



موضوع: سنجش تراکم استخوان (BMD) 





# فهرست



# مقدمه

سنجش تراکم استخوان یا دانسیتومتری استخوان نام روشی است که با استفاده از آن میتوان سفتی و سختی و درجه محکم بودن استخوان های بدن را تعیین کرد. برای سنجش تراکم استخوان راه های متفاوتی وجود دارد ولی رایج ترین روش آن استفاده از روش DEXA است.

DEXA که مخفف عبارت Dual Energy X-ray Absorptiometry است روشی است که از اشعه ایکس برای سنجش تراکم استخوان استفاده میکند. در این روش از دو منبع، اشعه ایکس به سمت استخوانی که قصد سنجش تراکم آن را دارند فرستاده میشود.

➤ مقداری از اشعه توسط استخوان جذب شده و مقداری از آن از استخوان عبور کرده و از سمت دیگر بدن خارج میشود. مقدار هر کدام از این دو اشعه بعد از خروج از بدن توسط یک گیرنده اندازه گیری میشود.

➤ هرچه تراکم استخوانی بیشتر باشد ( به این معنی که خلل و فرج و فضاهای خای ریز داخل استخوان کمتر باشند) مقدار بیشتری از اشعه ایکس را جذب کرده و اجازه عبور اشعه کمتری را میدهد و مقدار اشعه کمتری به گیرنده میرسد.

➤ اشعه دریافتی به توسط گیرنده یا دتکتور Detector به یک کامپیوتر رفته و در آنجا مقیاس مقدار اشعه به مقیاس میزان تراکم استخوان تبدیل میشود. استفاده از دو منبع اشعه ایکس به منظور دقیقتر کردن اندازه گیری است

# موارد کاربرد سنجش تراکم استخوان

➤ افراد مستعد پوکی استخوان:

- خانمها بالای سن ۶۵ و آقایان بالای سن ۷۰
- افرادی که داروهای کورتیکواستروئیدی، کورتون یا پوک کننده استخوان مصرف میکنند.
- بروز یائسگی زودرس (قبل ۴۵ سال) یا آمنوره (قطع پریود های قاعدگی قبل یائسگی) به مدت بیش از یک سال
- بیماران دچار پرکاری تیروئید و وجود بیماریهای همراه با پوکی استخوان مانند روماتیسم مفصلی یا سلیاک
- افراد بالای ۵۰ سال در صورت شکستگی قبلی، بیماری آرتریت روماتوئید و یا شکستگی مفصل ران در والدین
- کم بودن شدید وزن به صورتی که BMI کمتر از ۱۹ باشد.
- بروز شکستگی بعد از یک ضربه خفیف یا ایجاد قوز در کمر به علت شکستگیهای مکرر مهره

# پوکی استخوان و علل آن

پوکی استخوان هنگامی رخ می دهد که تراکم استخوان کاهش یابد و استخوان شروع به نازک شدن کند. این عارضه که اغلب با پیری طبیعی همراه است به این علت رخ می دهد که یا استخوان کافی تولید نمی شود و یا استخوان موجود بیش از حد عادی بوسیله بدن باز جذب میشود. درمان پوکی استخوان معمولا بر پیشگیری از شکستگی ها و از دست رفتن بیشتر استخوان و نیز تسکین علایم درد و ناراحتی متمرکز است.

# درمان پوکی استخوان

- رایج ترین درمان های پوکی استخوان اینها هستند:
- ۱۰ تجویز درمان های دارویی شامل بایفوسفونیت ها و کلسی تونین
- ۲۰ مکمل های کلسیم و ویتامین D
- ۳۰ ورزش منظم شامل ورزش های تحمل کننده وزن مقاومتی و تعادلی پیاده روی پا زدن بر روی دوچرخه های ثابت و سایر فعالیت های کم ضربه با حداقل خطر افتادن نیز توصیه می شود.
- ۴۰ رژیم غذایی غنی از لبنیات مانند شیر ماست و پنیر کم چربی ماهی آزاد ساردین و پنیر سویا و سبزیجات برگ دار سبز مانند اسفناج و سبزی خوردن.



