

Osteonekroser Osteochondroser

Michel Bach Hellfritsch
Overlæge
Røntgen og skanning
Aarhus Universitetshospital

Michel Bach Hellfritsch

1

1

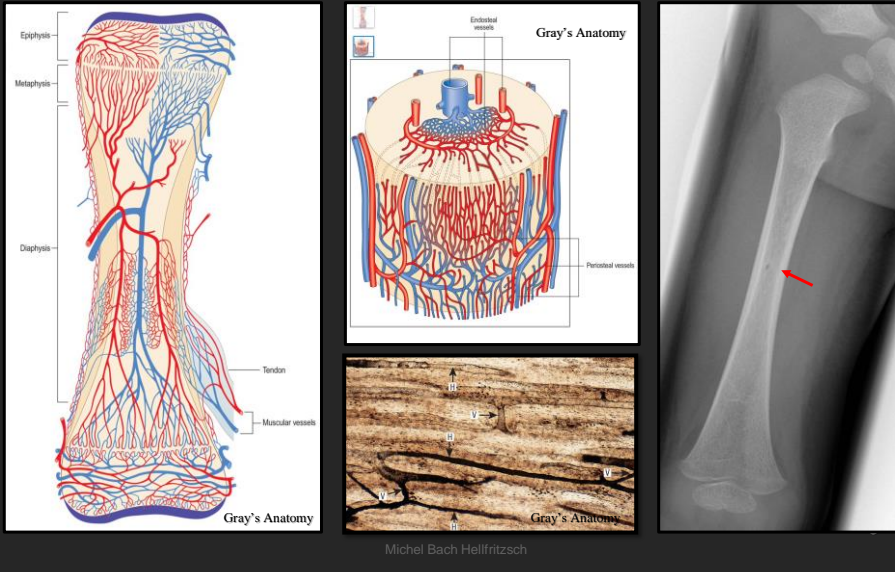
Knoglers blodforsyning

Michel Bach Hellfritsch

2

2

Knoglers blodforsyning: Skematisk



3

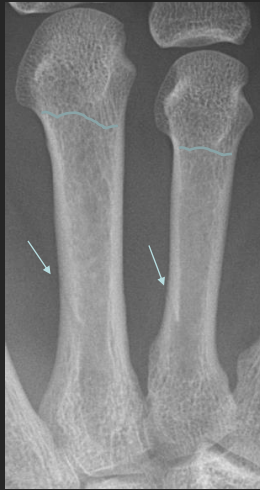
Knoglers blodforsyning: Diafysen



4

4

Knoglers blodforsyning: Diafysen



Tidligere sted for epifyselinien



Epifyse arret (hvor epifyselinien tidligere lå)

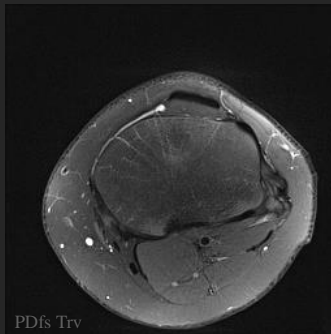
Diafysære karspor findes næsten altid med samme lokalisation, og de har retning væk fra knoglens hovedvækstretning

