

## "ساختار و عملکرد سی تی اسکن" قسمت اول



شکل ۱ - یک نمونه تصویر سی تی اسکن از کمپانی توشیبا

### سی تی اسکن یا توموگرافی کامپیوتری

سی تی اسکن ابزاری بنیادین در پزشکی و بخصوص تصویرسازی پزشکی محسوب می شود. سی تی اسکن سریع، بدون درد، غیرتهاجمی، امن، قابل تحمل و دقیق است. سی تی اسکن اطلاعات تشخیصی به دست آمده را به طور چشمگیری در مقایسه با تکنیک های متداول اشعه ایکس افزایش می دهد. این اختراع بزرگ توسط چندین نفر حاصل شده است. هانسفیلد تحقیقاتی را در مورد شناسایی الگویی و تکنیک های بازسازی که در کامپیوتر کاربرد دارد انجام داد. هانسفیلد از تحقیقات نتیجه گرفت که اگر یک دسته پرتو اشعه ایکس در تمام جهات از عضوی عبور کند و همه اشعه عبوری از عضو مورد نظر

اندازه گیری شود می توان اطلاعاتی در مورد ساختمان داخلی آن عضو به دست آورد. این تصاویر به صورت سه بعدی برای رادیولوژیست ها که قابل استفاده است ارائه می شود. در سال ۱۹۷۳ تا ۱۹۸۳ نصب دستگاه سی تی اسکن به طور چشمگیری در جهان افزایش یافت. دکتر روبرت لدلی اولین دستگاه سی تی اسکن تمام بدن را ساخت. هدف نهایی در سی تی تولید تصاویر با کیفیت بالا و حداقل دوز تابش و ناراحتی فیزیکی برای بیمار است و حصول این هدف به طراحی سیستم سی تی بستگی دارد که به نوبه نوبه خود به عملکرد اجزا سیستم وابسته است. محدودیت های اصلی رادیوگرافی با توموگرافی کامپیوتری حل شد. یکی از محدودیت ها در رادیوگرافی عدم توانایی تشخیص بین دو بافت با تراکم های مشابه است که توموگرافی کامپیوتری با برش دادن بخش های

نازک بدن با یک پرتو اشعه ایکس باریک که در اطراف بدن می‌چرخد، تصاویری از هر یک از بخش‌ها را برطرف می‌کند. پیشرفت‌ها در سی تی به تصاویر با وضوح بالاتر منجر شده‌اند که به تشخیص پزشک کمک می‌کند. سی تی اسکن به پزشکان کمک می‌کند تا گره‌های کوچک یا تومورها را تجسم کنند که با فیلم اشعه ایکس ری ساده نمی‌توانند ببینند. تصاویر سی تی اجازه می‌دهد تا پزشک به داخل درون بدن نگاه کند. سی تی اسکن نه تنها در بیمارستان‌ها بلکه در مراکز سرپایی بیمار یافت می‌شوند. سی تی انقلاب عظیمی در پزشکی به وجود آورده است زیرا پزشکان بدون عمل جراحی و کالبدشکافی می‌توانند بیماری‌هایی را ببینند که در گذشته این امکان وجود نداشته است. سی تی جزئیات و نگاه دقیقی از قسمت‌های مختلف بدن را فراهم می‌کند. از سی تی مغز یا سر برای ارزیابی ساختارهای مختلف مغز، سکنه مغزی، ناحیه خونریزی ساختارهای مختلف رگ‌های خون استفاده می‌شود. از سی تی برای بررسی علائم خاص مانند درد یا سرگیجه، برای ارزیابی گسترش بیماری افراد مبتلا به سرطان، گره‌ها و غدد لنفاوی، شکم و لگن، دستگاه گوارش، تشخیص بیماری سینوسی، تگی نخاعی، تشخیص دیسک فتق، شکستگی ستون فقرات، استخوان‌ها، بافت نرم، رگ‌های خونی، آسیب‌های ناشی از تروما و ... استفاده می‌شود. سی تی بهترین روش برای تشخیص سرطان‌های مختلف مانند ریه، کبد، کلیه، تخمدان، پانکراس و ... است به دلیل اینکه تصاویر سی تی کمک می‌کنند تا یک پزشک تأیید حضور تومور، اندازه‌گیری آن، تعیین محل دقیق آن و تعیین میزان دخالت با بافت‌های مجاور را به راحتی تشخیص دهد.

