

# Efectos de la radioterapia en el esqueleto en crecimiento

Ramón Sánchez

Radiología Pediátrica

Universidad de Michigan

[ramonsan@umich.edu](mailto:ramonsan@umich.edu)

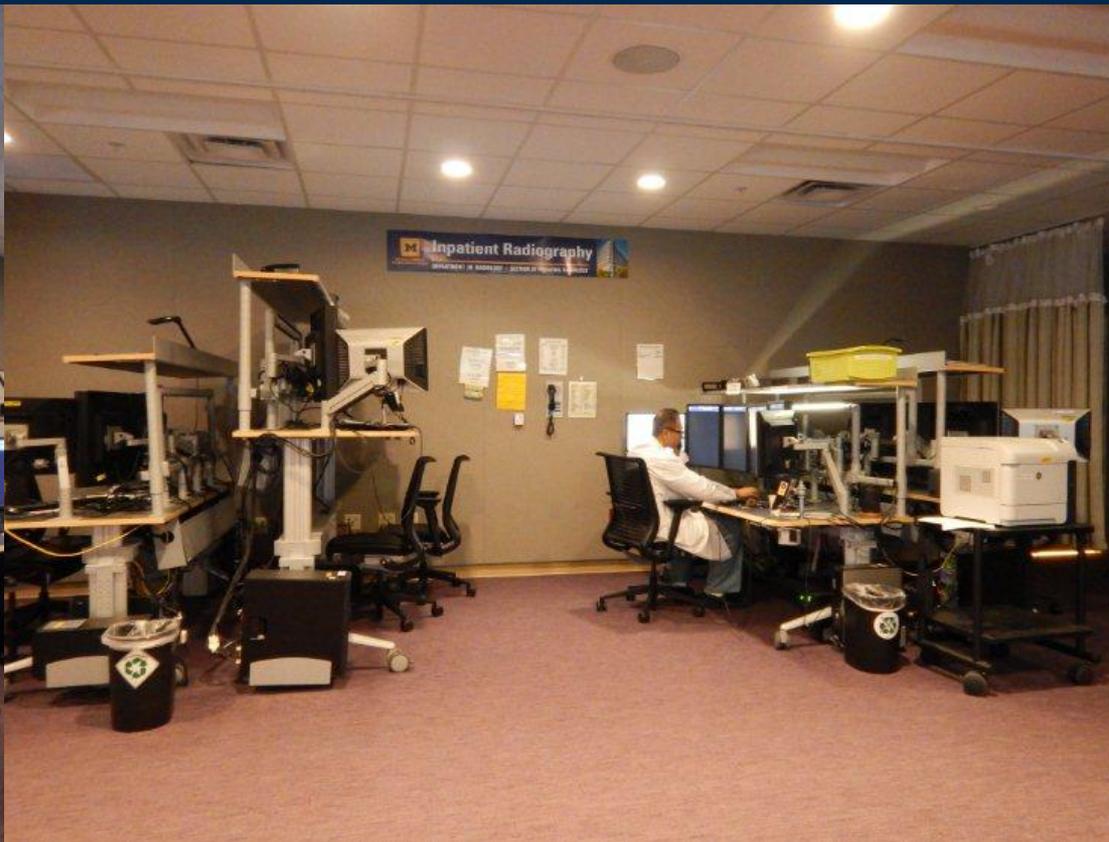












No tengo conflictos de interés

# Efectos de las radiaciones ionizantes

## Estocásticos

- Severidad de los efectos (Ej: cáncer, efs. hereditarios) es la misma pero la probabilidad de que ocurran aumenta con la dosis
- No hay un umbral de dosis
- Bajos niveles de exposición
- Probabilidad es baja

## Determinísticos

- Efectos ( Ej: Radio-dermitis, cataratas, < linfocitos) dependen:
  - dosis (> dosis >efecto)
  - tasa de dosis
  - Forma de administración
  - Tejido (RADIOSENSIBILIDAD)
- Hay un umbral de dosis
- Raros en radiología diagnóstica, frecuentes en RT

# Como ocurren los efectos?

- Deposito de energía a nivel del núcleo provocando ionizaciones
- Ionización causa daño al DNA
  - Directamente
  - A través de generación radicales libres
- Efectos
  - Inmediatos: muerte celular
  - Daño celular: cáncer, defectos

# EFFECTOS DETERMINISTICOS EN RADIOLOGIA



Titus R. Koenig et als. Radiation injury secondary to cardiac interventional procedure. *AJR* 2001;177:3–11



# Radiosensibilidad

- Susceptibilidad de células, tejidos, órganos, organismos a la acción deletérea de la radiación
- Directamente proporcional a tasa de división celular, e inversamente proporcional al grado de diferenciación de las células
- Pacientes pediátricos son más susceptibles
  - Mayor radiosensibilidad
  - Mayor esperanza de vida

<b>High Radiosensitivity</b>
Lymphoid organs, bone marrow, blood, testes, ovaries, intestines
<b>Fairly High Radiosensitivity</b>
Skin and other organs with epithelial cell lining (cornea, oral cavity, esophagus, rectum, bladder, vagina, uterine cervix, ureters)
<b>Moderate Radiosensitivity</b>
Optic lens, stomach, growing cartilage, fine vasculature, growing bone
<b>Fairly Low Radiosensitivity</b>
Mature cartilage or bones, salivary glands, respiratory organs, kidneys, liver, pancreas, thyroid, adrenal and pituitary glands
<b>Low Radiosensitivity</b>
Muscle, brain, spinal cord

# Umbrales para efectos determinísticos

TEJIDO- EFECTO	LIMITE	
	Dosis Total. Exposición única (Gy)	Dosis anual en caso de fraccionada(Gy/a.)
Testículos <i>Esterilidad</i> <i>E. Permanente</i>	0.15 3.5-6.0	0.4 2.0
Ovarios <i>Esterilidad</i>	2.5-6.0	>0.2
Cristalino <i>Opacidades</i> <i>Catarata</i>	0.5-2.0 5.0	>0.1 >0.15
Medula ósea <i>Depresión de la hematopoyesis</i>	0.5	>0.4

# RADIOTERAPIA

- Uso de radiación de alta energía en tto. oncológico
  - Externa, interna , sistémica
- Factores
  - Tipo y localización del cáncer
  - Área tratada
  - Tipo y dosis
  - Edad- sexo
  - Genética
  - Patología preexistente
  - Tratamiento concomitante

# Efectos secundarios de la RT

- Emocionales
- Trastornos de aprendizaje
- Reproductivos- hormonales
- Respiratorios
- Digestivos, dentales
- Visuales
- Auditivos
- Trastornos del crecimiento
- Segundos tumores

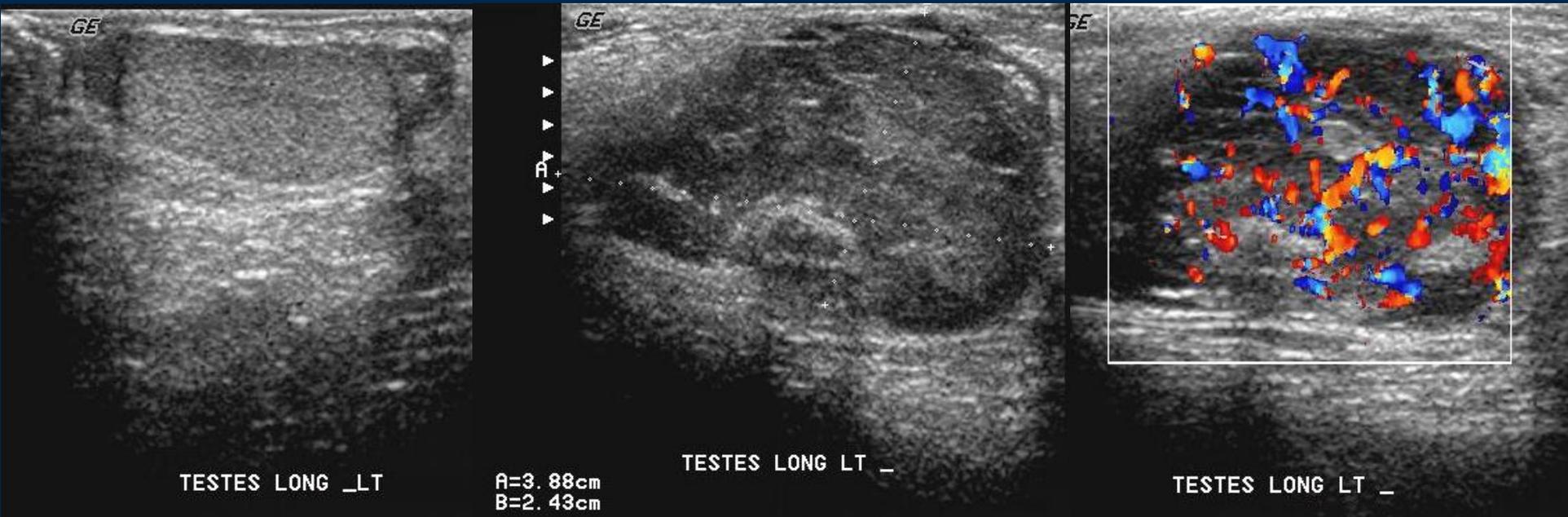


# Efectos óseos de la radioterapia

- Trastornos del crecimiento
- Osteítis radica
- Depleción medula ósea
- Fracturas
- Tumores secundarios