Michel Bach Hellfritzsch

5

5

Knoglers blodforsyning: Epifysære kar hos 14-årig

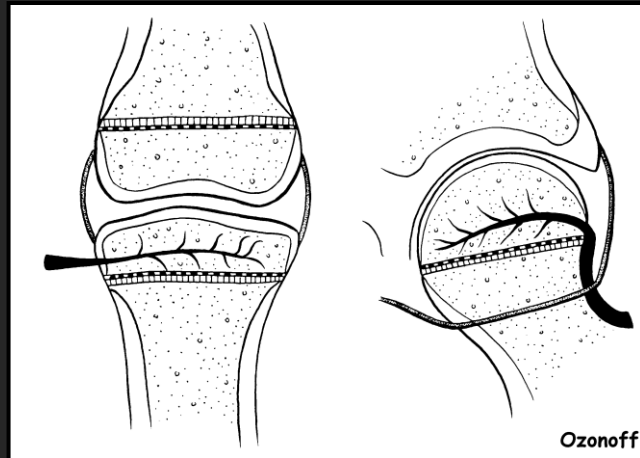


Michel Bach Hellfritzsch

6

6

Knoglers blodforsyning: Epifysære kar hos 14-årig



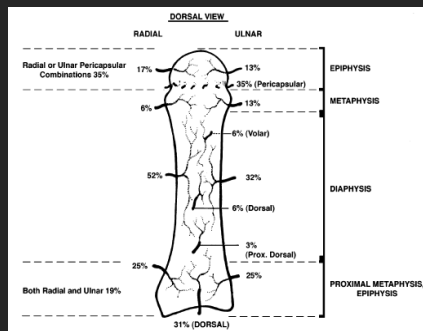
Michel Bach Hellfritzsch

7

7

Sagar et al.: Avascular necrosis of the metacarpal head: a report of two cases and review of literature
 Pediatr Radiol DOI 10.1007/s00247-010-1763-y

- Visse steder stor variation i karforsyningen, her med metacarp som eksempel



Michel Bach Hellfritzsch

8

8

Knoglers blodforsyning: Patella hos 14-årig



Michel Bach Hellfritzsch

9

9

CT skanning af håndrod



Michel Bach Hellfritzsch

10

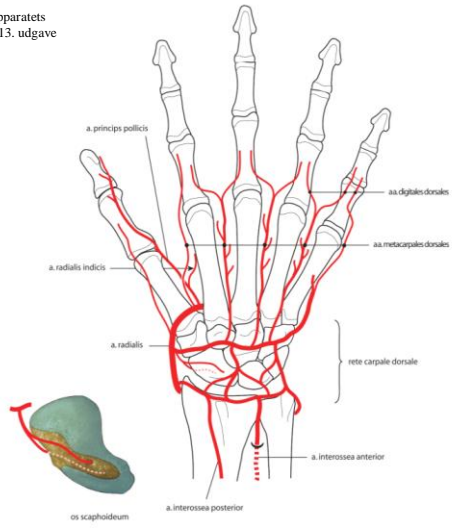
10

CT skanning af håndrod

Os scaphoideum forsynes af en palmar og dorsal gren som afgår fra a. radialis i tabatiéren.