### برخی از موارد استفاده از سی تی اسکن

- ۱- اندازه‌گیری تراکم معدنی استخوان برای تشخیص پوکی استخوان
- ۲- برنامه‌ریزی و درستی درمان تابش برای تومورها و مانیوتورینگ پاسخ به شیمی‌درمانی
- ۳- برنامه‌ریزی و ارزیابی نتایج جراحی مانند پیوند عضو
- ۴- راهنمای بیوپسی‌ها و روش‌های دیگر مانند تخلیه آبسه و ورم چرکی و درمان‌های تومور با حداقل تهاجم
- ۵- سرعت تشخیص تروما در اندام‌های داخلی مانند قلب، کبد، طحال، کلیه‌ها، روده‌ها و ...

### مزایای سی تی اسکن

- ۱- سی تی اسکن بدون درد، غیرتهاجمی و دقیق است.

- ۲- یکی از مزیت‌های اصلی سی تی اسکن توانایی آن در تولید تصاویر استخوان، بافت نرم و عروق خونی در یک‌زمان است.
- ۳- برخلاف اشعه مادون قرمز، سی تی اسکن تصاویر بسیار دقیقی‌تری از انواع بافت، ریه‌ها، استخوان‌ها و رگ‌های خونی را فراهم می‌کند.
- ۴- معاینات سی تی سریع و ساده است. برای کشف آسیب‌های داخلی و خونریزی در مواقع اضطراری برای نجات جان انسان‌ها به کار می‌رود.
- ۵- سی تی یک ابزار تصویربرداری مقرون به صرفه برای طیف گسترده‌ای از مشکلات بالینی است.
- ۶- سی تی حساسیت کمتری به حرکت بیماران نسبت به ام آر آی دارد.
- ۷- در صورت وجود یک ایمپلنت در بدن می‌توان از سی تی برخلاف ام آر آی استفاده کرد.
- ۸- پس از انجام آزمایش‌های سی تی تشعشع در بدن بیمار باقی نمی‌ماند.
- ۹- تصویربرداری سی تی تصویربرداری در زمان واقعی را فراهم می‌کند و این ابزار برای هدایت روش‌های تهاجمی نسبتاً کم مانند سوزن بیوپسی و ... فراهم می‌کند.
- ۱۰- توسط سی تی ممکن است نیاز به جراحی اکتشافی و جراحی بیوپسی برای تشخیص نباشد.
- ۱۱- اشعه ایکس‌های مورد استفاده در سی تی عوارض جانبی فوری ندارد.

### محدودیت‌های سی تی اسکن

- ۱- قدرت تفکیک فضایی ضعیف
- ۲- بالا بودن دوز تابشی در سی تی برای نواحی آناتومیک مشابه
- ۳- محدود بودن فقط به برش‌های عرضی
- ۴- تصویربرداری از نواحی آناتومیک که بافت نرم آن‌ها توسط مقادیر زیادی استخوان احاطه شده است مانند طناب نخاعی و هیپوفیز و ...
- ۵- وجود اشیا فلزی همراه بیمار موجب به وجود آمدن آرتیفکت می‌شود.

### معنی توموگرافی کامپیوتری

توموگرافی کلمه جدیدی نیست. این واژه به اوایل ۱۹۲۰ یعنی زمانی که تعدادی محقق در حال ابداع شیوه‌هایی برای نشان دادن لایه یا یک مقطع از بدن انسان بودند برمی‌گردد. توموگرافی از لغت یونانی TOMOS به معنی مقطع گرفته شده است. یک توموگرام معمولی تصویری

است از مقطعی از بدن که به‌طور موازی با فیلم گرفته شده است. اصطلاح توموگرافی کامپیوتری توسط انجمن رادیولوژی آمریکا شمالی در نشریه اصلی این انجمن به نام رادیولوژی به ثبت رسید. این اصطلاح در نشریه آمریکایی رونتگنولوژی نیز مورد قبول واقع شده است.

