

Principle of Radiology for Surgeons

เรียบเรียงโดย พญ.นัยวรรณ พลสิงขร

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.นพ.เกียรติศักดิ์ ทศนวิภาส

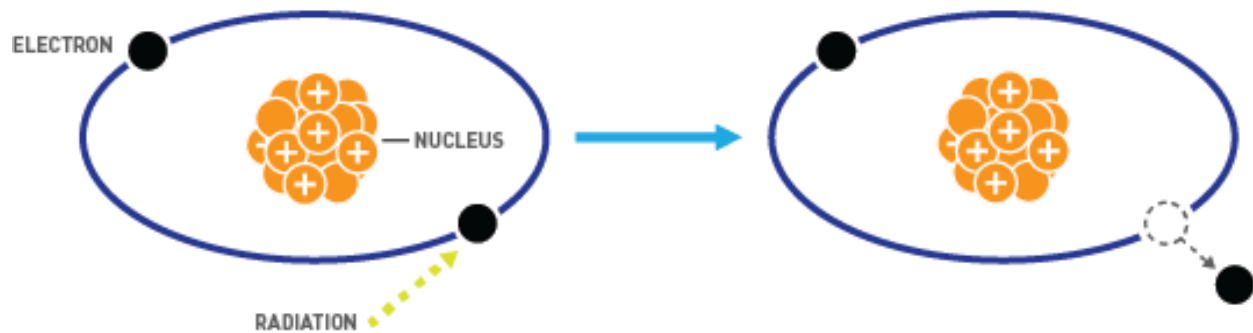
บรรยายโดย ผศ.พญ.ศุภิกา กฤษณีไพบุลย์

Overview

- Imaging investigation
- Plain radiograph
- Contrast media
- Fluoroscopy
- CT scan
- PET scan

Imaging Investigation

1. Ionizing radiation: มีรังสีปริมาณรังสีที่สูงมากพอ ที่จะทำให้ electron หลุดออกจากวงโคจร การที่ atom สูญเสีย electron หรือว่ามีประจุบวกเพิ่มขึ้น เรียกว่า เกิด ionizing radiation ซึ่งได้แก่ รังสี X, beta, gamma ที่เราใช้เป็นส่วน ใหญ่ ซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษ



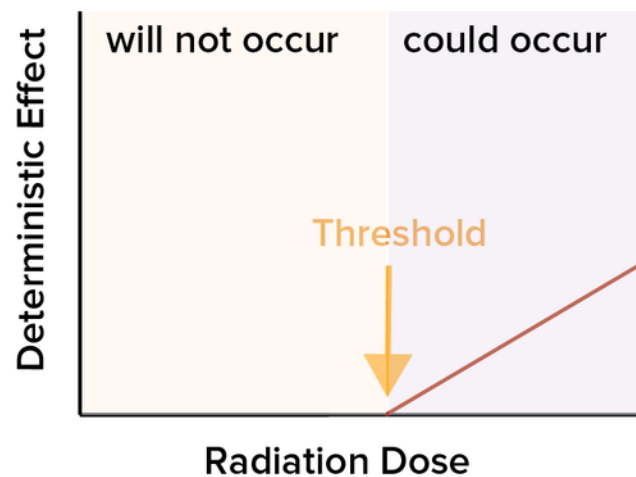
- 1.1 Plain film X-ray
 - 1.2 Fluoroscopy
 - 1.3 CT scan
 - 1.4 PET scan
 - 1.5 Angiogram
2. Non-ionizing radiation: ไม่มีรังสี ทำแล้วปลอดภัย
 - 2.1 Ultrasound
 - 2.2 MRI

X-Ray Exposure

Effect ของรังสีเอกซ์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

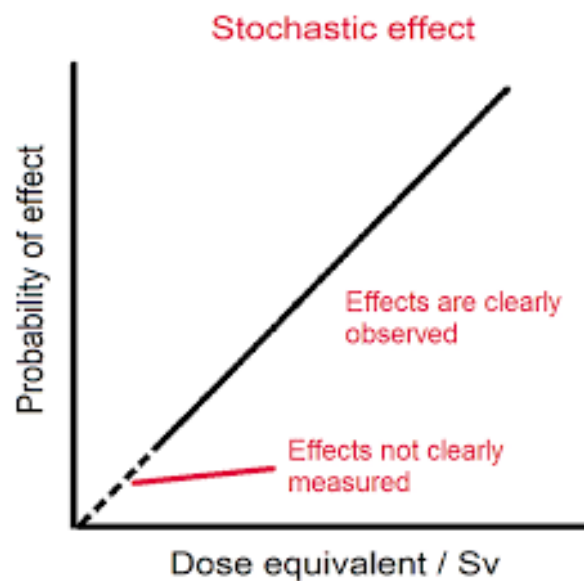
1. Deterministic effect

- ในอดีตพบได้ใน การระเบิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์, การทำ angiogram สมัยก่อน
- ปัจจุบันพบได้ไม่บ่อย
- เกิดเมื่อได้รับรังสีในปริมาณมาก จนถึง threshold แล้วถึงจะเกิดอาการ
- อาการ: skin erythema, nausea and vomiting, acute radiation syndrome (เกิดเมื่อได้รับรังสีมากกว่า 1 Gy ซึ่งอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้)
- ข้อควรระวังในปัจจุบัน เช่น CTA Brain คนไข้โรคไตแล้วไม่ได้ปรับ dose