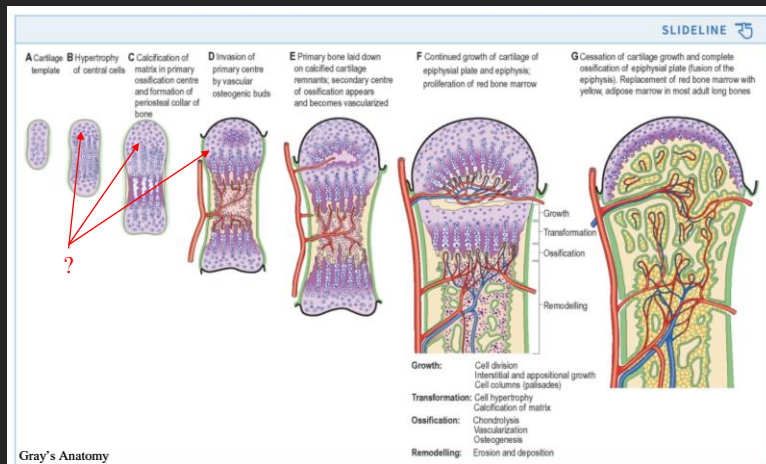


Bevægeapparatets anatomi, 13. udgave



Michel Bach Hellfritzsch

**Knoglers blodforsyning:
Epifyserne hos spædbørn?**



Michel Bach Hellfritzsch

Cartilage canals

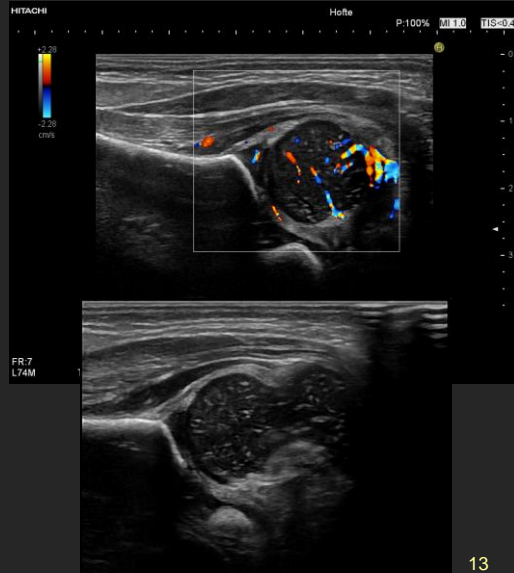


Fig. 8 Specimen angiogram demonstrates the horizontally oriented PS branch (black arrow) and diagonally oriented PI branch (white arrow) of the MCA (reproduced with permission of the estate of Professor Trueta)

D. K. Yousefzadeh & K. Doerger & C. Sullivan:
 Pediatr Radiol (DOI 10.1007/s00247-007-0655-2): The
 blood supply of early, late, and nonossifying cartilage:
 preliminary gray-scale and Doppler assessment
 and their implications

J. Trueta:
 J Bone Joint Surg Br 39-B: 358-394
 The normal vascular anatomy of the human femoral head.

Ultralydskanning af spædbarn obs. DDH



13

Michel Bach Hellfritzsch

13

Osteonekrose

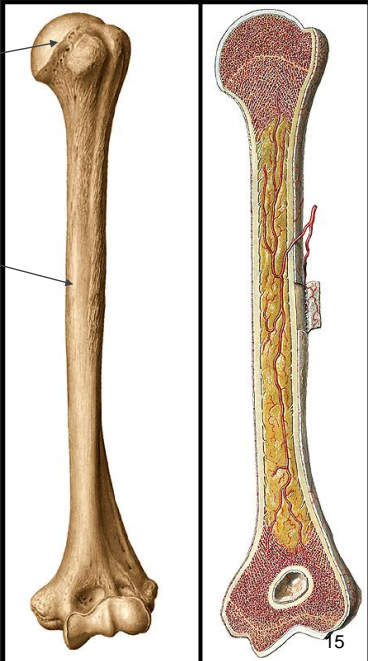
14

Michel Bach Hellfritzsch

14

- Osteonekrose / Iskæmisk (avaskulær/ AVN) nekrose
 - Epifyse eller subartikulært:
 - Symptomgivende
- Knogleinfarkt:
 - Meta- eller diafysen
 - Oftest asymptomatisk
 - Differentialdiagnostisk betydning