# Caso # 1

varón 32 meses con masa escroto izquierdo 6/2004



Rabdomiosarcoma alveolar de la base del pene

Tto: cirugía, QT, RT cadera izquierda ( 41.4 Gy/ 1.8 Gy f) 12/2004

2/2006



3/2009



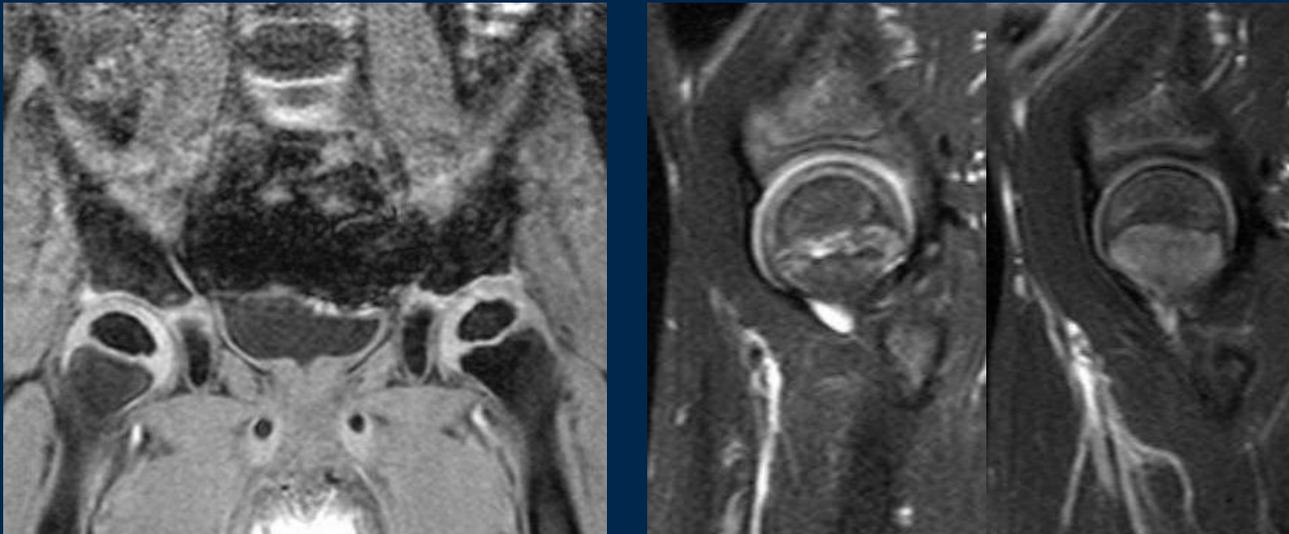
9/2009



- Ensanchamiento fisario: ttno. osificación del cartílago
- Deshilachamiento metafisario: persistencia de cartílago no osificado
- Esclerosis metafisaria: aumento del depósito mineral y déficit condroclástico

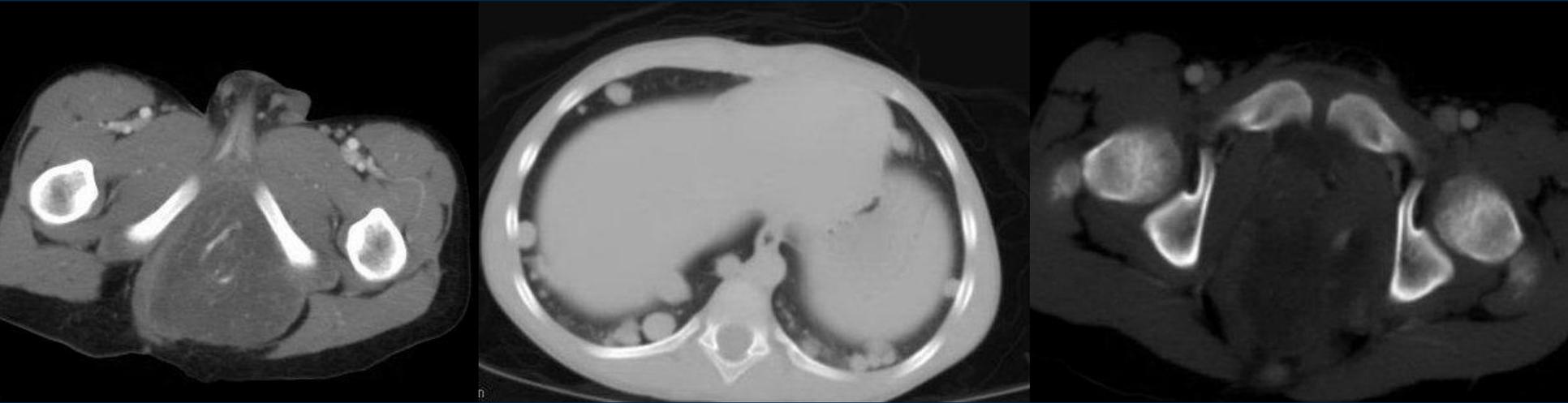
# Trastornos de crecimiento

- Causas: condrogenesis, lesión vascular
- Umbrales
  - Microscópicos: 300 cGy
  - Retraso del crecimiento: 400 cGy
  - Reversibles: < 1200 cGy
  - Irreversibles : > 1200 c Gy



# Caso #2

## varón de 8 años con masa rectal (7/2005)

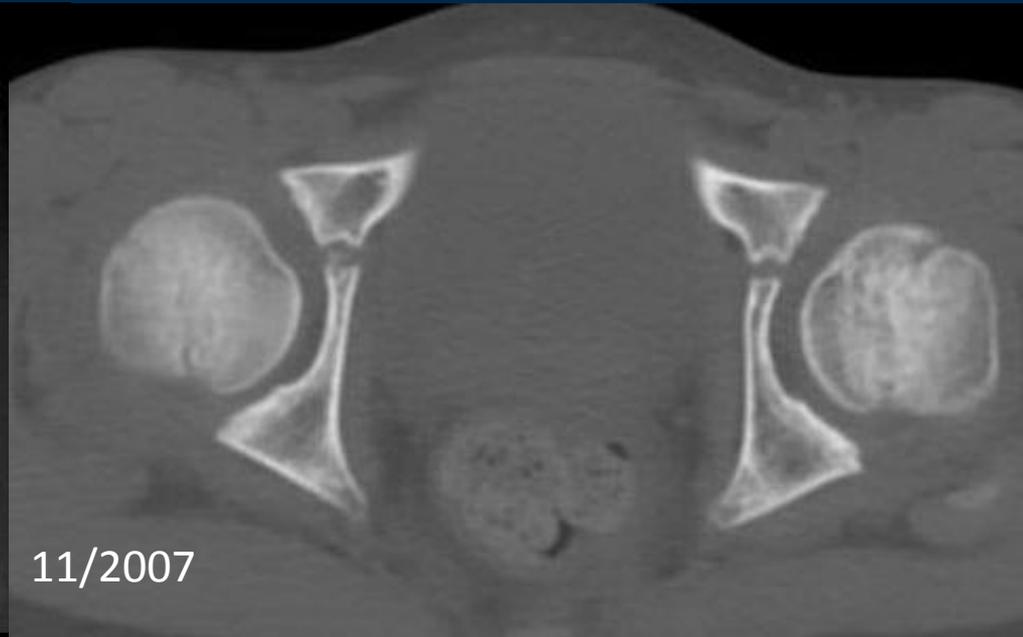


RABDOMIOSARCOMA EMBRIONARIO

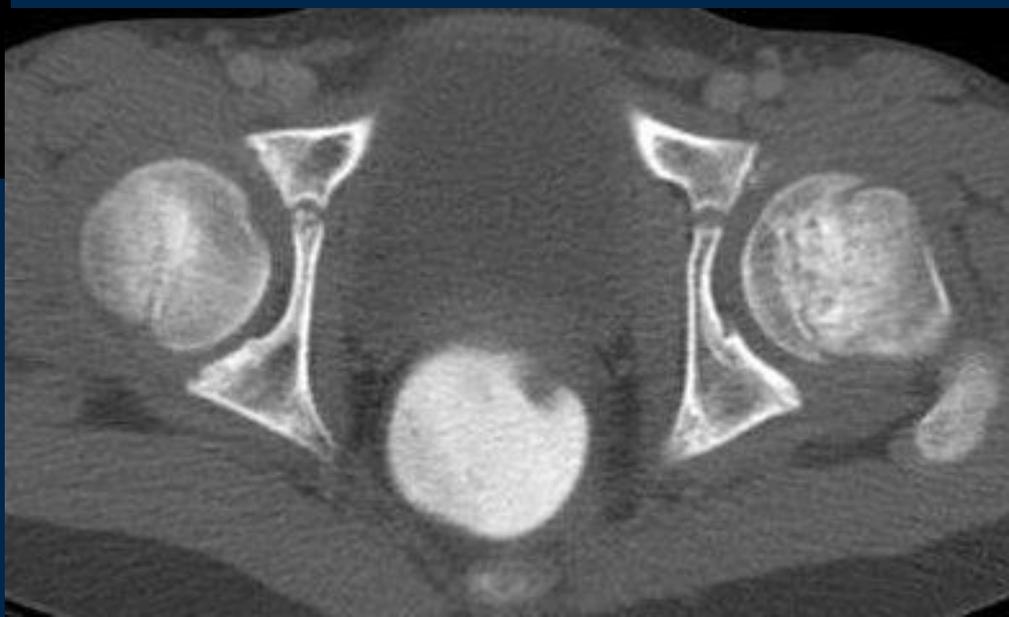
RT 10-12/2005 pelvis y pulmón: total: 50.4 Gy