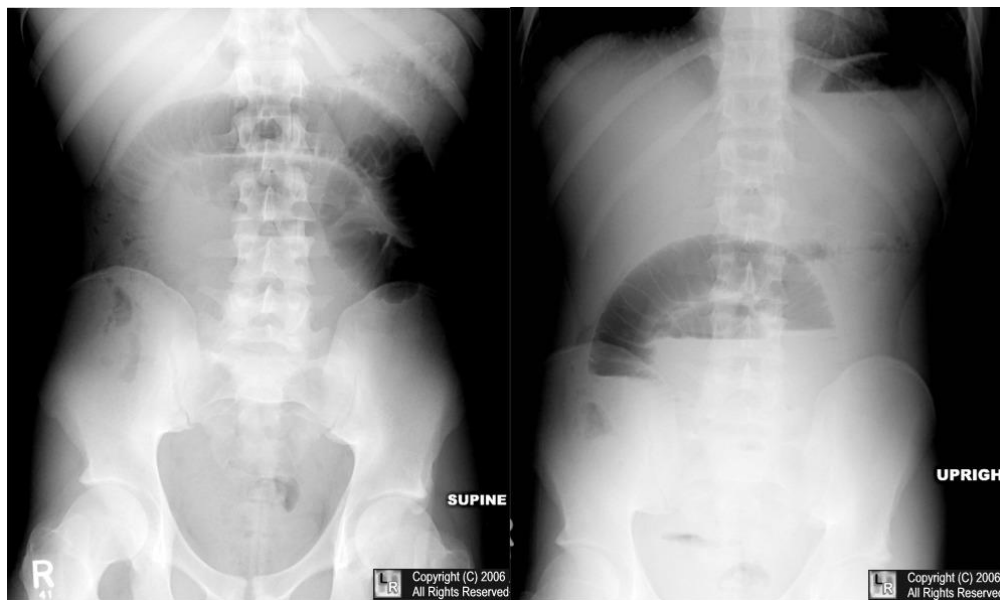
2. Stochastic effect

- เป็นการรับรังสีในปริมาณน้อยๆ ไปนานๆ สะสมไปเรื่อยๆ ไม่มี threshold
- ยิ่งปริมาณรังสีสะสมมากขึ้น ยิ่งเพิ่มโอกาสการเป็นมะเร็ง เช่น leukemia, thyroid tumor, bone tumor, skin cancer
- เพราะฉะนั้นจึงควรประเมินเรื่อง imaging indication ก่อนส่งทำทุกครั้ง ทำให้ใช้ให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นและเกิดประโยชน์สูงสุด (as low as reasonable achievable, ALARA)



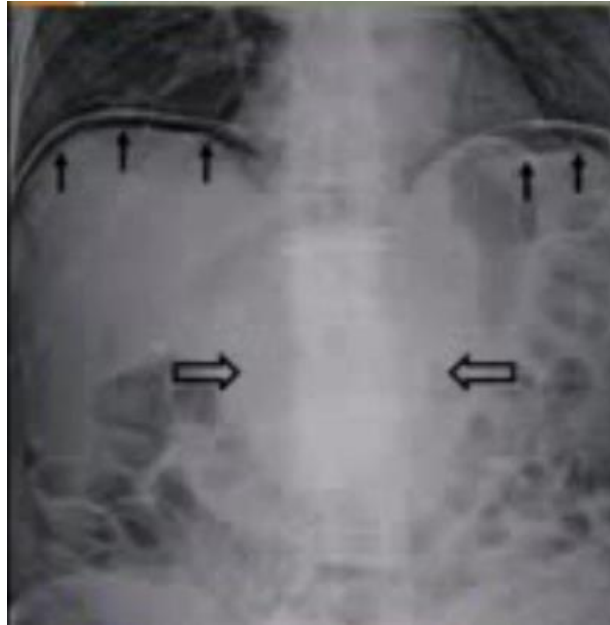
Plain Radiograph

1. Frontal projection: acute abdomen series
 - a. Supine
 - b. Upright – free air
2. Lateral projection: ช่วย locate lesion ของ mass ว่าอยู่ anterior หรือ posterior
3. Decubitus view
 - a. ดู pleural effusion : ถ้าสงสัยด้านไหน ให้เอาด้านนั้นลง
 - b. ดู pneumothorax : ถ้าสงสัยด้านไหน ให้เอาด้านนั้นขึ้น
4. Lateral cross table: มีประโยชน์ในคนไข้ที่ขยับตัวไม่ได้ เอามาแทนท่า upright เพื่อดู free air
5. Expiratory view: มีประโยชน์ใน CXR เพื่อดู bronchial obstruction ถ่ายเปรียบเทียบกับ inspiratory and expiratory



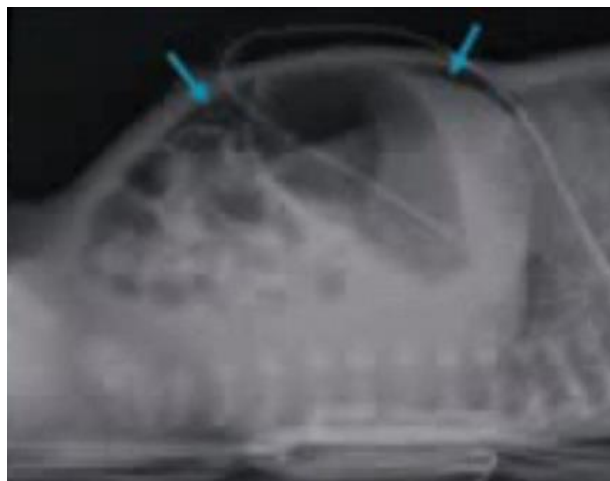
Small bowel obstruction

- Supine: เห็น small bowel เรียงตัวกันเป็นชั้นตาม mesentery เรียกว่า Step ladder pattern
- Upright: เห็น different height ของ air fluid level ใน loop เดียวกัน



Duodenal perforation

- Case 50-year-old male with HCC S/P TACE presented with acute abdominal pain
- Film supine: Mass ที่มีลักษณะภายในก้อนเหมือน dense calcification แต่ความจริงแล้วเป็น lipiodor ที่เป็นการทำ TACE, free air under both dome of diaphragm



Gastric perforation

- Case 18-day-old girl
- Film lateral cross table – ใช้ในเด็กเล็ก, คนไข้ที่เคลื่อนไหวไม่ไหว, free air

Contrast Agents

Contrast media จะช่วยทำให้เห็นความแตกต่างและความหนาแน่นของ tissue ได้ชัดเจนเมื่อทำเอกซเรย์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. Negative contrast agents: จะเห็นจากเอกซเรย์เป็นสีดำ ปัจจุบันใช้ไม่ค่อย
 - Air
 - Carbon dioxide เช่น การใช้ CO₂ เป็น contrast agent ในการทำ angiogram สำหรับผู้ป่วยที่มี contraindication ในการฉีด contrast media แต่ห้ามใช้กับเส้นเลือดที่อยู่เหนือ dome of diaphragm เนื่องจากจะทำให้เกิดไหลของ air emboli เข้าไปใน brain
2. Positive contrast agents: จะเห็นจากเอกซเรย์เป็นสีขาว

Barium agents

1. Double contrast study
 - ใช้ positive and negative contrast agent
 - ใช้ดู ulcer, mucosal lesion โดยที่จะใส่ลมเข้าไป เพื่อให้เกิด bowel distention และให้แป้งเคลือบ mucosa ได้ดีขึ้น เช่น barium enema, upper GI study
2. Single contrast study
 - ใช้ positive contrast agent
 - ใช้ดูในแง่ anatomy เท่านั้น เช่น ตับ หรือ ป่อง ตรงไหน