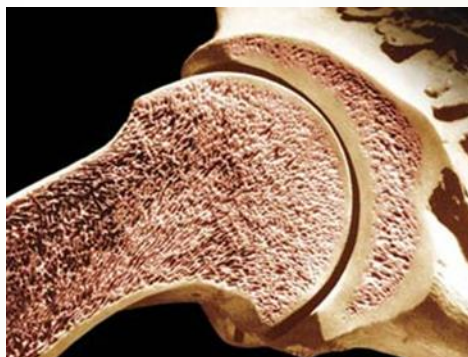
# درمان استئوپروز

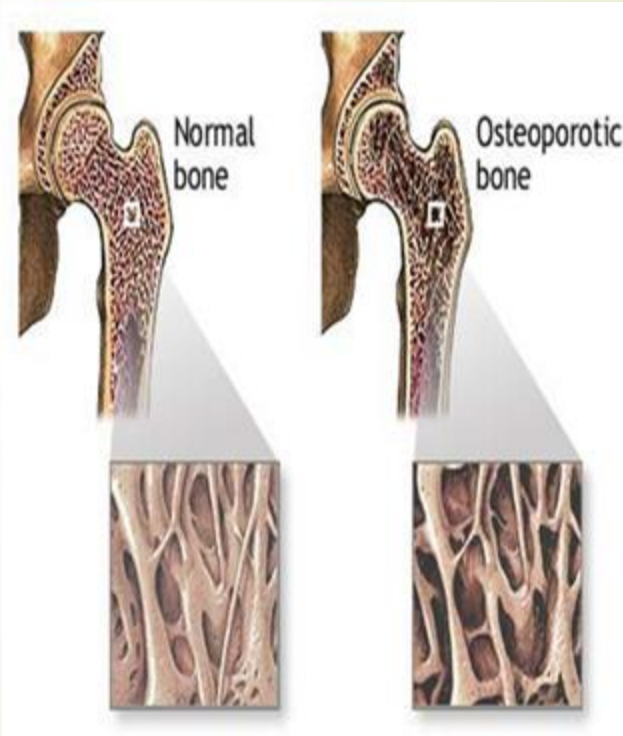
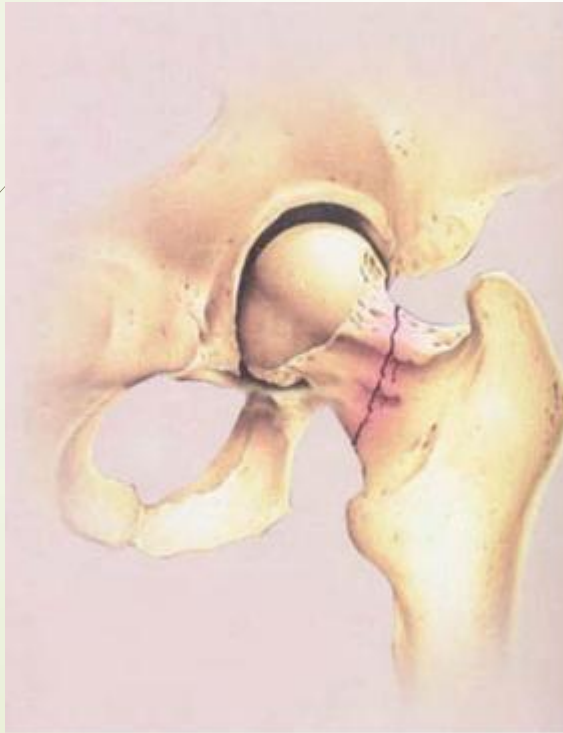
استئوپروز یا پوکی استخوان به معنای کاهش تراکم و استحکام توده استخوانیست که با شکننده نمودن استخوانها، بیماران را در معرض احتمال بالای شکستگی استخوانی که تظاهر اصلی این بیماریست، قرار می دهد. علل ایجاد استئوپروز را میتوان در غالب سه عنوان اصلی دسته بندی نمود که عبارتند از :

۱- افزایش سن

۲- یائسگی


۳- سایر عوامل خطر زا







# تراکم سنجی استخوان

- آزمایش تراکم سنجی استخوان به افراد در معرض خطر پوکی استخوان یا شکستگی کمک می کند تا دریابند چه حدی از قدرت و تراکم استخوانی شان را حفظ کرده اند. افرادی که قبلا دچار شکستگی یا پوکی استخوان شده اند یا سابقه خانوادگی این مشکلات را دارند ممکن است نامزد انجام تراکم سنجی استخوان شوند بخصوص اگر سنشان بالای ۶۵ سال باشد.
- تراکم سنجی استخوان این اطلاعات را در اختیار پزشک قرار می دهد.
- ۱۰ تعیین تراکم استخوان پیش از رخ دادن شکستگی.
- ۲۰ تایید تشخیص پوکی استخوان پس از رخ دادن شکستگی.
- ۳۰ پیش بینی خطر شکستگی های آینده.
- ۴۰ ارزیابی تاثیربخشی درمان ها برای جلوگیری از کاهش تراکم استخوان.