Pelvis: 36 Gy (1.8 Gy) con 2 cm de margen campo AP/PA

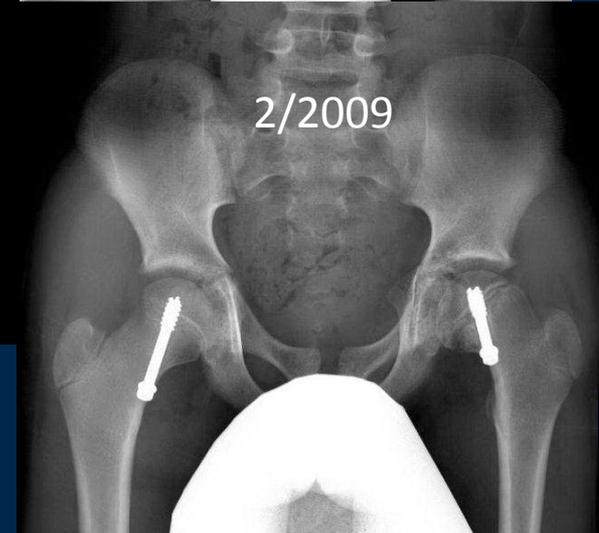
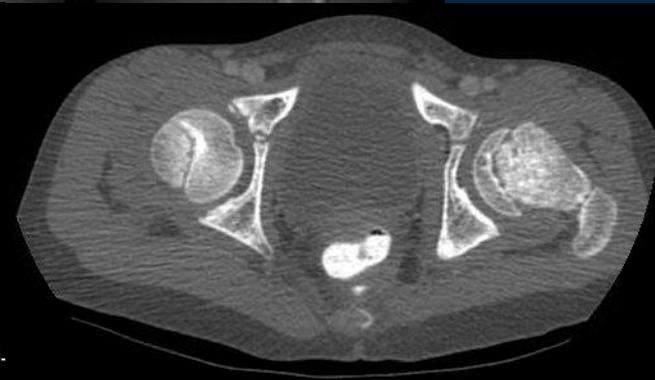
Adicional: 14.4 Gy (1.8 Gy) 0.5 cm margen (cone down)



8/2008



1/2009



# Caso # 3. Niña de 14 años con dolor de cadera dcha de meses de evolución



Ewing. DX: 2 ½ y

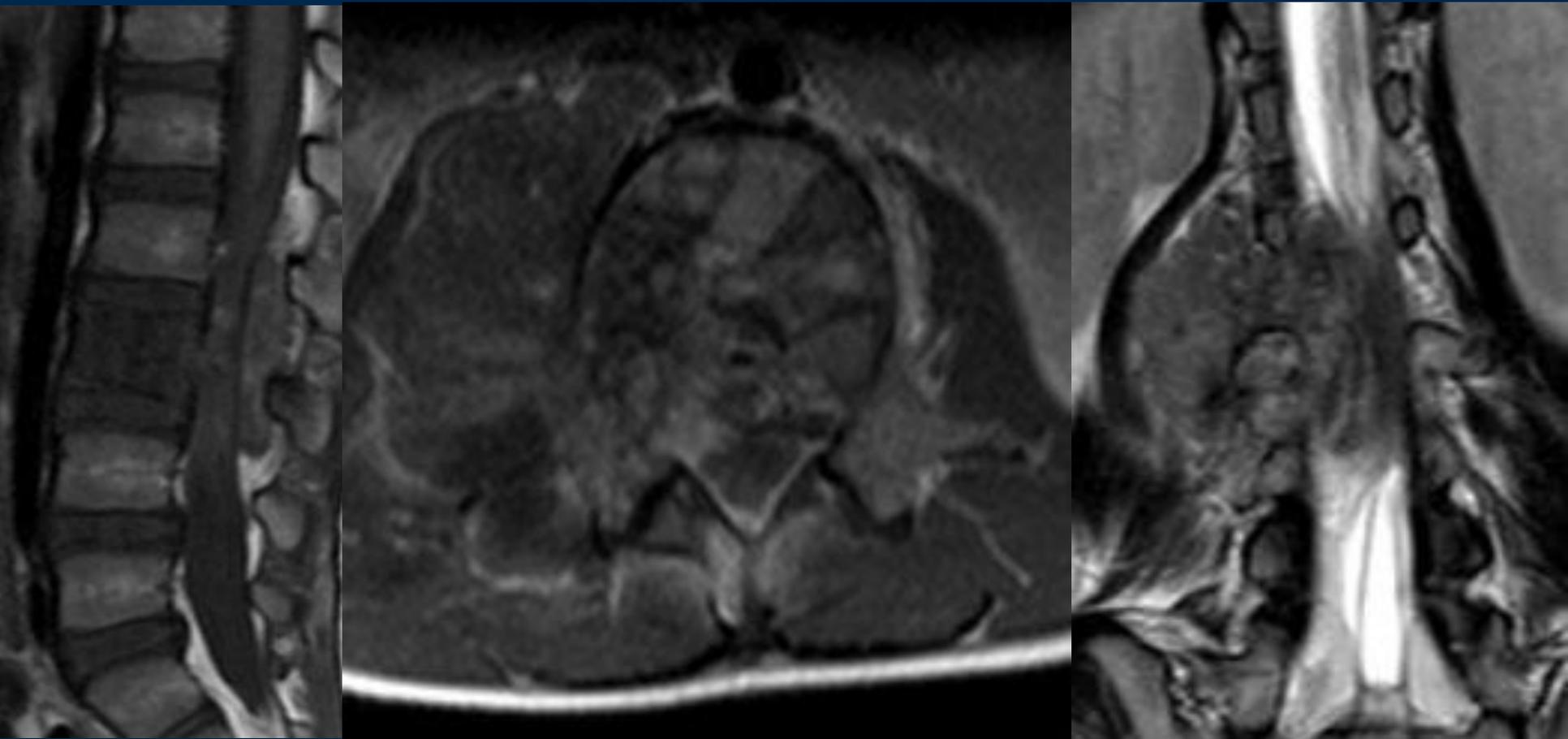


18 y.