Partial obstruction

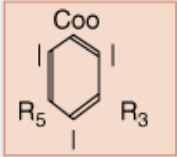
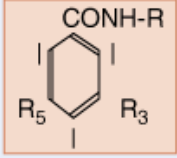
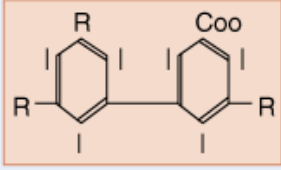
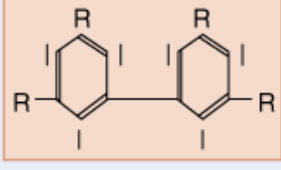
Child < 7 years

เมื่อไหร่ก็ตามที่สงสัย bowel perforation ไม่ควรส่ง barium study เนื่องจากจะเกิด barium leakage ทำให้เกิด

barium peritonitis

Water soluble contrast media

1. การที่เราเห็น contrast media เป็นสีขาว เกิดจาก iodine ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ benzene ring โดยที่ใน 1 benzene ring ประกอบไปด้วย iodine 3 atoms
2. 1 benzene ring เรียกว่า monomer, 2 benzene rings เรียกว่า dimer
3. Ionic หมายความว่า ลงไปอยู่ในน้ำแล้วแตกตัวได้
Nonionic หมายความว่า ลงไปอยู่ในน้ำแล้วแตกตัวไม่ได้
4. เช่น ionic monomer เมื่อลงไปอยู่ในน้ำ แล้วแตกตัวให้ได้ 2 ประจุ → iodine atoms:particle = 3:2
5. ปัจจุบันที่ยังใช้มีแค่ nonionic monomer และ nonionic dimer โดยที่ส่วนใหญ่เกือบ 100% จะเป็น nonionic monomer ซึ่งมีประโยชน์ในกรณีที่มีปัญหาเรื่อง creatinine สูง บางยี่ห้อ max. creatinine อยู่ที่ 4 mg/dl

A. Ionic monomer (HOCM) Conventional contrast medium salt [e.g., sodium iothalamate (Conray)] 	Iodine atoms Particles 3:2	Osmolality osmols/kg H₂O 280 milligrams I₂/mL 1500
B. Nonionic monomer (LOCM) Substituted amide [e.g., iohexol (Omnipaque), iopamidol (Niopam)] 	3:1	600
C. Ionic dimer (LOCM) Mono-acid dimeric salt [e.g., sodium ioxagiate (Hexabrix)] 	6:2	560
D. Nonionic dimer (LOCM) [e.g., iodixanol (Visipaque) iotralan (Isovist)] 	6:1	300

ACR Manual on Contrast Media (version 10.2 2016)

1. Acute adverse reactions

1.1 Allergic like reaction

- Anaphylactoid, idiosyncratic (unexpected)
- Independent of dose and concentration

1.2 Physiologic reaction

- Dose and concentration dependent
- CVS effect, pulmonary edema, vasovagal ถ้าหากผู้ป่วยมีโรคประจำตัวหรือมีความเสี่ยงที่จะเกิดอาการดังกล่าวอยู่แล้ว การใช้ contrast media จะยิ่งเพิ่ม risk

1.3 Risk factors for acute contrast reactions

- A prior allergic-like reaction (โอกาสเป็นซ้ำ 10% – 35%)
- Atopic eczema, severe allergic reaction
- Asthma and those receiving beta-adrenergic blocker therapy
- Significant cardiovascular disease (severe AS, CHF)
- Prior allergic-like reaction to gadolinium based contrast media injection → no greater risk for allergic-like reaction to iodine based contrast media injection

เพราะฉะนั้นหากซักประวัติแล้ว ผู้ป่วยมี risk factor เหล่านี้ ควรพิจารณาให้ยา pre-medication

2. Delayed adverse reactions

- 30 – 60 mins ถึง 1 week
- Allergic like & cutaneous
- 0.5% - 14%
- No treatment, observe

Surgical consultation extravasation of ICM

1. Severe extravasation – 100 ml(อดีต) แต่ปัจจุบันยังไม่มีตัวเลขยืนยันที่แน่นอน
2. Progressive swelling or pain
3. Altered tissue perfusion
4. Change in sensation
5. Skin ulceration or blistering

อาการนอกเหนือจากนี้ ให้ observe, supportive treatment

บางคนใช้ cold compression เพื่อลด pain ส่วนบางคนใช้ warm compression เพื่อหวังให้เกิด vasodilatation ซึ่งจะทำให้เกิด tissue perfusion เพิ่มขึ้น และเพิ่มการ reabsorption ของ contrast media

Contrast induced nephropathy (CIN)

- เนื่องจาก water soluble contrast media ที่ใช้ เกือบ 90% ขับออกทางไต เพราะฉะนั้นมีโอกาสทำให้เกิดภาวะ contrast induced nephropathy ได้
- ไม่ใช่ทุกคนที่ต้องดูค่า creatinine ยกเว้น

Require serum creatinine screening

1. Age > 60 years old ที่ไม่เคยเจาะค่า creatinine มาก่อน
2. History of renal disease, including
 - Dialysis
 - Kidney transplant
 - Single kidney

- Renal cancer
- Renal surgery
- Hypertension requiring medical therapy
- Diabetes mellitus
- Metformin or metformin-containing drug combinations – ระวังหลังฉีด contrast media แล้วเกิดภาวะ AKI ซึ่งจะเพิ่มโอกาสการเกิดภาวะ lactic acidosis ได้

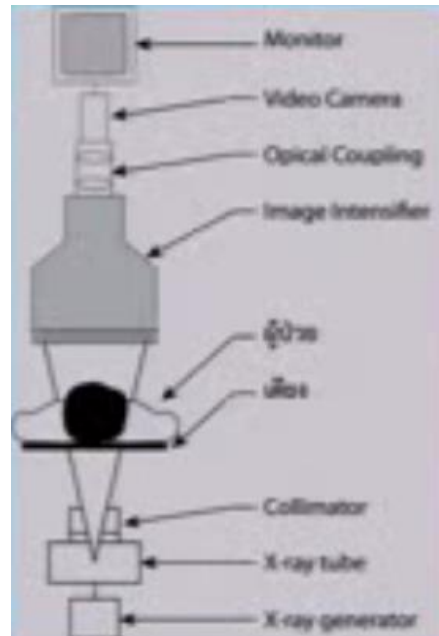
Nephrogenic Systemic Fibrosis (NSF)

สมัยก่อนมีความเชื่อว่าคนไข้ที่ไตไม่ดี ไม่สามารถทำ CT scan with contrast media ได้ จึงเปลี่ยนไปทำ MRI ดีกว่า ซึ่งความจริงแล้วในคนไข้ที่มี GFR ไม่ดี หากทำ MRI with gadolinium จะมีโอกาสเกิดภาวะ nephrogenic systemic fibrosis ได้ ถ้าค่า creatinine < 4 ยังมีทางเลือกเป็น water soluble contrast media ที่เป็น nonionic monomer แต่ถ้าจำเป็นต้องตรวจ MRI with gadolinium จริงๆ ให้คำนวณค่า GFR เพื่อประเมินก่อน