تراکم سنجی استخوان جهت اندازه‌گیری محتویات معدنی استخوان استفاده می‌شود و این اندازه‌گیری کاهش توده استخوانی را بخوبی نشان می‌دهد. تراکم سنجی استخوان جهت تشخیص پوکی استخوان و تعیین ریسک شکستگی استخوان بسیار مفید است. اغلب روشهای اندازه‌گیری مواد معدنی استخوان bone mineral density (BMD) بسیار سریع و بدون درد می‌باشد. روشهای در دسترس BMD شامل DEXA و استفاده از x، CT-Scan ستون فقرات، مچ دست، بازو و یا ساق پا (Quantity CT or (QCT، Osteo CT، و یا Ultrasound می‌باشند

- 
- 
- برای ( mass screening purpose اهداف غربالگری عمومی) یک نوع روش رسپتومتري قابل حمل و پرتابل وجود دارد. در این روش از یک وسیله DEXA x-ray یا واحد quantitative ultrasound استفاده می‌شود. هر دو نوع این آزمایشات موبایل، مچ دست انگشتان یا پاشنه پا را مورد آزمایش قرار می‌دهند.
  - روشهای موبایل دانسیتومتري دقت تکنیک‌های ثابت و غیر موبایل را ندارند چون تنها یک استخوان را مورد آزمایش قرار می‌دهند.

# DEXA

➤ DEXA رایج‌ترین روش دندسیتومتری است. این روش بی‌درد بوده و احتیاج به هیچ تزریق، روش ته‌اجمی، مسکن یا رژیم خاص و مراقبت‌های ویژه ندارد.

➤ در طی این آزمون بیمار روی تخت دراز کشیده و سیستم قسمت‌های مورد نظر بدن را اسکن می‌کند (به طور معمول مهره‌های پایینی ستون فقرات و لگن) مدت زمان اسکن تنها چند دقیقه است. اشعه X مورد استفاده در DEXA کمتر از Chest x-ray است. دانسیته استخوانی هر بیمار با نمودار افراد سالم مقایسه می‌شود و نتیجه اعلام می‌شود.


# استفاده از التراسوند در سنجش تراکم

➤ روش جدید اندازه‌گیری استئوپروز استفاده از اولتراسوند است. سیستم اولتراسوند اندازه‌گیری مواد معدنی استخوان، بسیار کوچکتر و ارزانتر از Dexa است و زمان انجام این کار حدود ۱ دقیقه می‌باشد.




# مزایای استفاده از اولتراسوند دنسیتومتری

- ۱. هیچ اشعه یونسازی وجود ندارد
- ۲. امکان تکرار تصاویر ناحیه مورد نظر
- ۳. مشخص شدن میزان مواد معدنی ناحیه مورد نظر (Region of interest (ROI همراه حدود هندسی آن
- ۴. دقت ۵/۰%
- ۵. کنترل اتوماتیک درجه حرارت برای معتبرترین اندازه‌گیری
- ۶. کالیبراسیون دقیق و کنترل داخلی
- ۷. سرعت بالای آزمون ۳ms

- 
- 
- ۸. نمایش رنگی تصاویر برای ارزیابی بهتر دانسیته
  - ۹. قیمت کم نسبت به تجهیزات DEXA
  - ۱۰. ذخیره‌سازی تصاویر بیماران برای مدت طولانی به منظور پیگیری
  - ۱۱. دسترسی آسان به تصاویر برای اپراتور
  - ۱۲. ضبط تصاویر پاشنه
  - ۱۳. مقایسه بین چندین تصویر