### محدودیت‌های رادیوگرافی

- ۱- روی هم افتادن ساختمان‌ها روی فیلم به دلیل تفاوت دانسیته خیلی کم ساختمان‌ها که افتراق جزئیات را مشکل و گاهی غیرممکن می‌سازد.
- ۲- رادیوگرافی روش کمی است تا روش کمی
- ۳- حساس نبودن فیلم‌های رادیوگرافی به تشخیص تفاوت‌های کوچک

سی تی وجود داشت حل شد. پروجکشن‌ها تا سال ۱۹۱۷ ریشه‌های تئوریک داشتند تا اینکه ریاضیدان اتریشی به نام رادن ثابت کرد که امکان بازسازی تصاویر دوبعدی یا سه‌بعدی از طریق تعداد زیادی پروجکشن از جهات مختلف یک عضو وجود دارد. با استفاده از تعداد زیادی پروجکشن می‌توان تصاویر بدن انسان را بازسازی نمود. توصیف کامل‌تری از این تکنیک در سال ۱۹۸۰ توسط هرمن ارائه شد. اشعه در جهت‌های مختلف از یک مقطع عرضی عضو مورد نظر تصویربرداری عبور می‌کند. اشعه عبوری بر روی آشکارسازها می‌افتد و آشکارسازها سیگنال‌ها را برای پردازش تصویر به کامپیوتر ارسال می‌کنند.

### ساخت سی تی توسط هانسفیلد

مطالعات هانسفیلد موجب ابداع تکنیکی گردید که انقلابی در علم پزشکی و رادیولوژی تشخیصی به وجود آورد. سرانجام هانسفیلد در سال ۱۹۶۷ از تکنیک‌های بازسازی در ساخت نخستین دستگاه تصویربرداری سی تی اسکن در جهان برای مصارف بالینی و تصویربرداری از مغز استفاده کرد.

### فرآیند سی تی اسکن

تشکیل تصاویر در سی تی اسکن شامل سه مرحله است :  
۱- دریافت اطلاعات : این مرحله شامل جمع‌آوری سیستماتیک اطلاعات بیمار برای ایجاد تصاویر سی تی است. دو روش برش به برش و روش حجمی برای دریافت اطلاعات وجود دارد. اطلاعات یعنی در واقع جمع‌آوری اندازه‌گیری‌های انتقالی اشعه ایکس که از بدن بیمار عبور کرده است. زمانی که اشعه ایکس از بدن بیمار عبور می‌کند مقدار اشعه عبوری یا جذب شده برای اندازه‌گیری وارد آشکارسازها یا دکتورها می‌شوند. اشعه‌های عبوری از بدن بیمار تضعیف گردیده و توسط آشکارسازها و یا دکتورها اندازه‌گیری می‌شود. در روش برش به برش تیوب اشعه ایکس به دور بیمار می‌چرخد و اطلاعات را از برش اول جمع می‌کند. سپس تیوب اشعه ایکس متوقف شده و بیمار در موقعیتی برای اسکن برش بعدی حرکت داده می‌شود. در روش برش به برش این روش تا پایان اسکن تمام برش‌ها ادامه می‌یابد. در روش حجمی تیوب اشعه ایکس به صورت اسپایرال یا هلیکال در اطراف بیمار می‌چرخد و یک مسیر حلقوی با یک‌بار تنفس ، برای اسکن تمام حجم بافت رسم می‌کند. در این روش در یک چرخش تیوب اشعه ایکس یک برش ایجاد می‌شود. برای تصویرسازی سریع از بیماران سی تی

### هدف از اختراع سی تی و نکات مهم آن

- ۱- حداقل روی هم افتادن ساختمان‌ها و یا لایه‌ها
  - ۲- بهبود کنتراست تصویر
  - ۳- ثبت تفاوت‌های کوچک در کنتراست بافت
- شعاع پرتو ایکس از مقطع مشخصی از بدن بیمار عبور می‌کند که موجب از بین رفتن ، روی هم افتادن ساختمان‌ها در بالا و پایین قسمتی از بافت می‌شود. شعاع پرتو ایکس بسیار باریک است و فقط از یک مقطع مشخص عبور می‌کند که موجب پراکنده شدن حداقل پرتو ایکس و وضوح بهتر تصویر می‌شود. اشعه‌های عبوری از بدن بیمار به آشکارسازها می‌رسد که قادرند تفاوت‌های خیلی کم در کنتراست بافت را اندازه‌گیری کنند که فیلم به دلیل اینکه یک آشکارساز کیفی است قادر به ثبت این تفاوت‌های جزئی نیست. از الگوریتم و روش خاصی برای بازسازی تصویر مقطعی که اطلاعات حاصل از آشکارسازها است توسط کامپیوتر استفاده می‌شود.