1. CKD 1 or 2 (GFR > 60 mL/min/1.73 m²)
 - No associated with NSF
2. CKD 3 (GFR 30 – 60 mL/min/1.73 m²)
 - Rare NSF, precaution of GFR < 40
 - Gd 0.1 mmol/kg
3. CKD 4 or 5, no chronic dialysis (GFR < 30 mL/min/1.73 m²)
 - No proof any Gd-based completely safe
 - If needed Gd, recommend macrocyclic agents e.g. Datarem, Gadavist
4. ESRD and on chronic dialysis*
 - Consider administering iodinated contrast media and performing CT rather than in MRI เนื่องจาก ภาวะ CIN เป็น reversible condition ที่ทำ hemodialysis ก็สามารถ recover ได้ หรือสามารถทำเป็น MRI with tissue contrast ที่ไม่ต้องฉีด gadolinium ก็ได้

ภาวะ nephrogenic systemic fibrosis พบได้ไม่บ่อย แต่เป็น irreversible fibrosing disorder ในผู้ป่วยที่เป็น renal failure ที่จะทำให้มี fibrosis เกาะติดตาม organs ต่างๆ เช่น skin, muscle, lungs, diaphragm, myocardium, pericardium, pleural, and dura mater โดยมักจะพบหลังจากทำประมาณ 2 – 4 weeks (latent period) แต่มี report range ได้ตั้งแต่ 2 วันไปจนถึง 8 ปี

GI fluoroscopy



ในเอกซเรย์ แสงจะมาจากทางด้านบน ที่รับภาพจะอยู่ด้านล่าง ส่วน fluoroscopy นั้นจะกลับกัน โดยที่แสงจะมาจากทางด้านล่าง และที่รับภาพจะอยู่ด้านบน และจะแปลงสัญญาณกลายเป็น monitor ที่ทำให้เราเห็น

Fluoroscopic examinations of adult alimentary tract in a large academic medical center 2008

ตารางนี้แสดงให้เห็นถึงที่ใช้ของ fluoroscopy ในปัจจุบัน

Examination	Numbers (% of total)
Video esophagrams	342 (10.1%)
Double contrast upper GI examinations	551 (16.2%)
Esophagrams	315 (9.3%)
Upper GI series	236 (7.0%)
Single contrast upper GI examinations	1644 (44.5%)
Esophagrams	505 (14.9%)
Upper GI series	1139 (33.6%)
Small bowel examinations (delicated exams and "follow-throughs")	490 (14.4%)
Double contrast enemas	13 (0.4%)
Single contrast enemas	353 (10.4%)
Total	3393 (100.0%)

Why the fluoroscopic still surviving?

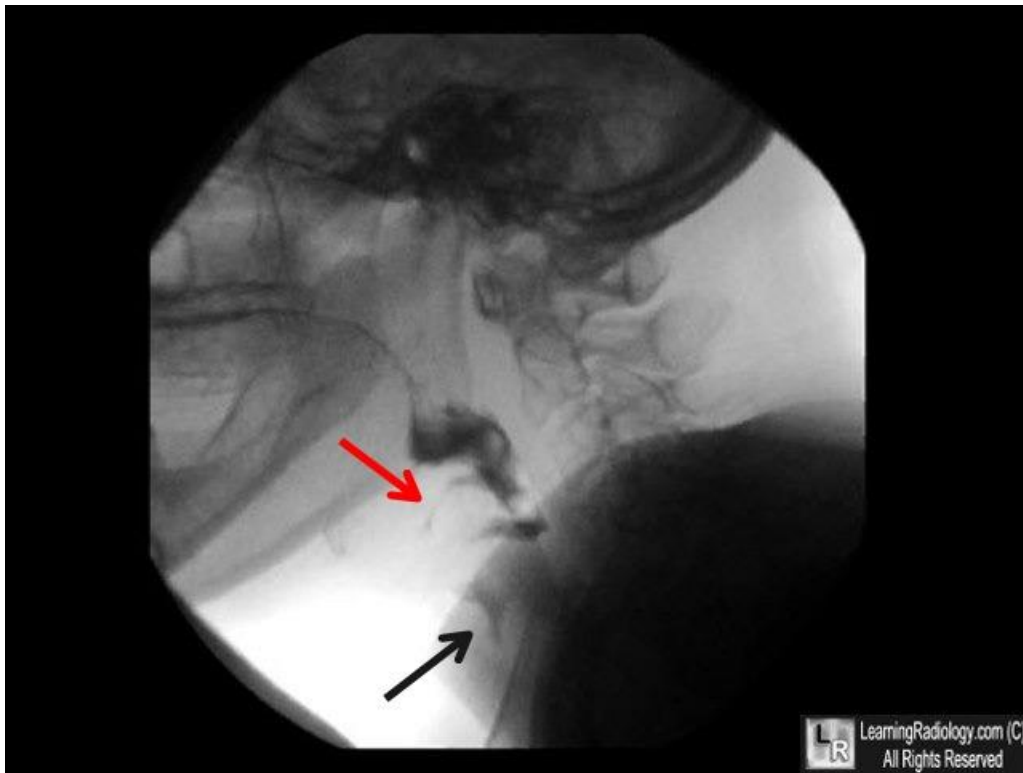
- Motility information เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลเป็น real time
- Identify the presence and exact location of an extraluminal leak
- Post-operative patient
- On-the-spot diagnoses allowing repeat, refine, or perform additional tests

GI fluoroscopic examinations that are presently performed?