# QCT (Quantitative Computed Tomography)


Quantitative Computed Tomography یا QCT یک تکنیک مفید برای تعیین چگالی استخوان در داخل بدن موجود زنده است. متدهای QCT هم در اسکن های CT تک انرژی و هم دو انرژی استفاده می گردد. در ( DEQCT (Dual Energy QCT، اسکن های CT در ۸۰ Kev و ۱۲۰ Kev انجام می پذیرد. از داده های اسکن دیجیتالی و با بکارگیری یک الگوریتم تفریق سبک و سنگین شده ی انرژی، چگالی استخوان محاسبه می گردد. تکنیک DEQC با استفاده از یک سری محلول های فسفات هیدروژن دی فسفات در غلظت های مختلف از ۰ تا ۸۶۰ mg/cc کالیبره می شوند



QCT روشی است که می تواند چگالی استخوان را به طور جداگانه در قسمت‌های قشری استخوان برآورد نماید و می تواند برآورد صحیحی از چگالی بر حسب  $g/cm^3$  پیش بینی کند. معمولاً "جسم استخوان های مهره مکان و محل اندازه گیری می باشد."

# متدولوژی QCT

QCT برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ برای اندازه گیری چگالی زائده باریک و خار مانند از استخوان کمری بکار برده شد. توموگرافی کامپیوتری یک تکنیک تصویربرداری است که با تابش باریکه اشعه X بر روی بدن بیمار از زوایای گوناگون تصاویر سطح مقطعی را جمع آوری و تصویربرداری می کند. در صورتیکه QCT بطور مناسب و بدرستی کالیبره گردد می تواند چگالی حجمی استخوان را در واحد (cc = cubic centimeter) g/cc برآورد نماید. QCT بدلیل طبیعت سه بعدی اش می تواند فعالیت متابولیکی استخوان trabecular یا تراکم استخوان در نزدیکی محل های اسکلتی را اندازه گیری نماید. QCT معمولاً برای اندازه گیری چگالی استخوانی ناحیه مرکزی استخوان trabecular مهره های کمری بکار می رود. به طور مرسوم از اسکنر های CT معمولی استفاده می شود اما واحدهای CT اختصاصی شده نیز برای اندازه گیری چگالی استخوانی از استخوان های ساعد نیز بکار می رود



در اسکن CT، یک فانتوم کالیبره (درجه بندی) در زیر تخت بیمار قرار داده می شود و بطور همزمان همراه با بیمار اسکن می شود. فانتوم ظرفی هلالی شکل است که با آب پر شده است که در آن تعدادی لوله های لوسیت حاوی محلول های آبدرا با غلظت های گوناگون از فسفات هیدروژن دی پتاسیم سوار شده اند.

محلول های فسفات هیدروژن دی پتاسیم معادل استخوان هستند ( معادل استخوان به معنای آنست که خواص آن ماده در برابر تضعیف اشعه X همانند خصوصیات استخوان می باشد ). بنابراین غلظت های متفاوت نماینده یا نشان دهنده چگالی های استخوانی متفاوت می باشد. بخاطر مشکلات ناشی با فانتوم های ( fluid-filled) پر شده از مایع ، فانتوم های کالیبراسیون جامد با هیدروکسی آپتایت کلسیم که با اپوکسی مخلوط شده اند استفاده می

اسکن QCT از شکم بیمار همراه با فانتوم کالیبره شده از یک محل انجام می پذیرد میانگین عدد CT هر لوله تعیین می شود و یک معادله رگرسیون تعیین می شود که بین میانگین عدد CT هر لوله با غلظت محلول در لوله ها ارتباطی برقرار کند. چگالی استخوان جسم مهره ای با استفاده از معادله رگرسیون که میانگین عدد CT ناحیه مرکزی مهره را به چگالی استخوان معادل و هم ارز (که در واحد mg/cc بیان می شود) تبدیل می کند حاصل می شود. برای نمونه چگالی استخوانی دومین، سومین و چهارمین مهره کمری اندازه گیری شده است.

QCT اغلب با استفاده از انرژی بیم اشعه X منفرد با جریان تیوب اشعه X پایین انجام می پذیرد که معمولاً " برای مطالعات تصویر برداری به منظور کاستن دز بیمار استفاده می شود. دقت QCT در *in vivo* بین ۲ تا ۴ درصد با خطای ۵ تا ۱۵ درصد است. دقت QCT به تعدادی از فاکتورها مانند پایداری اسکنر، سفت و سخت شدگی بیم، اندازه بیمار، موقعیت بیمار در داخل ناحیه اسکن و ... بستگی دارد.

