J., The EMI Scanner, A brief Review of the first 650 patients. British Journal of Radiology 47: 530-565. 1974.
- 13- Stephens, D H., Hattery, R.R., Sheedy, P.F., Computed Tomography of the abdomen. Radiology 119: 331-335. 1976.
- 14- Sagel, S., Stanley, R.J., and Evens, R.G., Early Clinical experience with Motionless whole body computed Tomography. Radiology 119: 321-330. 1976.
- 15- Wortzman, G., Holgate, R.C., and Morgan, P.P., Cranial Computed tomography. An Evaluation of cost effectiveness. Radiology 117: 75-77. 1975.