1. Video esophagrams – oropharyngeal dysphagia เช่น ในคนที่มีปัญหาเรื่องการกลืน
2. Double contrast UGI study
 - Esophageal and gastric motility
 - GER
 - Erosions and ulcers not well visualized at CT or in patients for whom endoscopy cannot be performed.
3. Single contrast UGI study
 - Anastomotic leak following surgery ใช้บ่อย
4. Small bowel study
 - Obstruction, morphology
 - Degree, length of focal narrowing
 - Evaluate partial or complete obstruction before capsule ingestion
5. Double contrast barium enema
 - Not tolerate complete colonoscopy
 - แต่ปัจจุบัน นิยมทำ CT colonoscopy มากกว่า
6. Single contrast barium enema
 - Post-surgical anastomotic leak ex. LAR, ileoanal anastomosis with J-pouch

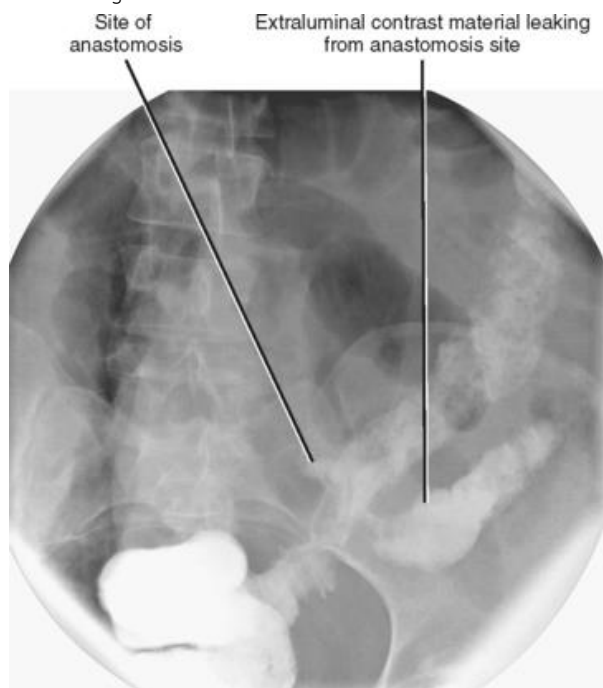
ข้อระวัง ในคนที่ทำ colonoscopy and full thickness biopsy มา แล้วต้องการขอทำ Barium enema หรือ contrast study ที่ทำโดยการสวน จะต้อง delay procedure at least 7 days

Case a 52-year-old man with frank aspiration in the setting of jaw fracture

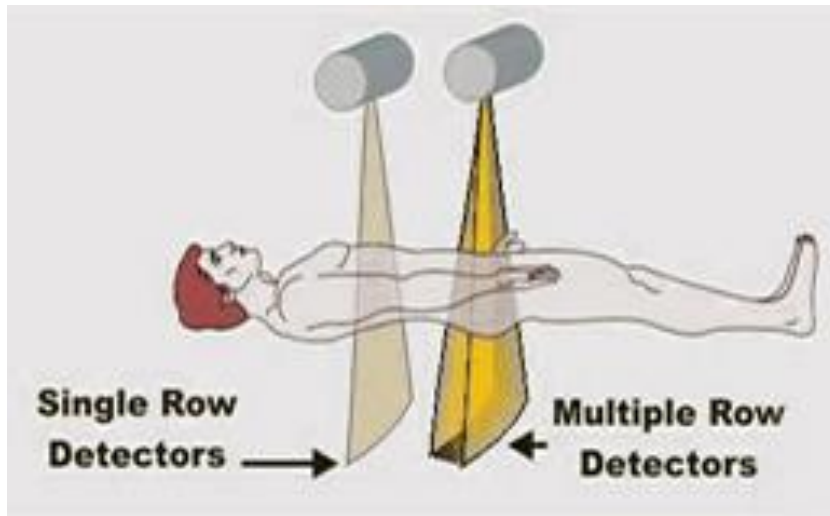


Barium has passed beneath the epiglottis (red arrow) and is well below the level of the glottis in the trachea (white arrow)

Case a 58-year-old woman with leakage at anastomosis



Multi-detector computed tomography



ในอดีต CT scan มีเพียงแค่ 1 slide เรียกว่า single row detectors แต่ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาให้ตัดได้หลาย slide เพื่อ cover area ได้มากขึ้น เรียกว่า multiple row detectors สูงสุดในปัจจุบันคือ 640 slides ความหนาที่น้อยที่สุด 0.5 cm ความยาว 16 cm ใช้เวลา 0.275 secs/รอบ

Effective dose for CT scan

เนื่องจากปัจจุบันมีการใช้ CT scan กันอย่างแพร่หลาย รวมทั้งในการทำแต่ละครั้ง จะมีการรับ x-ray exposure ปริมาณมาก จึงต้องคำนึงถึง stochastic effect ของการเกิด carcinogenesis ด้วย

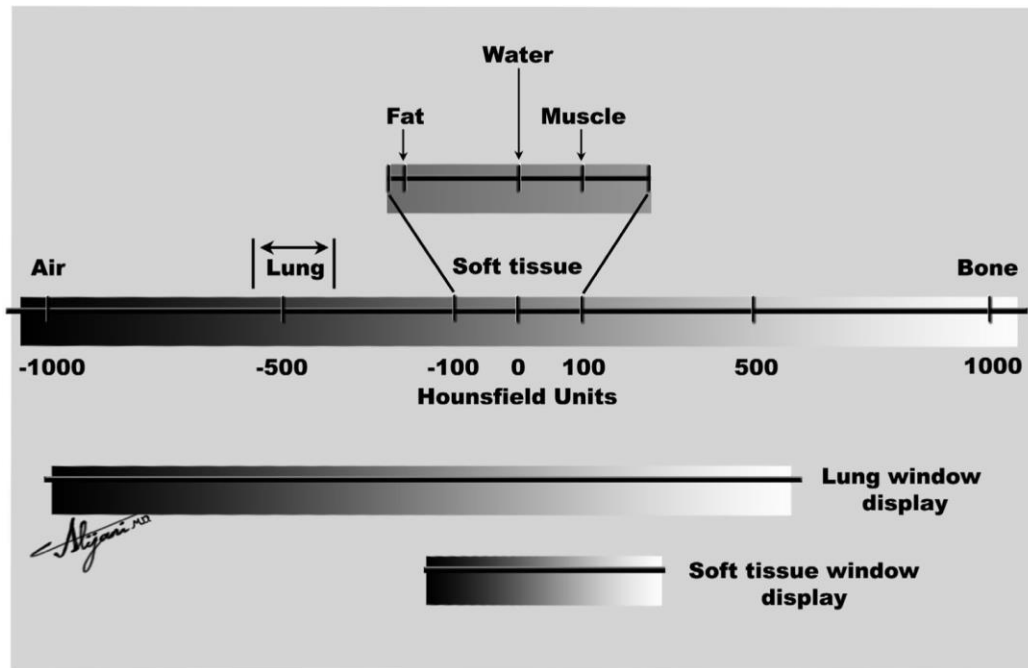
Organs	Radiation exposure (mSv)	Radiation amount compared with 1 CXR	Radiation amount compared with natural background dose
Brain	2.3	115	1 year
Chest	8	400	3.6 year
Abdomen and pelvis	10	500	4.5 year