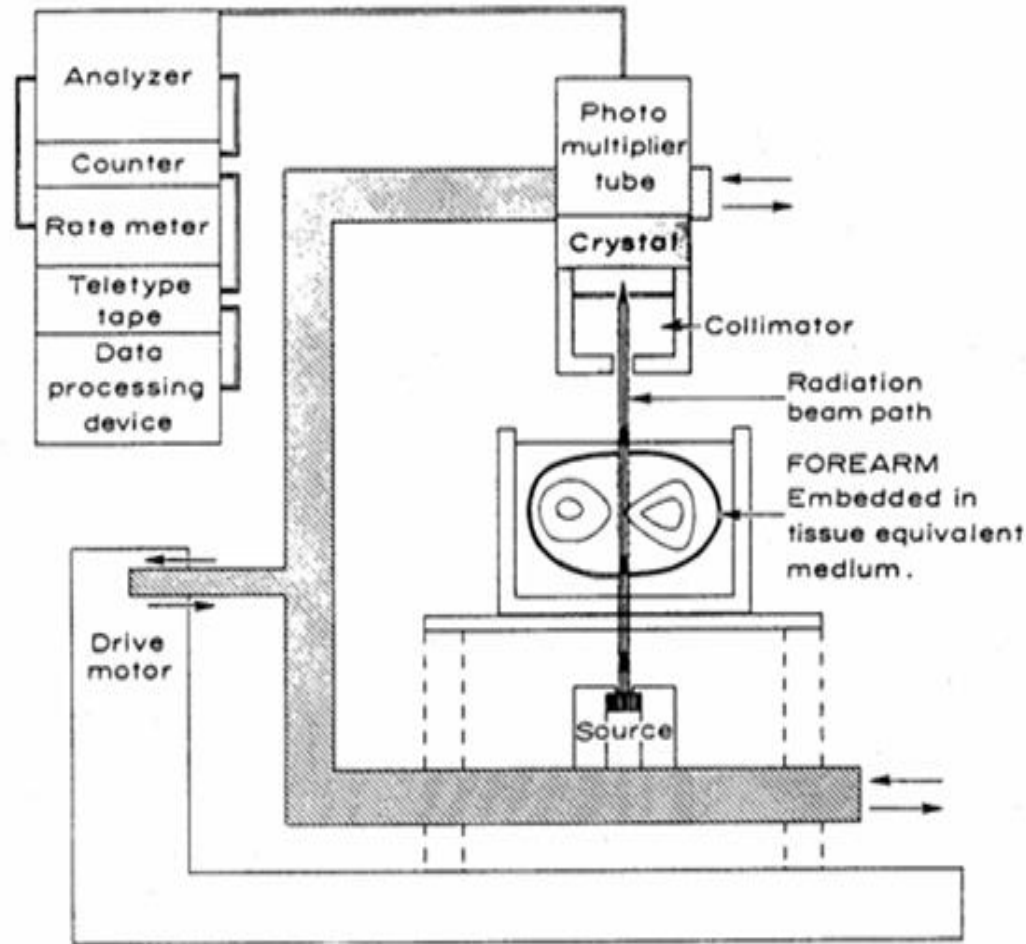


FIGURE 6. Diagram of instrumentation for single-photon absorptiometry. (From Riggs, B. L., Jowsey, J., Kelly, P. J., and Wahner, H. W., Special procedures for assessing metabolic bone disease, *Med. Clin. N. Am.*, 54, 1061, July 1970. By permission of W. B. Saunders Company.)



