

画像診断法の長所・短所の比較

	長所	短所
CT	撮影時間が短い 空間分解能が高い 硬組織の描出に優れる	電離放射線被ばくがある 組織コントラストが低い 金属アーチファクトがある
MRI	電離放射線被ばくがない 組織コントラストが高い 骨内部（骨髄）の評価が可能	検査コストが高い 金属アーチファクトがある 動きのアーチファクトがある
超音波診断	電離放射線被ばくがない 迅速・簡便で経済的 空間分解能・組織コントラストが高い	硬組織の内部は見えない 視野が限定される 経験による診断能の差が大きい

1. CT（コンピュータ断層撮影 Computed tomography）とは

- ・エックス線を用いて人体の断面画像（断層像）を得る画像診断法である
- ・通常のエックス線画像と同様に、人体を通過した際に生じるエックス線の減弱を画像化したもの
- ・人体の各部位で減弱した数値をコンピュータで計算して断層像を構築する
- ・通常のエックス線画像では描出困難な軟組織が描出される

2. CT の歴史

- 1901 Röntgen：エックス線の発見(1901) ノーベル物理学賞
- 1917 Radon：画像の再構成について数学的に証明（ラドンの画像再構成則）
- 1945 高橋信次（名古屋大学）：回転断層撮影法の開発（CT の基礎技術）
- 1967 Hounsfield（米国・EMI 社）：CT 装置の開発
- 1979 Hounsfield・Cormack：ノーベル生理学・医学賞

3. 原理と装置

- ・エックス線管とエックス線検出器とが対向する位置に配置され被写体の周りを回転する
- ・エックス線管とエックス線検出器を収めた構造をガントリーという
- ・エックス線管からコリメータ（絞り）で薄い扇状となったエックス線ビームが照射され、被写体を透過したエックス線が検出器によって測定される
- ・検査目的部位についてあらゆる方向から得られたエックス線投影データ（エックス線吸収値の分布データ）をコンピュータ処理し、目的部位の内部構造を画像化する
- ・エックス線吸収値の分布データは白から黒までの 256 階調で画像化される

- ・エックス線吸収が小さい領域は黒く表現され、低吸収域（低濃度域）とよぶ
- ・エックス線吸収が大きい領域は白く表現され、高吸収域（高濃度域）とよぶ
- ・以前はエックス線管が交互回転し、断面ごとに患者を乗せたテーブルが移動する方式であったが、現在はエックス線管が連続回転を行うとともに、テーブルを連続的に移動する方式となった→被写体がらせん状にスキャンされる（らせん CT、ヘリカル CT、スパイラル CT とよぶ）
- ・検出器を多列にして、一度に広範囲の撮影を行う、マルチスライス CT あるいはマルチディテクタ CT（Multi-detector row CT, MDCT）が現在の主流である
- ・検出器が多列であるほど、撮影時間は短縮する（320 列では 16cm の範囲が 0.3 秒程度）

#### 4. スキャン方式の世代分類；最も普及しているのが第 3 世代

- ・開発順序で世代（Generation）に分類される
- ・投影データ収集法の違いを表す（装置の優劣ではない）
  - 第 1 世代：Translate/Rotate 方式 single pencil beam
  - 第 2 世代：Translate/Rotate 方式 narrow fan beam
  - 第 3 世代：Rotate/Rotate 方式 wide fan beam
  - 第 4 世代：Stationary/Rotate 方式 wide fan beam
  - 第 5 世代：電子ビーム偏向型

#### 5. CT の画像再構成法

- ・フィルタ補正逆投影法（Filtered back projection）：投影データのみを逆投影しただけでは画像は再構成できない→元の投影データに画像再構成関数をコンボリューションしてその結果を逆投影する→臨床診断に役立つ画像の再現
- ・逐次近似法：仮定した初期画像から計算される推定投影データと、得られた投影データの差について比較計算を繰り返し、その差を修正して再構成する

#### 6. CT 値（単位：Hounsfield Unit, HU）

- ・人体の各組織におけるエックス線減弱係数の値を、水を 0・空気を-1,000 とした相対値で表したもの
- ・相対的に骨の CT 値は 1,000 付近になる
- ・人体の構成組織の CT 値は、脂肪組織が-100HU，筋肉や血液が 50～80HU，海綿骨が 200～500HU，皮質骨や歯が 1,500～3,000HU となる

$$\text{CT 値} = (\mu_t - \mu_w) / \mu_w \times 1,000$$

但し、 $\mu_t$ ：組織のエックス線減弱係数， $\mu_w$ ：水のエックス線減弱係数

#### 7. ウィンドウ幅（Window width, WW）とウィンドウ値（Window level, WL）

- ・白～黒のグレースケール：256階調（8bit）→どの範囲を濃淡表示するかを決定する
- ・軟組織を主体に見る場合：例・ウィンドウ幅 300・ウィンドウ値 50→CT 値-100 より低いものは黒く、CT 値 200 よりも高いものは白く表示される
- ・骨を主体に見る場合：例・ウィンドウ幅 4,000・ウィンドウ値 1,000→CT 値-1,000 より低いものは黒く、CT 値 3,000 よりも高いものは白く表示される