### اصول اساسی توموگرافی معمولی

تیوب اشعه ایکس و فیلم در جهات مختلف به‌طور هم‌زمان حرکت می‌کنند تا مقاطع ناخواسته محو شوند، درحالی‌که مقاطع مورد نظر در کانون تصویر محفوظ می‌مانند. هدف اصلی از توموگرافی حذف ساختمان‌های پایین و بالای مقطع مورد نظر یا صفحه کانونی است که این امر مشکل است و در هیچ شرایطی تمام صفحات قابل حذف شدن نیستند.

### بازسازی تصاویر به‌وسیله پروجکشن‌ها

با استفاده از بازسازی تصویر به‌وسیله پروجکشن‌ها محدودیت‌هایی که در جزئیات و وضوح تصاویر در

اسپایرال چند برشه به وجود آمده است تا در یک چرخش تیوب اشعه ایکس ری برش‌های متعددی تولید کند.

۲- بازسازی تصویر: جهت بازسازی تصاویر، داده‌های اطلاعاتی و نیز اندازه‌گیری‌هایی که از میزان اشعه عبوری صورت گرفته باید کافی باشند. اشعه‌های عبوری اندازه‌گیری شده توسط دتکتورها برای بازسازی تصویر به کامپیوتر ارسال می‌شوند. کامپیوتر توسط الگوریتم‌های بازسازی، بازسازی تصویر را انجام می‌دهد.

۳- نمایش تصویر: پس از اینکه بازسازی تصویر انجام شد، تصویر بازسازی شده را می‌توان نشان داد و برای دیدن مجدد ثبت نمود و برای آنالیز مجدد ذخیره کرد. در گذشته این تصاویر بر روی تیوب اشعه کاتدی به نمایش درمی‌آمدند اما امروزه تکنولوژی‌های نمایشی جدید وجود دارد. امروزه با استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری تصاویر را به نحوی می‌توان تغییر داد که برای مشاهده‌کننده مفیدتر باشد. مثلاً تصاویر محوری عرضی را به مقاطع کرونال، ساجیتال و پاراآکسیال دوباره‌سازی نمود. علاوه بر این با استفاده از فرایندهای تصویری می‌توان تیز کردن لبه تصاویر، نرم کردن تصاویر، به‌کارگیری طیف خاکستری و بازسازی سه‌بعدی را انجام داد. تصاویر ثبت شده را می‌توان بایگانی و ذخیره کرد.

### مشکلات در سی‌تی‌اسکن‌های گذشته

- ۱- نیاز داشتن به زمان زیاد برای به دست آوردن اطلاعات کافی جهت بازسازی تصاویر
- ۲- اتصال کابل‌های ولتاژ بالا به ژنراتور بیرونی و محدود بودن چرخش تیوب اشعه ایکس ری