# DEXA



# DEXA

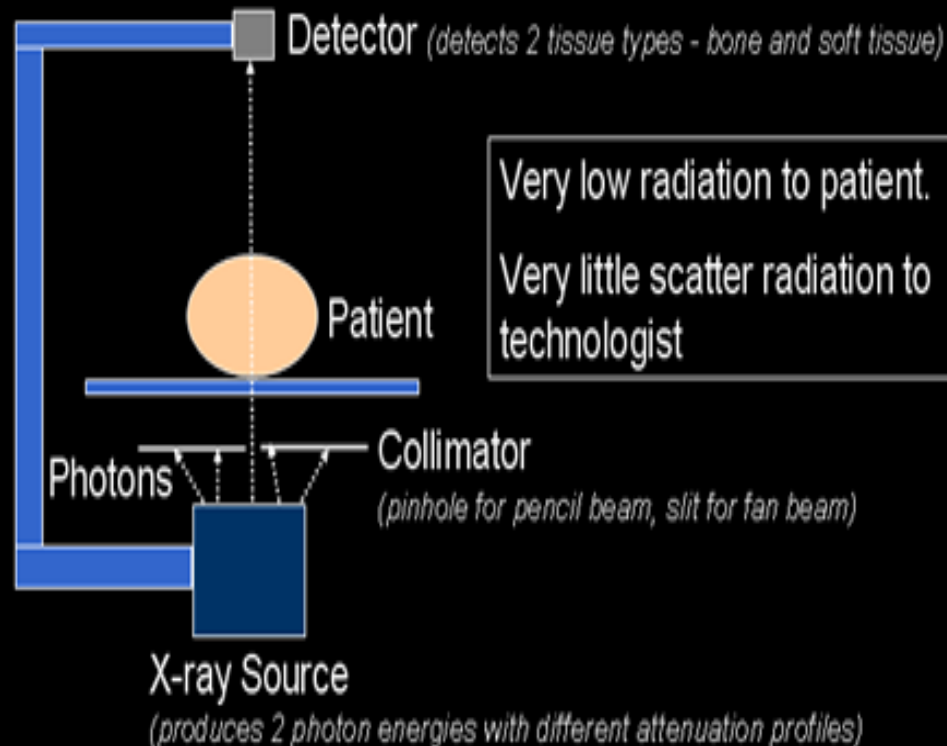
➤ DEXA (Dual Energy Absorptionmetry) یا DEXA جذب سنج انرژی دو گانه ) تکنیکی است که امکان تعیین مستقیم جرم استخوانی ( Bone Mass) را در محل های استخوانی بوسیله ریاضیات ساده کاربردی از انتقالات بیم های مختلف دو انرژی انجام می دهد.

➤ DPA (Dual Photon Absorptionmetry) یا DPA جذب سنج فوتون دو گانه) ، در اوایل ۱۹۷۰ با پیشگامی کارهای انجام یافته در انشگاه Wisconsin توسعه یافت. مواد استفاده شده در DPA ، Gadolinium-153 می باشد طوریکه منبع یا سورس دو انرژی مجزا در حدود ۴۴ Kev و ۱۰۰ Kev را دارد.

دو بیم انرژی اشعه X متفاوت توسط سوئیچینگ هر دو ولتاژ اعمالی به لوله اشعه X بین ولتاژ بالا و پایین یا توسط فیلترینگ انتخابی بیم اشعه X با موادی بنام فیلترهای K-edge تولید می شود. فیلترهای K-edge بطور نمونه از سریوم ( cerium )، ساماریوم ( samarium ) یا گادولینیوم ( gadolinium ) ساخته شده اند. بدلیل تضعیف اشعه X در انرژی های پایین K-edge از انرژی های بالای K-edge بسیار بیشتر است. فیلتر طیف اشعه X را به بیم های انرژی بالا و پایین تفکیک می کند. انتقالات ( عبور با گذر) بیم های اشعه X با انرژی بالا و پایین از میان بدن بصورت تابعی از موقعیت اندازه گیری می شود. انتقالات می تواند برای محاسبه برآوردی از جرم استخوان در هر موقعیتی از اسکن مورد استفاده قرار بگیرد.

برای اسکن DXA بیمار به حالت به پشت خوابیده ، ساق پاها بوسیله یک بالشتک بالا برده شده تا زائده باریک و خار مانند از استخوان علیه میز صاف بشود. تیوب اشعه X زیر بیمار قرار گرفته تا با آشکارساز موجود در بالای بیمار مزدوج شود. در واحد های DXA نسل اول بیم اشعه X به pencil beam با چندین میلیمتر در قطر میزان شده است. این بیم در یک الگوی boustrophedontic pattern (boustrophedontic عبارت یونانی برای شخم زدن یک ناحیه توسط گاوهای نر استخراج یا مشتق شده است ) در عرض بیمار اسکن می شود. زمان کامل یک اسکن از ائده باریک و خار مانند استخوان یا ران نزدیک به ۱۰ دقیقه در دستگاه های DXA نسل اول طول می کشد. بطور نوعی واحد های DXA نسل اول قادر به تجزیه و تحلیل جسم از درجه ۱.۵-۳.۵mm می باشند. دستگاه های DXA نسل دوم از یک fan X-ray beam با آرایه خطی از آشکارسازهای انفرادی استفاده می کند. اطلاعات انتخابی به طور همزمان با هم در یک خط کسب می شوند ، بنابراین دستگاه های DXA نسل دوم سریعتر از دستگاه های نسل اول و و با رزولوشن فضایی بهتر از واحد های pencil beam هستند.