Effective dose (mSv)	Cancer risk	Risk concern	Example
< 0.1	1 : 1,000,000	No	CXR, skull, extremities
0.1 – 1	1 : 100,000	Very low	Spine, abdomen
1 – 10	1 : 10,000	Very low	Upper GI study, BE, CT brain
10 – 100	1 : 1,000	Low	Contrast enhanced CT, interventional radiology
100	1 : 200		
>100	1 : 100	Moderate	Multiphase CT, interventional radiology, cardiac catheterization

CT Hounsfield Units

Hounsfield units คือ หน่วยที่ใช้อ่าน density ของ CT scan

Tissue	CT numbers (HU)
Bone	1000 (cancellous bone) to 3000 (dense bone)
Blood	40
Muscle	10 to 40
Grey matter (brain)	35 to 45
White matter (brain)	20 to 30
CSF	15
Water	0
Fat	-50 to -100
Soft tissue	-100 to -300
Lung	-700
Air	-1,000



CT Abdomen/Pelvis

- NPO 4 hours เพื่อป้องกันการแพ้ contrast แล้วมี aspiration
- Deep inspiration and breath hold เพื่อป้องกันการเกิด motion artifact
- 800 – 1000 ml of 1 – 3% diluted water soluble contrast media ให้กินก่อนประมาณ 1 ชั่วโมง
- 400 ml of water เพื่อให้ไปเคลือบ upper GI เช่น stomach, duodenum
- Rectal contrast enema
- Acute small bowel obstruction and KUB stone: relative contraindication for oral contrast media
- แบ่งเป็น 4 phases: plain, arterial, venous, delay
- Plain
 - Calcification
 - Blood
 - A 43-year-old man with chronic alcoholic pancreatitis



ใน non-contrast จะเห็น calcification ใน pancreas แต่ถ้าฉีดสีเข้าไปแล้ว จะไม่สามารถแยกกับสี contrast ที่อยู่ใน vessels ได้

- Arterial phase
 - Hypervascular lesion
 - A 74-year-old man with RCC with liver metastasis



At the operative bed of right nephrectomy there is irregular shape ill defined heterogeneous soft tissue mass lesion with necrotic and enhancing area. It infiltrates the adjacent psoas muscle and hepatic parenchyma with associated large right hepatic lobe hypervascular focal lesion and right upper lobe lung nodule.

- Venous and delayed phase
 - Case a 68-year-old man with perihilar cholangiocarcinoma



Extensive intrahepatic biliary dilatation caused by an expansile CBD heterogeneously enhancing lesion which is invading the liver

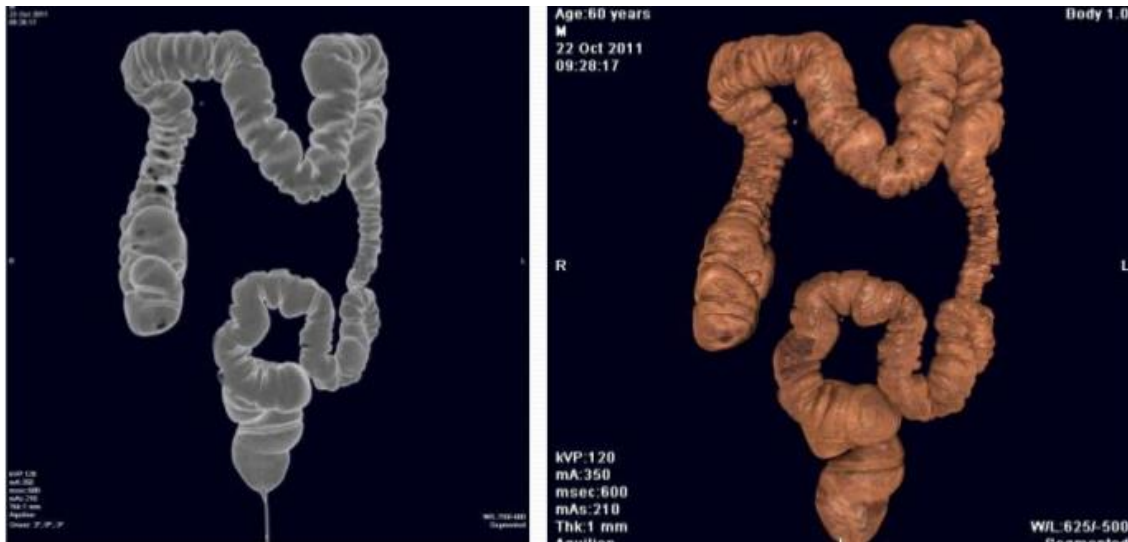
Right portal vein appears severely narrowed, highly suspicious of tumor invasion

Ascites and incidental right renal cyst

ลักษณะเด่นของ cholangiocarcinoma คือจะมี fibrous tissue ซึ่งไม่ enhance ใน arterial phase แต่จะ enhance ใน delay phase เนื่องจาก contrast จะเข้ามาที่หลัง

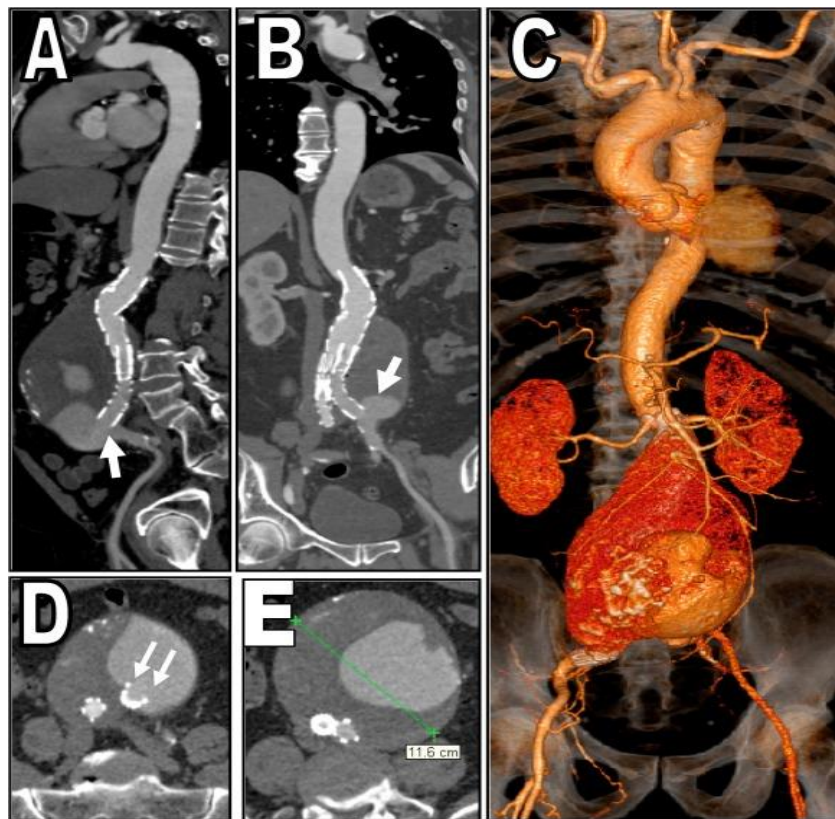
CT Colonoscopy (CTC)