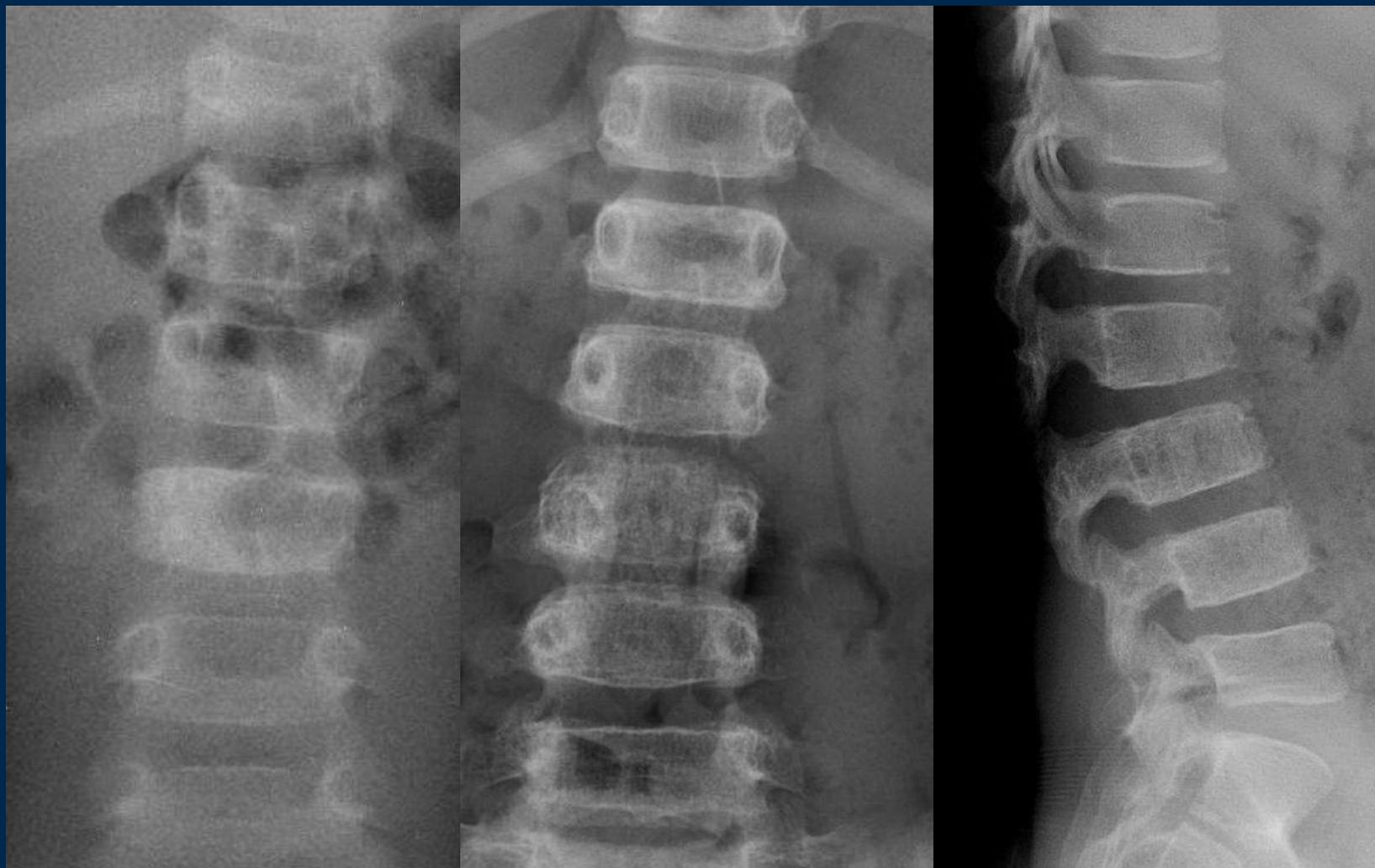
## Caso # 4

Niña de 7 años con dolor cadera y pierna derecha (2.S), incontinencia urinaria (2 D). Valorar patología de cadera y columna