#### 8. 部分容積効果（Partial volume effect）

- ・単位体積：ボクセル（Voxel, Volume pixel）＝画素ピクセル（Pixel）×スライス厚
- ・撮影視野（Field of view, FOV）＝240×240 mm，マトリクス（Matrix）＝512×512 とすると、ピクセルは 0.5×0.5 mm 程度、スライス厚 1.0 mm の場合には、ボクセルは 0.5×0.5×1.0 mm<sup>3</sup> の四角柱となる
- ・CT 値はボクセルに含まれる組織の平均吸収値である→単位体積中にさまざまな吸収係数のものが混在している場合、その内容物が占める割合により CT 値は変化する
- ・CT 画像は断面（切り口）の画像ではなく、スライス厚を有する断層像である点に注意
- ・スライス厚を薄くすることにより部分容積効果を小さくすることができるが、画像のノイズが増える←口腔顎顔面領域では 1mm 程度（骨では 0.5 mm 程度）のスライス厚で観察することが多い

#### 9. 三次元画像表示法 3D volumetric image display

- ・サーフェスレンダリング Surface rendering  
対象とするものの表面情報のみを抽出して三次元画像を再構築する方法
- ・ボリュームレンダリング Volume rendering  
ボクセルで構成されるボリューム・データを利用して可視化する手法で、内部の情報も加味して表現する
- ・最大値投影法（Maximum intensity projection, MIP）  
三次元的に収集された CT データから、任意の視点方向に投影処理を行い、投影線上の最大値を投影面に表示する手法
- ・多断面再構成（Multiplanar reformation / reconstruction, MPR）画像  
三次元的に収集された CT データから、任意の二次元断面を抽出し表示する方法

#### 10. アーチファクト（Artifacts）

- ・本来は存在しない、あるいは本来はその像ではない偽りの画像がさまざまな原因で発生すること、または存在するはずの構造が画像で認められないこと
- ・装置そのものに由来するものと被写体によるものに分けられる
- ・代表的なアーチファクトとして、金属によるメタル（金属）アーチファクトと体動によるモーションアーチファクトがある

- ・口腔顎顔面領域では口腔内の歯科用金属によって生じるメタルアーチファクトに最も多く遭遇する
- ・撮影断面に金属などの著しくエックス線減弱係数の大きい物質が存在すると放射状のアーチファクトが出現し、しばしば読影不可能な画像となる

#### 11. 歯科用コーンビーム CT (Cone-beam CT, CBCT)

- ・歯科領域の診断に特化した、硬組織の三次元的な画像データを得られる撮影法
- ・1999年にヨーロッパで、2001年に米国や日本で利用されるようになった
- ・エックス線を利用している点では医科用 CT と同様であるが、医科用 CT がある程度豊富な照射線量を用いてエックス線吸収の検出の正確さを軟組織にまで拡張しているのに対し、CBCT は照射線量を制限することにより、硬組織の形態描出に機能限定を行っているものである
- ・得られる画像は医科用 CT に似ているが、データ収集の方法は異なっている→X線を円錐状あるいは角錐状に照射し、画像データを面状の二次元検出器で読み取り、X線照射装置を患者の周りで回転させて三次元的な情報を得る
- ・長所：小型で価格が低廉であり、高い空間分解能 (0.3~0.08mm) の isotropic voxel の解像度を有し、照射野を限定することで低い患者被曝線量を得られる
- ・短所：CTと比較して軟組織のコントラストに乏しく、またノイズも多いことから軟組織に生じた病変を診断することが困難である。また画素値は相対値であり、CT値は得られない。三次元データの中での相対的な位置や撮影範囲内に含まれる構造体により画素値は変化する

#### 12. CT の適応

- ・腫瘍や嚢胞などの腫瘍性病変の性状診断 (鑑別) や進展範囲の評価\*
- ・炎症の進展範囲や膿瘍の位置の診断\*
- ・骨折部位の把握
- ・歯科インプラントにおける術前評価 (インプラント埋入部位から下顎管または上顎洞までの距離計測や顎骨の形態の精査)
- ・埋伏智歯と下顎管との位置関係の把握

\*腫瘍や炎症などの病変をより明瞭に描出するためには造影を行う

#### 13. CBCT の適応

- ・歯科インプラントの術前評価
- ・埋伏智歯と下顎管との位置関係の把握
- ・歯根破折や歯内・歯周病変の評価
- ・顎関節の形態の評価

#### 14. CT の造影剤

- ・非イオン性ヨード系造影剤の静脈注射（経静脈的造影）→血管及び細胞間質（血管外細胞外腔）に入り込み X 線吸収を増加させる（CT 値が上昇する→白くなる）
- ・造影剤による増強効果（contrast enhancement）：造影剤の広がりや停滞の程度は臓器・組織や疾患により異なる→血管や血管分布の豊富な組織では増強されるタイミングが早く増強効果も高いが、血管分布に乏しく細胞間質の少ない線維性の組織では増強されにくい；口腔領域の悪性腫瘍は周囲組織より強く早いタイミングで造影されることが多い
- ・ヨード造影剤の有害事象  
軽症：悪心、熱感、かゆみ、嘔吐、蕁麻疹など（出現率数%）  
重篤：血圧低下、意識消失、心停止など（出現率 0.01~0.04%）
- ・禁忌：ヨードまたはヨード造影剤に過敏症の既往歴、重篤な甲状腺疾患
- ・原則禁忌：極度に悪い一般状態、気管支喘息、重篤な心障害、重篤な肝障害、重篤な腎障害、マクログロブリン血症、多発性骨髄腫、テタニー（低 Ca 血症）、褐色細胞腫

2023.11.30 版