# DXA Technology



# انواع دستگاه سنجش تراکم استخوان

دستگاه مرکزی

- تراکم استخوان های مرکز بدن یعنی ستون مهره و لگن و گردن فمور

دستگاه محیطی

- تراکم استخوان های محیطی تر مانند مچ دست، مچ پا و انگشتان


# تجهيزات DEXA

- ▶ Central DEXA دانسیته استخوانی را در استخوانهای hip (لگن) و مهره‌ها اندازه می‌گیرد در حالیکه Peripheral device دانسیته را در مچ دست و پاشنه و انگشتان اندازه‌گیری می‌کند.
- ▶ سیستم مرکزی در بیمارستان و مراکز پزشکی استفاده می‌شود در حالیکه پریفرال در داروخانه‌ها و مراکز موبایل پزشکی قابل استفاده است.
- ▶ Central یک میز تخت و بزرگ و یک بازو آویزان دارد که بازو به جلو و عقب قابل حرکت است و بنابراین تخت می‌تواند به عنوان تخت درمان یا صندلی آزمایش برای بیماران ویژه استفاده شود.
- ▶ Peripheral device فقط ۳۰ کیلوگرم وزن دارد و شامل یک جعبه متحرک است که فضایی برای قرارگیری با جهت تصویربرداری دارد.

# روش DEXA

➤ سیستم DEXA یک بیم اشعه باریک و غیر قابل رؤیت اشعه X با دز کم دارد و انرژی را به سمت استخوان می فرستد. اشعه X در دو انرژی با دو پیک مجزا وجود دارد یک پیک به طور عمده بوسیله بافت نرم جذب می شود و دیگری بوسیله استخوان. میزان جذب شده بوسیله بافت نرم در نهایت (Subtract تفریق) شده و آنچه باقی می ماند دانسیته بافت استخوانی است اشعه استفاده شده در این روش ۱/۰ اشعه استاندارد Chest x-ray است.





▶ آزمون DEXA بین ۱۰ تا ۳۰ دقیقه طول می‌کشد که البته به نوع تجهیزات و قسمتی از بدن که مورد آزمایش قرار می‌گیرد بستگی دارد.

▶ در طی آزمون دتکتورها به آرامی روی ناحیه مورد نظر حرکت کرده و تصاویر را روی مونیتر ثبت می‌کنند

# نتایج آزمون ها

- آزمون تراکم استخوان با دو حد مطلوب یا معیار مقایسه می شود:  
افراد بالغ و جوان سالم ( T-Score)
- و افراد همسن (Z-Score)
- 

$$Z - Score \equiv \frac{BMD(\text{patient}) - BMD(\text{peers})}{Standard Deviation}$$

نتیجه BMD شما با نتایج BMD افراد بالغ ۲۵ تا ۳۵ ساله هم جنس و هم اقلیم شما مقایسه می شود. میزان Standard deviation (SD) (انحراف از وضعیت استاندارد) تفاوت بین BMD شما و آن گروه افراد سالم است. این نتیجه T-Score شماست.

T-Score مثبت نشان می دهد که استخوان شما قویتر از وضعیت نرمال است و T-Score منفی بیانگر ضعیف بودن استخوان شما نسبت به حالت نرمال است.

YN=young normal

طبق بیان سازمان بهداشت جهانی استئوپروز طبق جدول زیر تعریف می‌شود:

معیاری برای پوکی استخوان در زنان: T-Score

۱. نرمال ۱/۰

۲. کاهش کم تراکم استخوان BMD بین -5/2 SD تا -۱/۱ - زیر رنج افراد جوان بالغ است

۳. پوکی استخوان < -5/2 BMD پایین‌تر از رنج افراد سالم جوان

۴. پوکی استخوان شدید < -5/2 BMD پایین‌تر از رنج افراد سالم جوان است و بیماران دو یا چند شکستگی دارند.