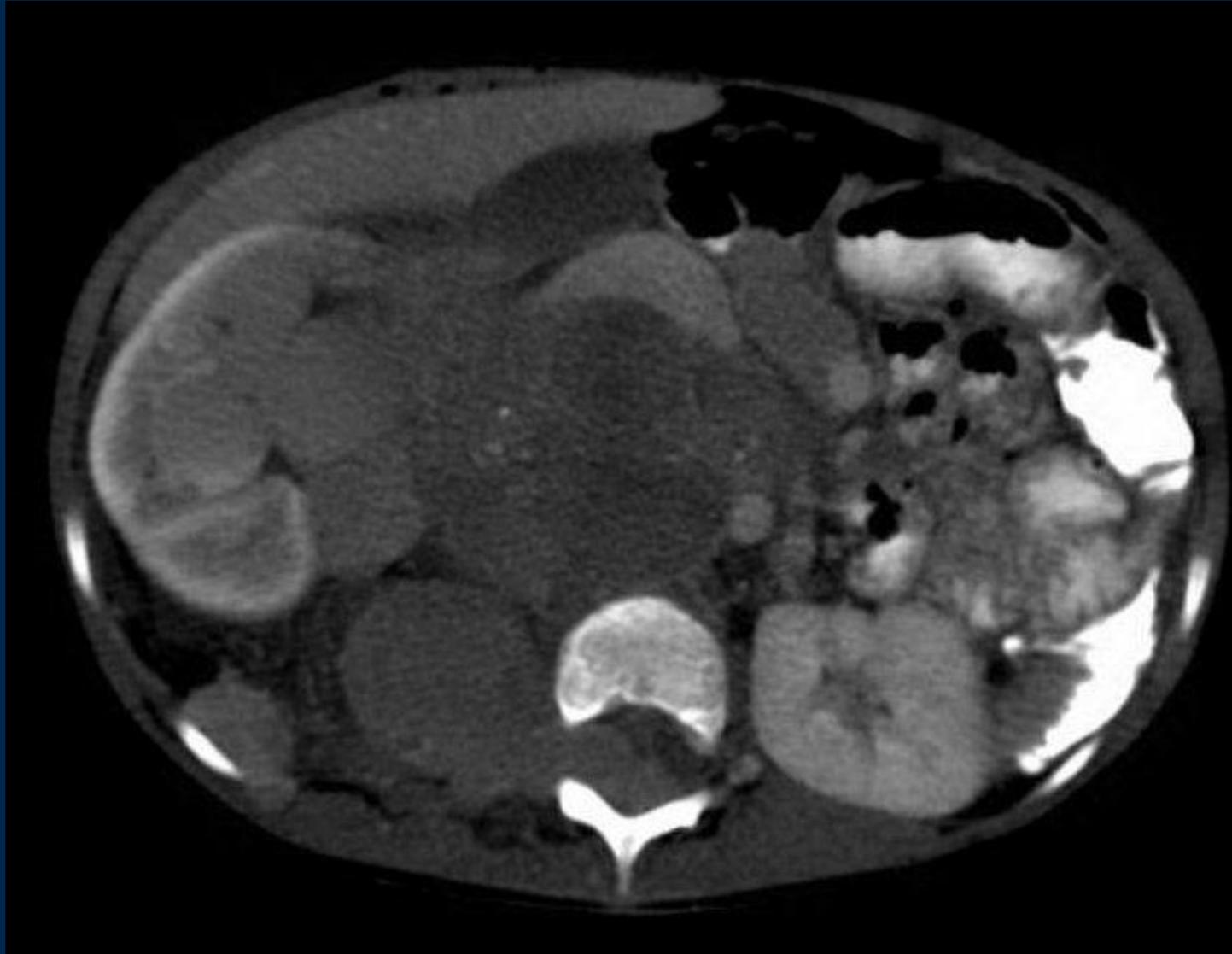


Sarcoma de Ewing



RT c. lumbar por compresión medular. 55.8 Gy

# Caso # 5. 2004. 4 y. F Masa abdominal

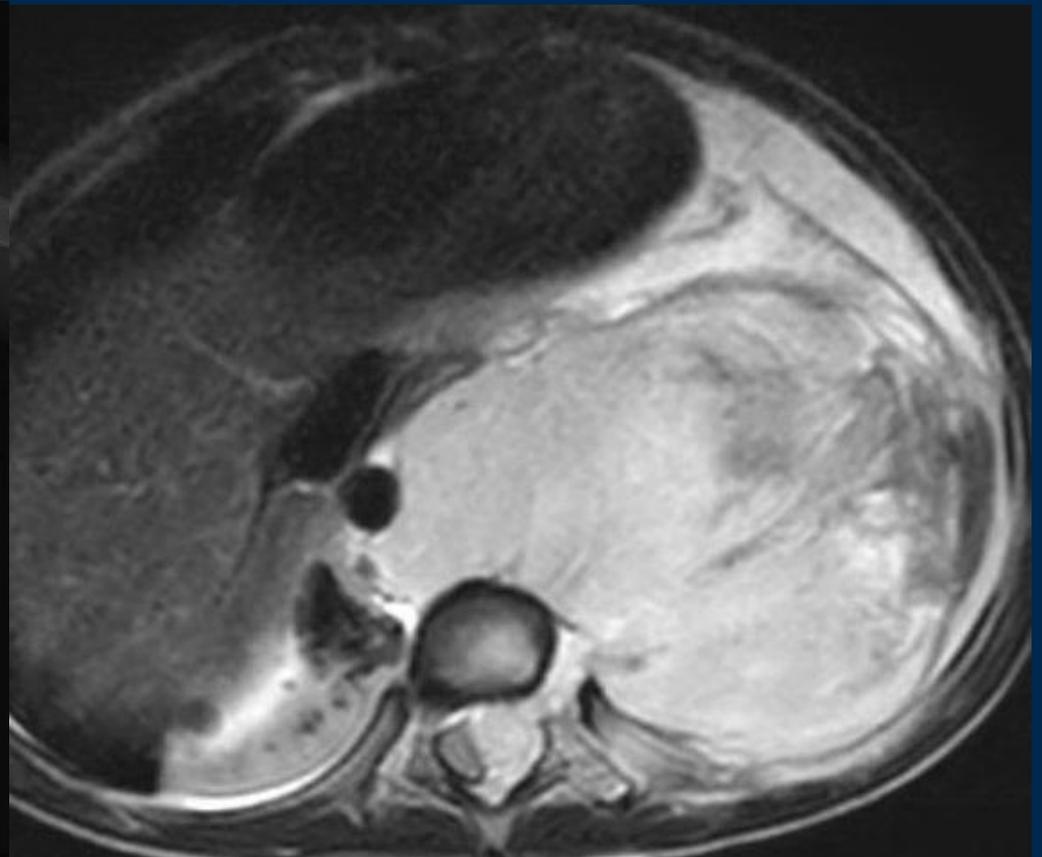


RT hemi-abdomen derecho 21.9 Gy. Dic. 2006



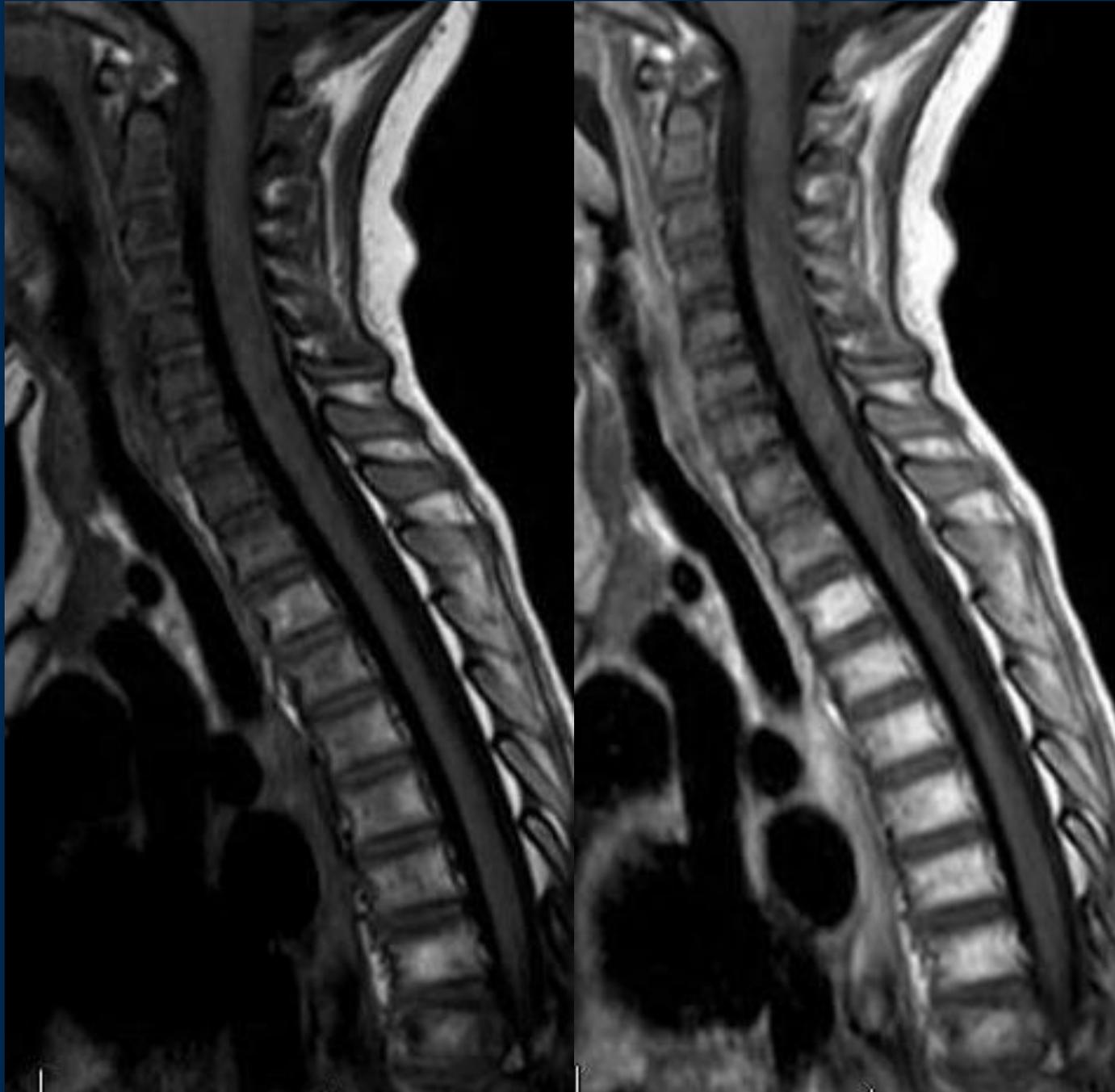
# Caso # 6

## varón 2 años, dolor columna y trastorno de la marcha



*Sarcoma no diferenciado de células pequeñas*

50.4 Gy (1.8 Gy)



4 años. rabdomiosarcoma alveolar paraspinal  
50.4 Gy



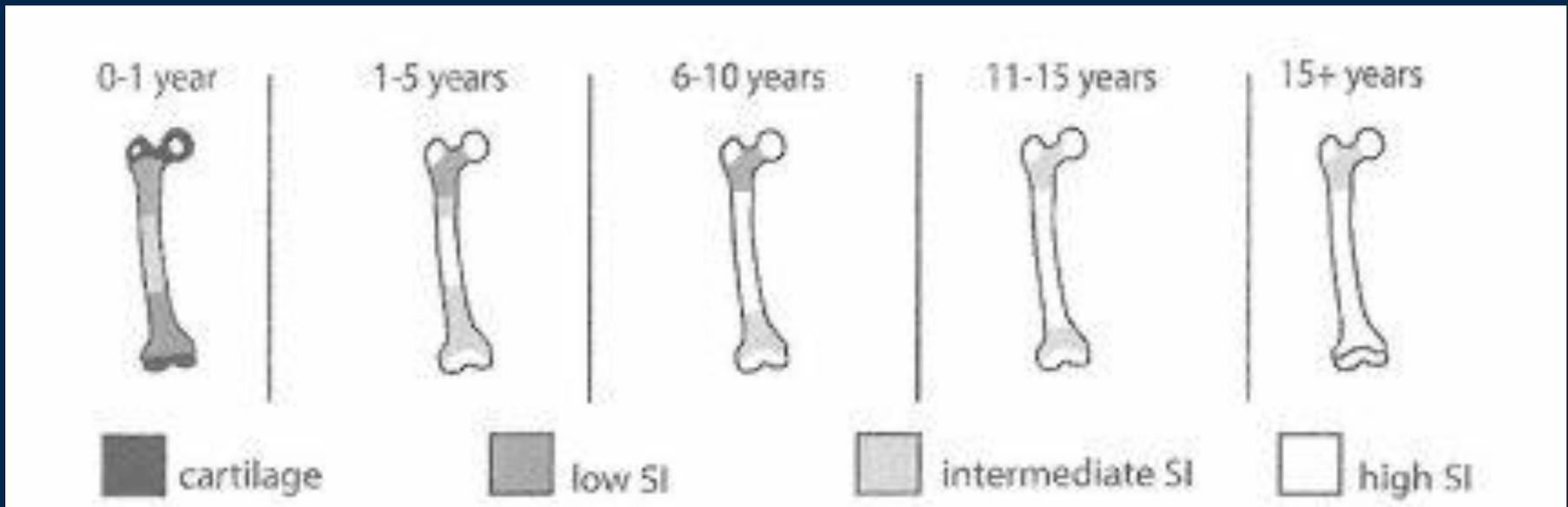
12/2010

5/20013

1/2016

# M.O en R.M

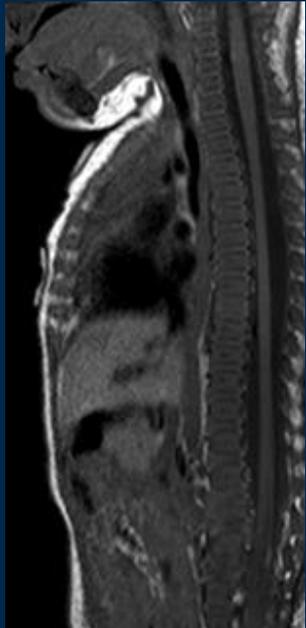
- Conversión MO hematopoyética - grasa
  - Distal a proximal
  - Epífisis- diáfisis - metáfisis ( inversa de grasa a hematopoyética)
  - Núcleos de osificación epífisis - completa a los 6 meses
  - Conversión a MG debe estar completa en la diáfisis a los 5 a.



# M.O en R. M

	GRASA	HEMATOPOYETICA	TUMOR
T1	++ hiper músculo	+ hiper o iso músculo	Hipo o iso a músculo
T2 FS. STIR	Hipo músculo	iso o + hiper músculo	+++ hiper músculo

4 m



2 a.



10 a



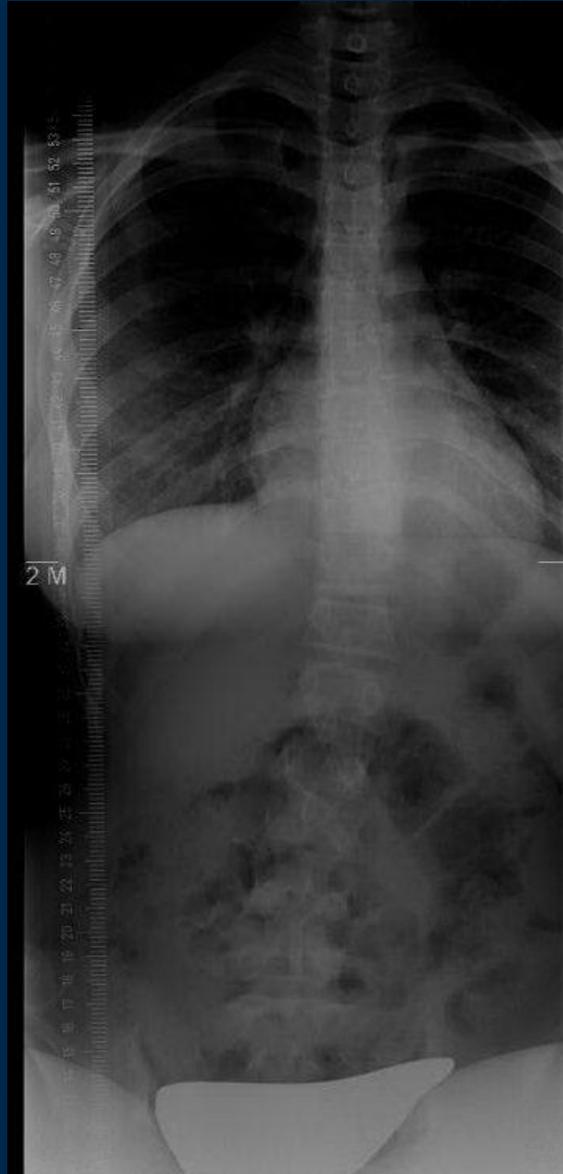
T1 Hipo al disco  
( < 1 año )