1. ใช้ลมเพื่อให้เกิด bowel distension ทำให้เกิด negative contrast media
2. Bowel preparation
3. Polyp
 - > 10 mm – sensitivity 93%, specificity 97%
 - < 10 mm – sensitivity 45 – 97%, specificity 26 – 67%
4. Cancer: sensitivity 96%, specificity 91%



CT Angiogram

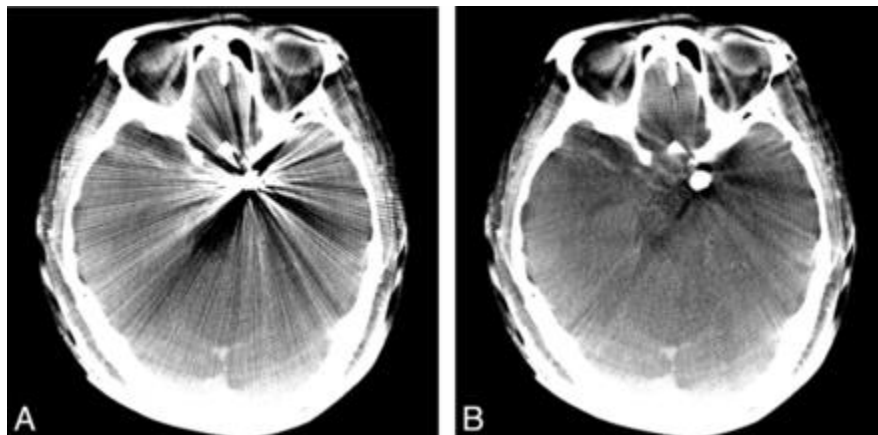
- Aortic aneurysm
- Aortic dissection
- Post EVAR/TEVAR
- Intermittent claudication
- Vascular injury



68-years-old patient. (A–E) Follow up CTA 6 months post EVAR. (A) and (B) sagittal and coronal 2D MIP images, (C) 3D VR image, (D) and (E) axial 2D images revealed leakage of contrast material along the left iliac side of the graft (arrows in A, B and D) consistent with type IB endoleak

Metallic/instrument artifact

Metal artifact reduction (MAR)



FDCT without MAR (A) and with MAR (B) of a left-side ICA aneurysm post-coil embolization

CT in trauma patient

- Indication

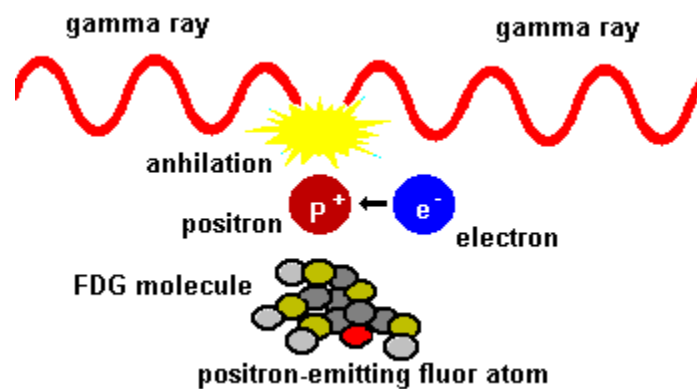
 1. Limited CT C-spine in decreased consciousness
 2. Thoracic aortic injury
 3. Pulmonary laceration/contusion
 4. Bronchial/tracheal laceration
 5. Intraabdominal organ injuries in stable vital signs

American Association of the Surgery of Trauma (AAST) grading scale for solid organ injuries

	Subcapsular hematoma	Laceration
Liver injury grade		
Grade I	<10% of surface area	<1 cm in depth
Grade II	10-50% of surface area	1-3 cm
Grade III	>50% of surface area or > 10 cm in depth	>3 cm
Grade IV	25-75% of a hepatic area	
Grade V	>75% of a hepatic area	
Grade VI	Hepatic avulsion	
Splenic injury grade		
Grade I	<10% of surface area	<1 cm in depth
Grade II	10-50% of surface area	1-3 cm
Grade III	>50% of surface area or > 10 cm in depth	>3 cm
Grade IV	>25 devascularization	Hilum
Grade V	Shattered spleen Complete devascularization	

- Limitation – low sensitivity for bowel and mesentery
- No need for oral contrast media

Positron Emission Tomography (PET)



- การที่จะทำ PET scan ได้ จะต้องมีการสร้าง cyclotron ทำให้เกิด positron ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยา annihilation กับ electron ให้ photon ออกมา
- Functional imaging ทำให้เกิด เพราะฉะนั้นจำเป็นจะต้องใช้ควบคู่กับ anatomical imaging จึงกลายเป็น fusion imaging เช่น PET-CT scan, PET-MRI scan

- สารที่บ่งชี้ที่ใช้บ่อย คือ 18-F-FDG (2-(¹⁸F)fluoro-2-deoxy--D-glucose)

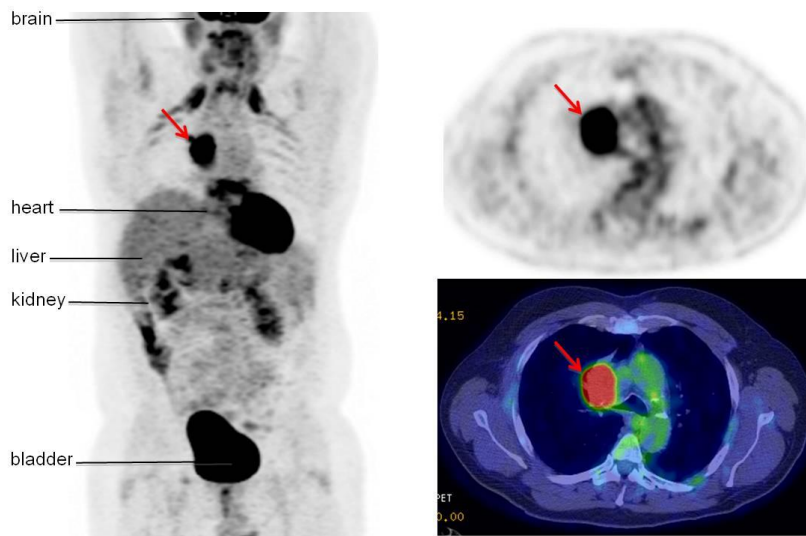
หลักการคือ cell ที่มีการแบ่งตัว จะมีการใช้ glucose ในกระบวนการ metabolism ดังนั้นจะทำให้เกิด glucose uptake เข้าไปใน cell และเกิด glucogenesis 18-F-FDG เป็น glucose analog ซึ่ง cell ที่ uptake เข้าไปจะไม่สามารถเกิดกระบวนการ glucogenesis ได้ จึงทำให้นำมาใช้เป็นตัววัดปริมาณ 18-F-FDG ที่ขังอยู่ภายใน cell