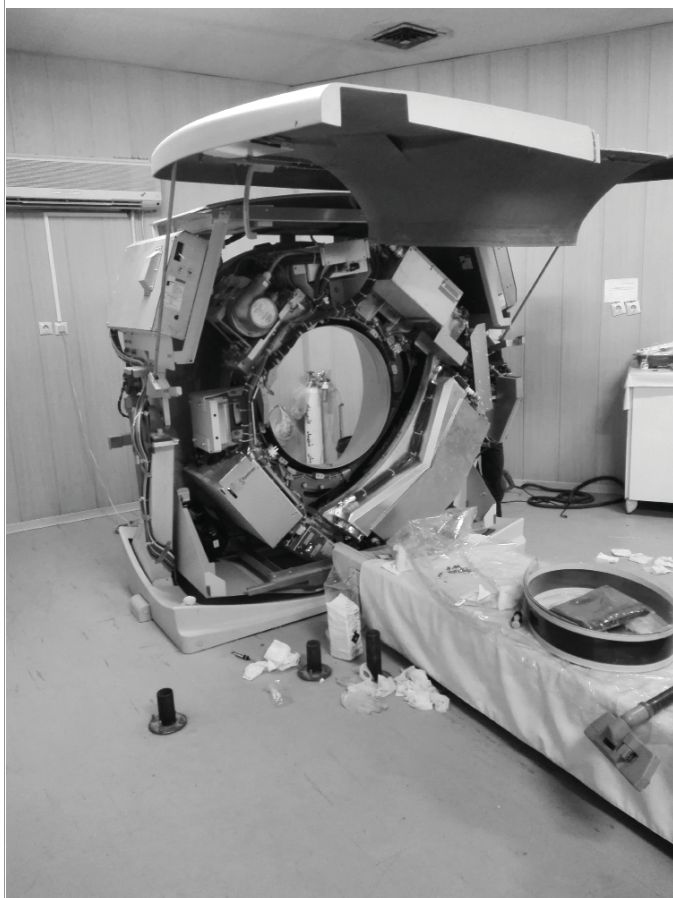
### روش کار اولیه با دستگاه سی‌تی‌اسکن

کاربر دستگاه باید با روش کار دستگاه سی‌تی‌اسکن کاملاً آشنا باشد. کاربر در ابتدا دستگاه را روشن کرده و یک تست سریع با دستگاه انجام می‌دهد تا مطمئن شود که آیا دستگاه در شرایط خوبی قرار دارد یا خیر. سپس بیمار در وضعیت مناسبی برای آزمایش موردنظر قرار می‌گیرد. کاربر دستگاه فاکتورهای تکنیکی را که بر روی میز و یا کنسول کنترل قرار دارد تنظیم می‌کند و سپس تصویربرداری را شروع می‌کند.

### گانتري دستگاه سی‌تی‌اسکن

تیوب اشعه ایکس و آشکارسازها و یا دتکتورها در داخل گانتري قرار دارند و در طول تصویربرداری به دور بیمار می‌چرخند. گانتري و تخت بیمار دو قسمت مهم در سی‌تی هستند. گانتري بخش حلقوی سی‌تی‌اسکن است و به‌صورت

سطح عمودی بیمار را احاطه می‌کند. در داخل گانتري اجزای متعددی قرار دارد که در گرفتن تصویر از بیمار با یکدیگر همکاری می‌کنند. در داخل گانتري اجزای تصویربرداری مثل حلقه‌های لیزشی، تیوب اشعه ایکس ری، ژنراتور ولتاژ بالا، کولیماتورها یا محدود کننده‌ها، آشکارسازها و DAS قرار گرفته است. قطعات و اجزاء بر روی قاب اسکن دوار نصب هستند. گانتري در اندازه کلی و همچنین در قطر یا دیافراگم متفاوت است. محدوده اندازه دهانه معمولاً ۷۰ تا ۹۰ سانتی‌متر است. گانتري را به‌صورت پیش‌فرض متناسب با بیماران و پروتکل‌های معاینه تنظیم کرد. درجه شیب در سیستم‌های مختلف متفاوت است اما از ۱۵- تا ۱۵+ و ۳۰- تا ۳۰+ درجه معمول است. ارتفاع و پهنای گانتري به‌گونه‌ای انتخاب شده که اندازه آن خیلی بزرگ نباشد. گانتري شامل یک نور لیزری است که برای موقعیت بیمار درون اسکنر استفاده می‌شود. پنل‌های کنترل در هر دو طرف اجازه می‌دهد تا تکنولوژیست هم ترازوی نورها، شیب گانتري و حرکت تخت را کنترل کند. در اکثر اسکنرها این عملکردها را می‌توان



شکل ۲ - یک نمونه سی‌تی‌اسکن باز شده در حال تعمیر کمپانی نوشینیا (موقعیت‌های ژنراتور و تیوب اشعه ایکس و دتکتورها و کابل‌های ولتاژ بالا و ... در تصویر مشخص است.)