T1 Iso- hiper disco  
( 1-5 a )

T1 hiperintenso  
disco ( > 5a )

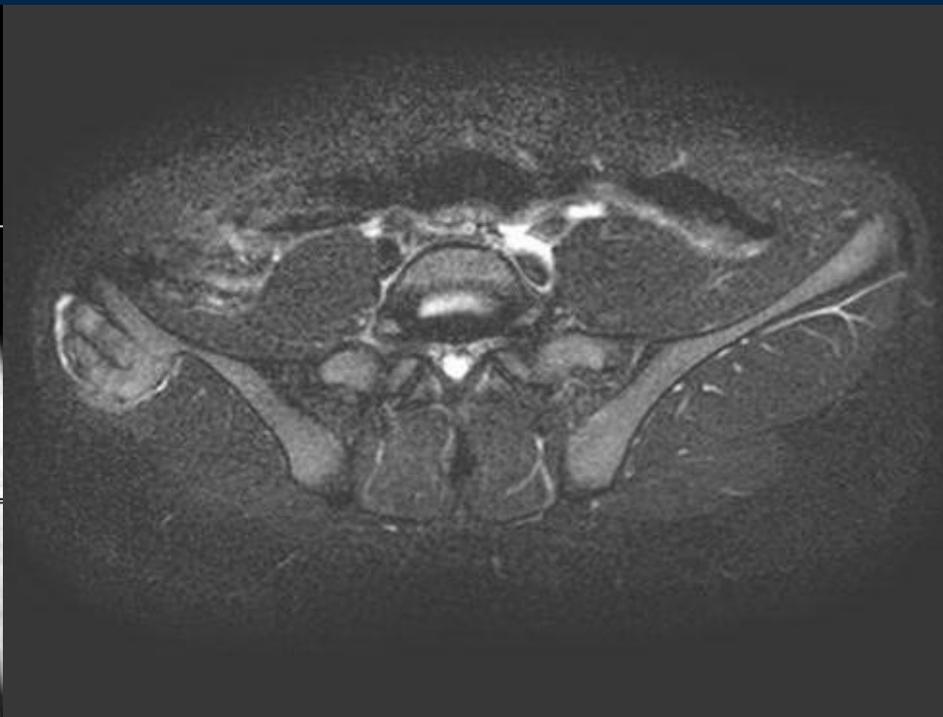
Caso # 7  
13 y F  
Wilms 2 y (1999)  
RT

2012



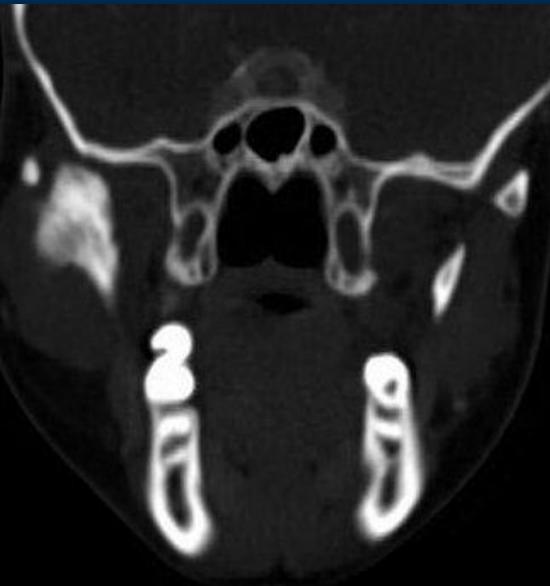
2013



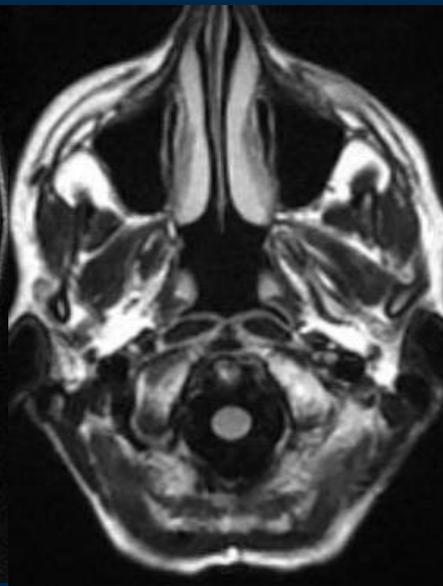
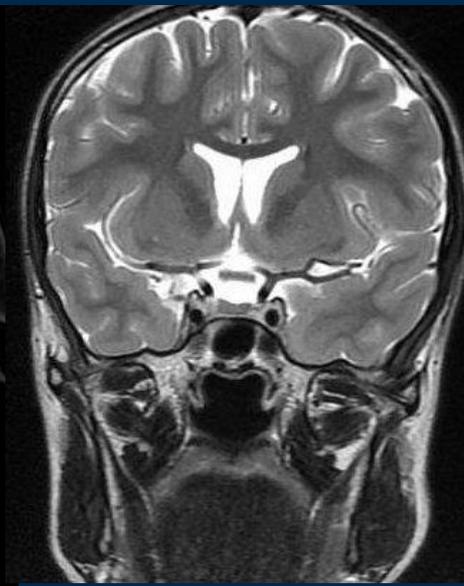
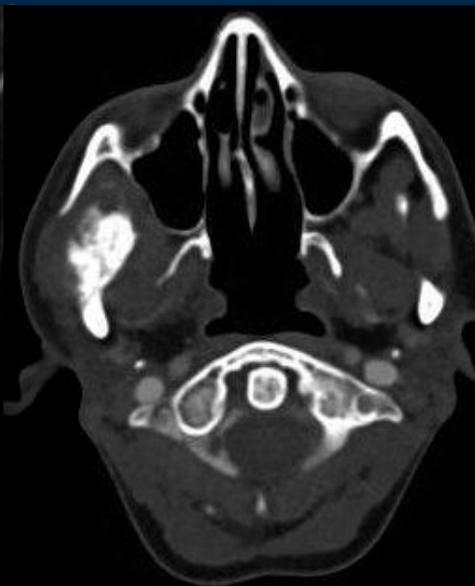