Standardized uptake value (SUV)

$$SUV = \frac{FDG \text{ concentration in tissue at time } T}{FDG \text{ dose}/BW}$$

ดังนั้น cell ไหนที่มี metabolism สูง ก็จะมี increased glucose uptake ทำให้เกิด increased SUV เช่น brain, myocardium, skeletal muscle, larynx, stomach, liver, thyroid, thymus, spleen, brown fat

- Use for follow up recurrence and surveillance
 1. Lymphoma
 2. Non-small cell lung cancer
 3. Melanoma
 4. Colonic cancer
 5. Breast cancer
 6. H & N cancer
 7. Esophageal cancer
 8. Negative in PET FDG: Carcinoid tumor, Adenocarcinoma lung, Mucinous adenocarcinoma, Well-differentiated NET



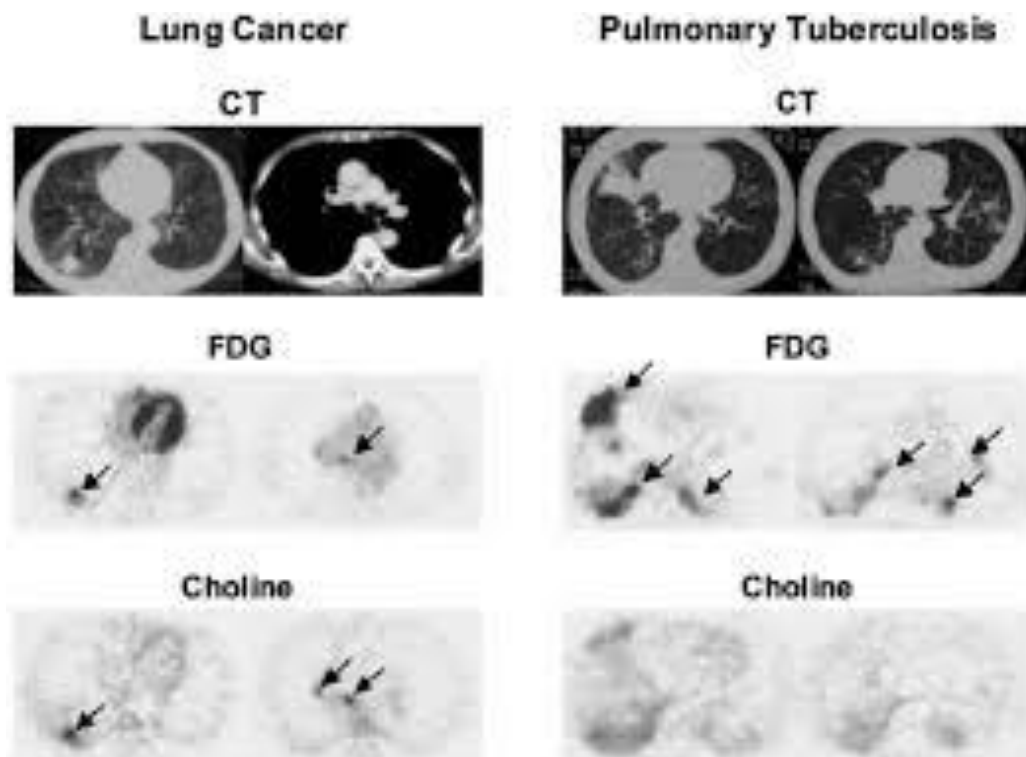
This 55-year-old smoking man developed new cough. PET/CT shows a large, active cancer (arrow) compressing the bronchus leading to the right lung

PET – beyond FDG

- ข้อจำกัดของ FDG คือ cell ใดที่มี metabolism ก็สามารถ uptake FDG ได้หมด รวมไปถึง tumors และ infection ที่จะทำให้ผล PET scan positive
- PET scan นั้นจะมี sensitivity สูง แต่ specificity ต่ำ
- Tracer for tumor characterization

เป็นสารที่บ่งชี้ที่ specific กับ tumor ชนิดนั้นๆ ไม่มี false positive

Glucose metabolism	[¹⁸ F] FDG
Protein synthesis	C-11 methionine
Membrane function	C-11 choline
Proliferation	[¹⁸ F] FLT
Hypoxia	[¹⁸ F] FMISO [¹⁸ F] FAZA [¹⁸ F] ATSM
Apoptosis	[¹⁸ F] Annexin V
Angiogenesis	[¹⁸ F] NFR-peptide
Neuroendocrine tumors	[¹¹⁰ In] Octreotide [⁵⁶ Ga] Dotanoc



Reference

- https://teachnuclear.ca/general_resources/facts/radiation-and-nuclear-energy/
- <https://www.whiteripleyradsafety.com/2-4/>
- <https://iopscience.iop.org/book/978-0-7503-1058-1/chapter/bk978-0-7503-1058-1ch4>
- <https://www.learningradiology.com/archives06/COW%20216-SBO/sbocorrect.htm>
- <https://www.accessmedicine.mhmedical.com/content.aspx?bookid=348§ionid=40381801&jumpsectionID=40414141>
- <https://www.learningradiology.com/archives2012/COW%20492-Aspiration/aspirationcorrect.html>
- <https://www.radiologykey.com/gastrointestinal-tract-5/>
- <https://www.medcarediagnostics.com/Multidetector.php>
- <https://www.crashingpatient.com/imaging/ct-scan-info.htm/>
- <https://www.radiologykey.com/computed-tomography-12/>
- <https://www.radiopaedia.org/articles/pancreatic-calcifications-2>
- <https://www.radiopaedia.org/cases/recurrent-renal-cell-carcinoma>
- <https://www.radiopaedia.org/articles/cholangiocarcinoma>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378603X17300700>
- https://www.researchgate.net/figure/Metal-artifact-reduction-Axial-CT-images-of-the-pelvis-including-A-a-140-kVp-SE-CT_fig9_305212203
- <https://www.ajnr.org/content/35/7/1288>
- Schwartz's Principles of Surgery, 9th Edition, Trauma
- <http://www.snmmi.org/AboutSNMMI/Content.aspx?ItemNumber=949>
- [https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)37645-5/pdf](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)37645-5/pdf)