منابع :

- David J Dowsett\_ Patrick A Kenny\_ R Eugene Johnston-The physics of diagnostic imaging  
Euclid Seeram Computed Tomography : Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control 2011
- Elissa Kramer, MD, Jane Ko, MD, Fabio Ponzo, MD, Karen Mourtzikos-Positron Emission Tomography-Computed Tomography\_\_ A Disease-Oriented Approach-Inforna Healthcare 2008
- Elliot K. Fishman MD, R. Brooke Jeffrey Jr. MD-Multidetector Computed Tomography\_ Principles, Techniques, and Clinical Applications-LWW 2003
- Gonzalez, Shawneen-Interpretation basics of cone beam computed tomography-John Wiley & Sons 2014
- Hsieh J.-Computed tomography. Principles, design, artifacts, and recent advances-SPIE 2009
- Jerrold T. Bushberg, J. Anthony Seibert, Edwin M. Leidholdt Jr., John M. Boone-The Essential Physics of Medical Imaging-LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS 2011
- Kenny, Patrick A.\_ Johnston, R. Eugene\_ Dowsett, David J-The physics of diagnostic imaging-Distributed in the USA by Oxford University Press, Hodder Arnold 2006
- Lois Romans-Computed Tomography for Technologists\_ A Comprehensive Text-Lippincott Williams & Wilkins 2010
- L. Saba -Computed Tomography - Special Applications-Intech 2011
- Malcolm J. Brooker (auth.)-Computed Tomography for Radiographers-Springer Netherlands 1986
- Peter Hogg (auth.), David Wyn Jones, Peter Hogg, Euclid Seeram (eds.)-Practical SPECT\_CT in Nuclear Medicine-Springer-Verlag London 2013
- Robert Cierniak (auth.)-X-Ray Computed Tomography in Biomedical Engineering-Springer-Verlag London 2011
- Thorsten Buzug Prof. Dr. (auth.)-Computed Tomography\_ From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT-Springer Berlin Heidelberg 2008

از طریق کنسول اپراتور نیز کنترل کرد. یک میکروفون در گانتری تعبیه شده است که اجازه ارتباط بین بیمار و تکنسین را در طول مراحل اسکن می دهد. سیستم خنک سازی در گانتری گنجانده شده است. مکانیزم خنک سازی بسیار مهم است زیرا بسیاری از اجزای تصویربرداری می تواند تحت تأثیر نوسانات دما قرار بگیرد. تیوب اشعه ایکس در اسکنرهایی که دارای حلقه لیزشی هستند نیازمند نیروی زیاد و آبی است. لذا دارای آندهای بزرگتری با قطر معمولی ۱۵ اینچ یا بیشتر می باشند. ژنراتور در گانتری معمولاً کوچک با حالت جامد و فرکانس بالا است که روی قابهای تصویربرداری چرخشی قرار گرفته است و بین ۵ تا ۵۰ کیلوهرتز عمل می کند. از آنجایی که ژنراتور نزدیک تیوب اشعه ایکس قرار گرفته فقط یک کابل فشارقوی برای جفت کردن ژنراتور تیوب اشعه ایکس نیاز است. این طراحی موجب حذف اتاقتکهای خارجی کنترل اشعه ایکس و کابل های فشارقوی بلند در بعضی سیستم های تصویربرداری سی تی شده است. توجه به خنک کردن گانتری اساسی است چراکه درجه حرارت هوای محیط اطراف بر اجزای متعددی تأثیر می گذارد. سیستم خنک کننده جدید هوای محیط اتاق تصویربرداری را در سراسر گانتری به جریان می اندازد. دو مشخصه مهم گانتری ، دهانه گانتری و محدوده زاویه دادن به گانتری است. دهانه گانتری سوراخی است که بیمار طی برنامه تصویربرداری در آن قرار می گیرد. تکنولوژیست می تواند از جلو و عقب گانتری به بیمار نزدیک شود. بیشتر دستگاه های سی تی دارای روزنه ای ۷۰ سانتی متری هستند که موجب تسهیل در وضعیت دادن بیمار و دسترسی به بیماران در شرایط اورژانسی می شود. گانتری باید قابلیت زاویه دادن داشته باشد تا بتواند جوابگوی نیاز بیماران و آزمایش ها باشد.