# Caso # 8 Masa región parotídea derecha

## Historia de meduloblastoma 5 y (2006)



1/2016



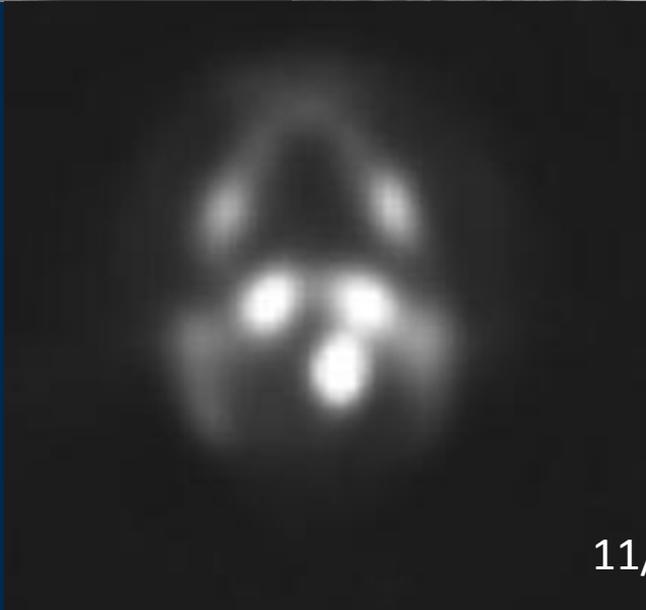
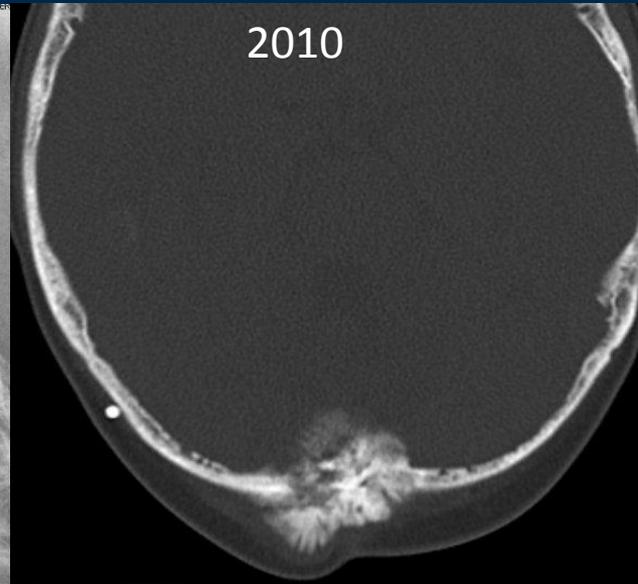
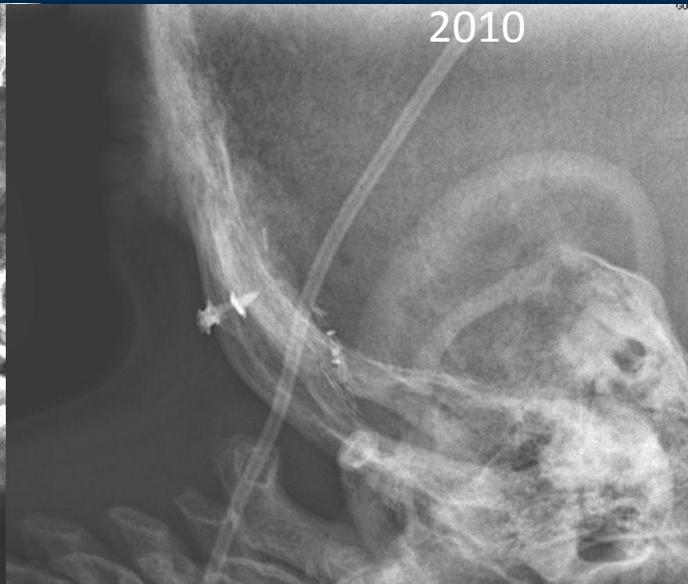
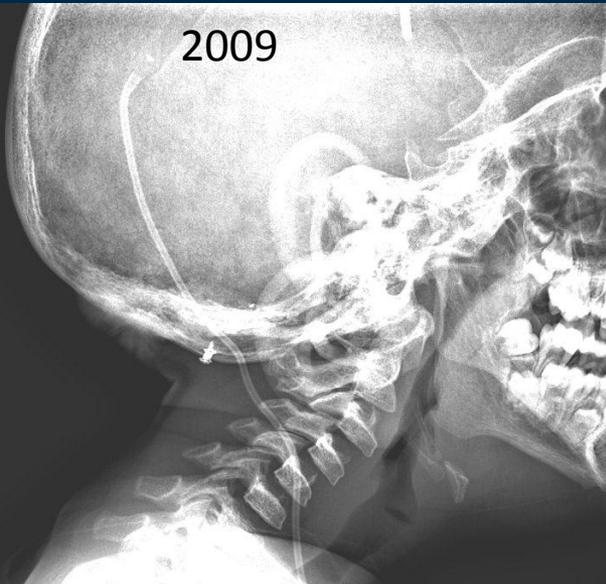
10/2014

Medulloblastoma metastasico

5 y. 2004

36 Gy ( craniocervical)

56.8 Gy (fosa posterior)



11/2015

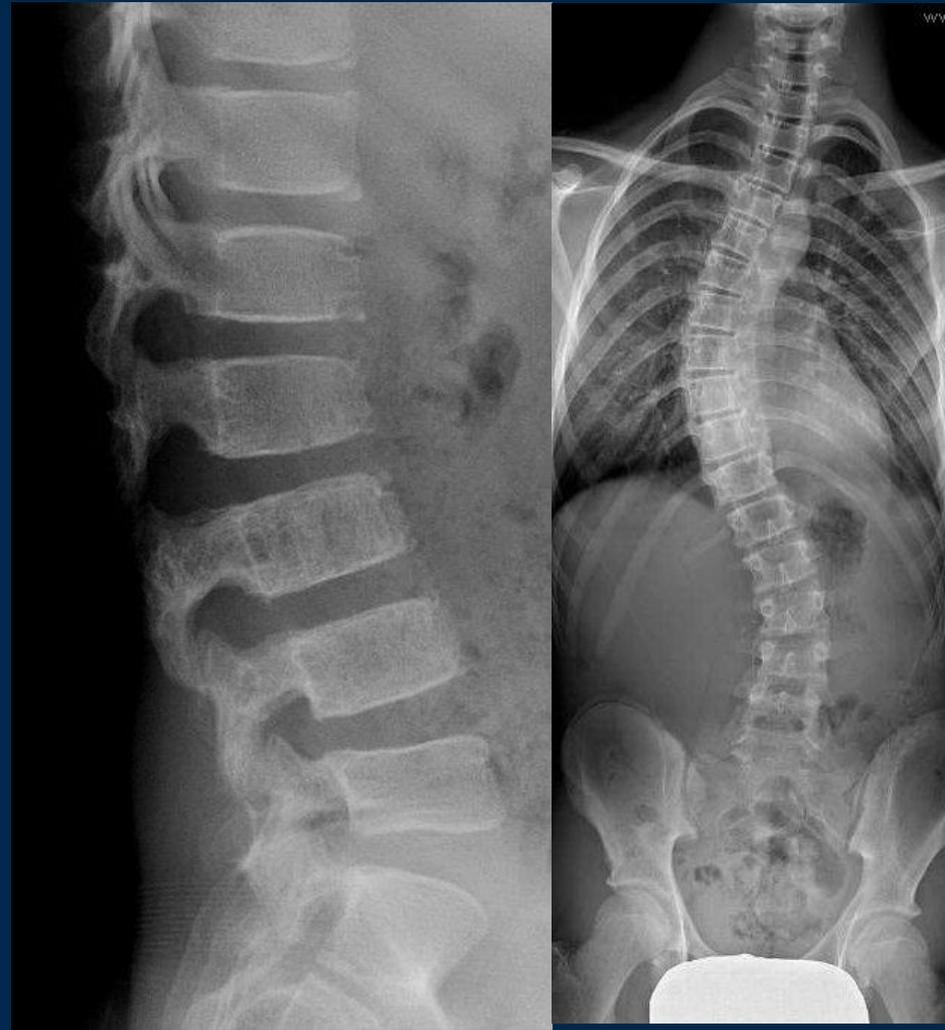
# TRASTORNOS DEL CRECIMIENTO

- Causa: condrogenesis, daño vascular
- Umbrales
  - Microscópicos: 300 cGy
  - Retraso del crecimiento: 400 cGy
  - Reversibles: < 1200 cGy
  - Irreversibles : > 1200 c Gy
- Imagen
  - Más obvio en estructuras de mucho crecimiento y en la columna
  - Más precoz: ensanchamiento de cartílago de crecimiento ( 1-2 m), ensanchamiento del cartílago articular



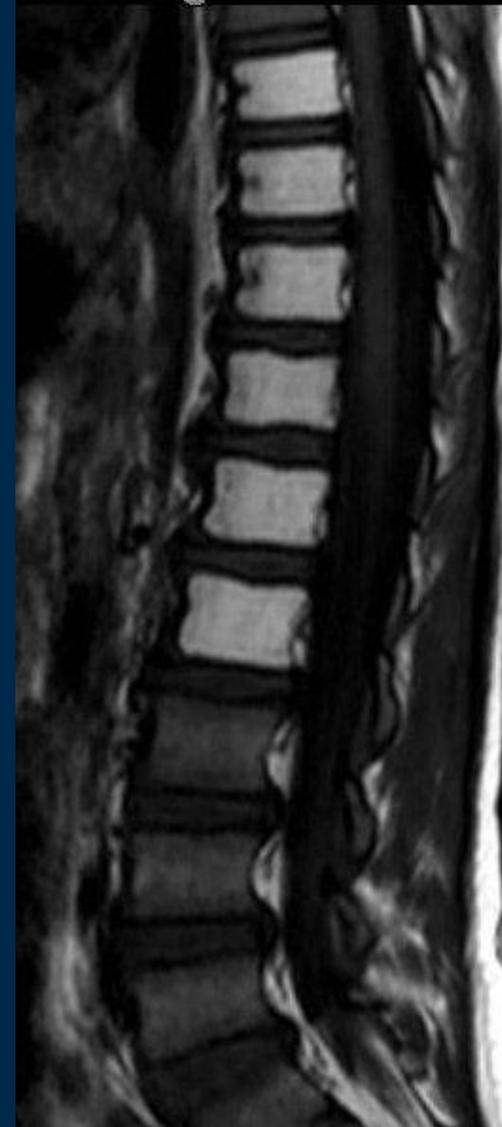
# Columna

- Causa
  - Crecimiento asimétrico cuerpos vertebrales
  - P.B
- 80 % de los casos de irradiación
- 40% < 20 grados
- Convexa al lado opuesto de la radiación
- Directamente relacionado con la dosis e inversa con la edad
  - Peor si < 6 años o durante pubertad
  - < 1000 cGy no deformidad independiente de la edad
  - >2000 cGy trastorno de crecimiento a cualquier edad