QCT به نحو مطلوبی نشان داده است که می توان مابین زنان سالم و آنهایی که به پوکی استخوان مبتلا هستند تبعیض قائل شد. برای افزایش دادن حساسیت DXA پیشنهاد شده است که BMD همرا با بیمار در وضعیت استلقاء پهلوئی اندازه گیری شود. چندین دلیل برای اندازه گیری جسم معدنی استخوان از یک برآمدگی پهلوئی در جسم مهره ای وجود دارد، اولاً "خلع کلسیم در آنورت شکمی بخوبی تغییرات مربوط به هایپرتروفی و دژنراتیو اطراف مفصلهای رویه عنصرهای اجتماع خلفی مهره را نشان می دهد. ثانیاً ترکیب استخوانی در طول مهره یکنواخت نیست. جسم مهره ای محل شکستگی های مربوط به پوکی استخوان می باشد و به عبارت دیگر ، عناصر خلفی مهره ها بیشتر استخوان قشری را دربر دارند.

نهایتاً اتلاف استخوان با سن و بیماری در استخوان مهره ای و قشری متفاوت است. خلاصه ، مزیت بزرگ QCT نسبت به دیگر روشهای چگالی سنجی استخوان توانایی اش در اندازه گیری منحصر بفرد ( high turnover) تغییرات بالای استخوان trabecular است. بنابراین ، چندین مولف و صاحب نظر QCT را به عنوان روشی منتخب در پیش بینی احتمال خطر شکستگی در زائده باریک و خار مانند از استخوان مهره معرفی کرده اند.

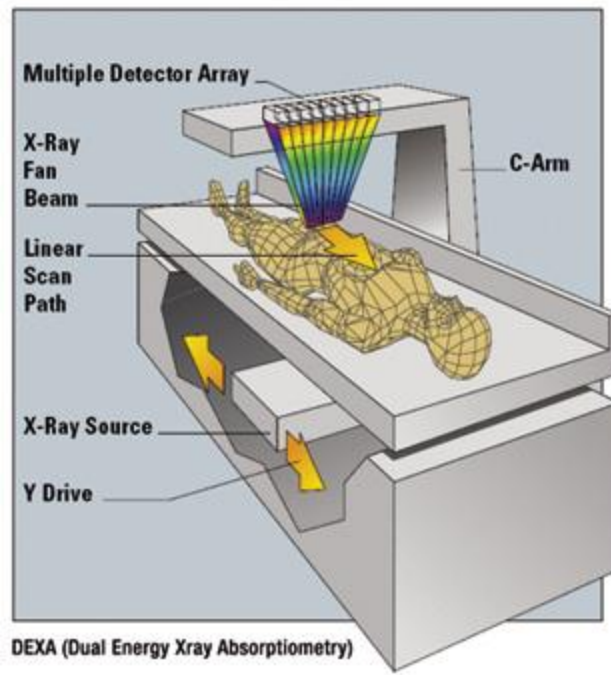
# معیارهای سنجش تراکم استخوان

• BMD یا مقدار تراکم برحسب  $\text{gr}/\text{cm}^2$

• معیار T یا T-score که مقدار انحراف معیار بالا و پائین میانگین بیمار با مقایسه با شخص سالم ۳۰ ساله در همان جنس است

• معیار Z یا Z-score که مقدار انحراف معیار بالا و پائین میانگین برای خود بیمار برحسب سن و جنس است.

# دستگاه سنجش تراکم استخوان



## ● انتخاب محل برای دانسیتومتری

انتخاب مناسب ترین محل برای دانسیتومتری به علت درخواست و سن بیمار بستگی دارد و بر حسب مورد میتوان دانسیته یک یا چند محل را اندازه گیری کرد. آنچه امروزه متداول است اندازه گیری BMD ستون فقرات (L<sub>۲</sub> L<sub>۴</sub>) و استخوان فمور می باشد. البته در افراد مسن بدلیل ایجاد استئوارتریت و وجود استئوفیتها در ستون فقرات بیش از مقدار واقعی اندازه گیری میشود به همین دلیل بهترین محل برای انجام دانسیتومتری ناحیه HIP می باشد. از اینرو هنگام بزرسی گزارشات دانسیتومتری چنانچه در افراد مسن تفاوت T SCORE آبین ناحیه (L<sub>۲</sub> L<sub>۴</sub>) و HIP بیشتر از یک SD باشد ممکن است بدلیل وجود استئوارتریت یا علل گوناگون دیگر باشد که در تفسیر BMD بایستی به آنها توجه داشت