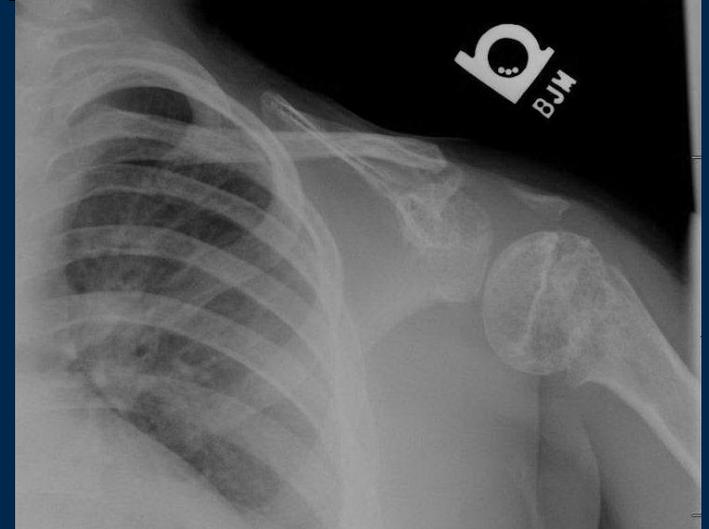
# Medula ósea

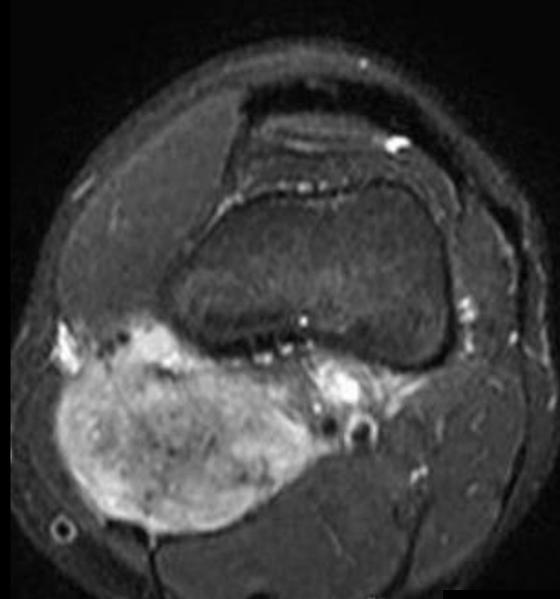
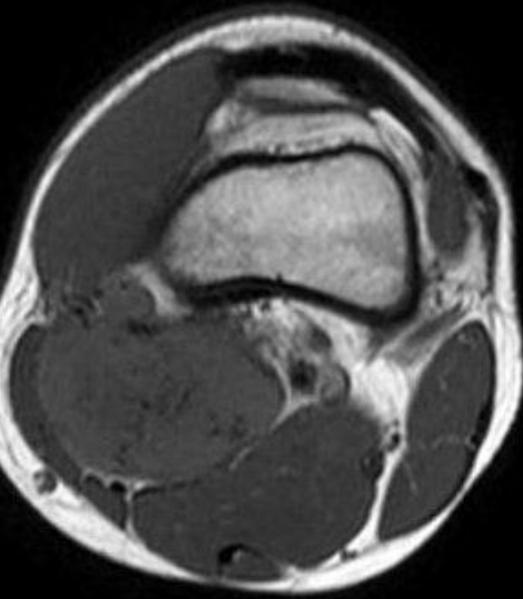
- Muy precoces
- Irreversible a altas dosis
- DD
  - QT
  - GCSF



# Osteitis

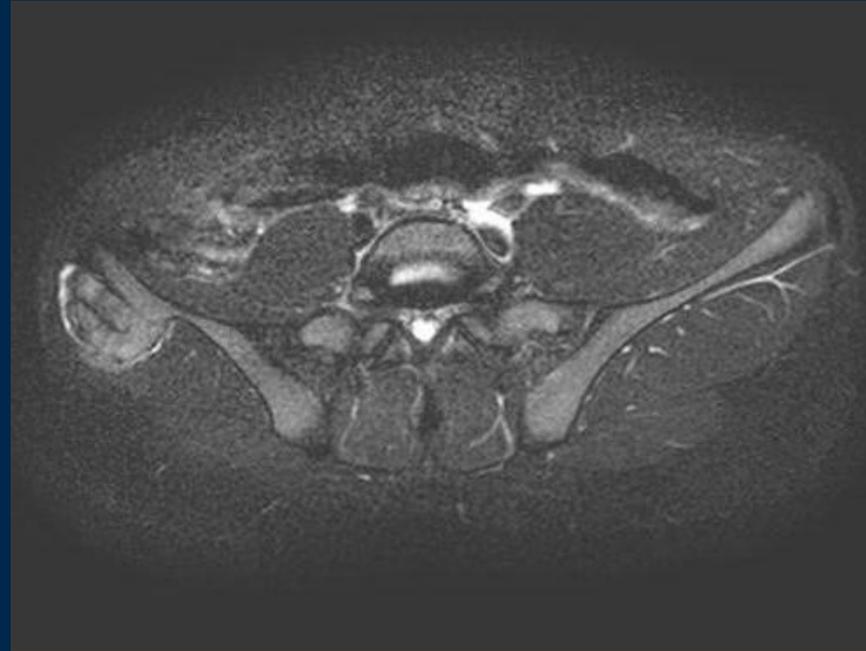
- Def: apariencia moteada
  - Osteopenia
  - Trabeculación grosera
  - Zonas de aumento de densidad
  - atrofia
- Causa: Daño los osteoblastos con reabsorción de la matriz ósea
- DD: recurrencia, sarcoma radio- inducido, infección





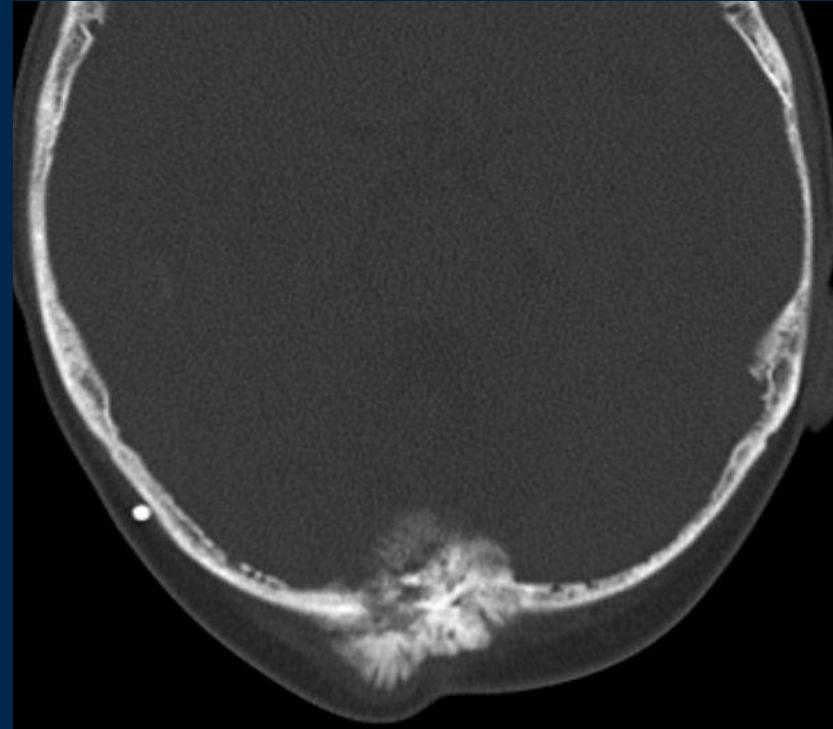
# OSTEOCONDROMA

- Tumor radioinducido más frec.
- FR:
  - Radiación completa antes de trasplante de M.O
  - 2 a.
- Latencia: 5 a (17m- 9 a)
- Dosis: 1600 -6400 c Gy
- Misma histología



# Sarcoma radioinducido

- Criterios diagnósticos
  - > Latencia ( media 10 a)
  - Campo irradiado
  - Path: diferente de primario
- FR:
  - Predisposición genética: Lifraumeni, hemihipertrofia, ataxia talangiectasia, poliposis, MENS, NF1
  - QX, Trasplante MO, inmunosupresión
- Osteosarcoma: 90%
  - FR: retinoblastoma bilateral
  - Imagen: Poca reacción perióstica, mucha mineralización
  - Tto: C, QT, RT
  - Supervivencia 5 a. : 25-50 %



# Conclusiones

- Efectos muy variables
- Múltiples factores
  - Edad, dosis, localización, genética..
  - Terapias adyuvantes
    - Esteroides: osteopenia, fx, AVN, retraso crecimiento
    - Metotrexato: retraso crecimiento, dolor MMII, osteopenia, fracturas
- Pacientes pediátricos más vulnerable
- Técnicas para disminuir su aparición
- Semiología radiológica

# Bibliografía

- Reidy JA et als. The effect of roentgen irradiation on epiphyseal growth. Experimental studies upon the dog. J Bone Joint Surg 1947; 29: 853-873
- De Semet et als. Effects of Radiation therapy on growing long bones AJR 1976; 127: 935-939
- Mitchell MJ et als. Radiation induced Changes in bone. Radiographics 1998; 18: 1125-1136
- Derek J et as. Skeletal complications in pediatric oncology patients. Radiographics 1999; 19: 873-885
- E. Vazquez et als. Second Malignancies in pediatric patients: imaging findings and differential diagnosis. Radiographics 2003; 23: 1155-1173



Ramon Sanchez  
[ramonsan@umich.edu](mailto:ramonsan@umich.edu)