Iskæmisk knoglesygdom




Michel Bach Hellfritzsch

15

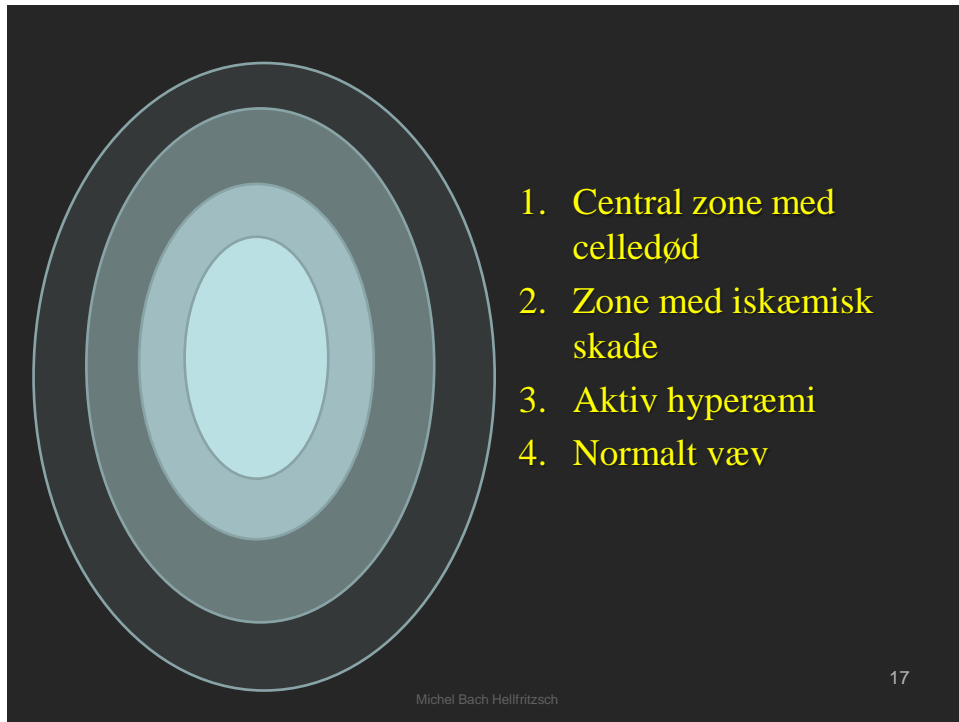
Anoxisk celledød

- Haemopoietisk væv: 6 til 12 timer.
- Knogleceller: (Osteocytter, osteoclaster og osteoblaster) 12 til 48 timer.
- Fedtceller i knogle-marven: 2 til 5 døgn.
- Følsomheden for iskæmi varierer på samme måde.



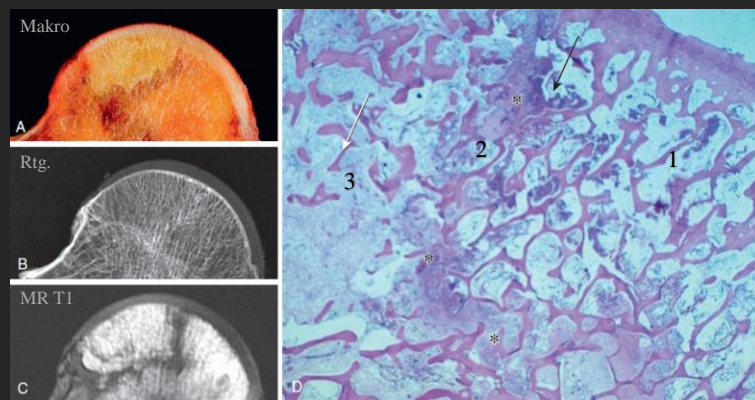
Michel Bach Hellfritzsch

16



17

Osteonekrose



Pope et al. "Musculoskeletal Imaging", Elsevier 2015

Michel Bach Hellfritzsch

18

18

Billediagnostik

19

Michel Bach Hellfritzsch

19

Osteonekrose/Knogleinfarkt

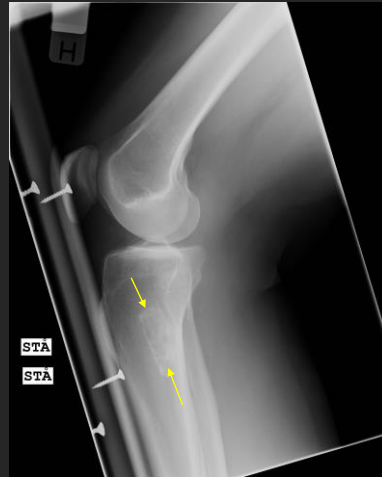
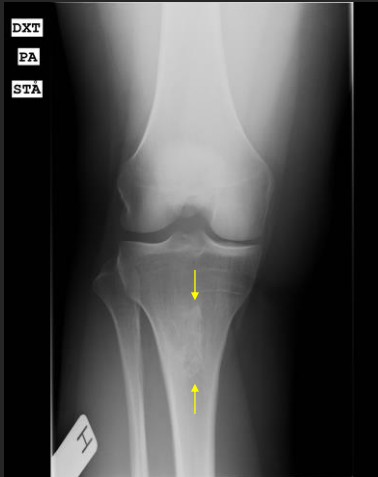


Michel Bach Hellfritzsch

20

20

Knogelinfarkt



Michel Bach Hellfritzsch

21

21

Knogelinfarkt

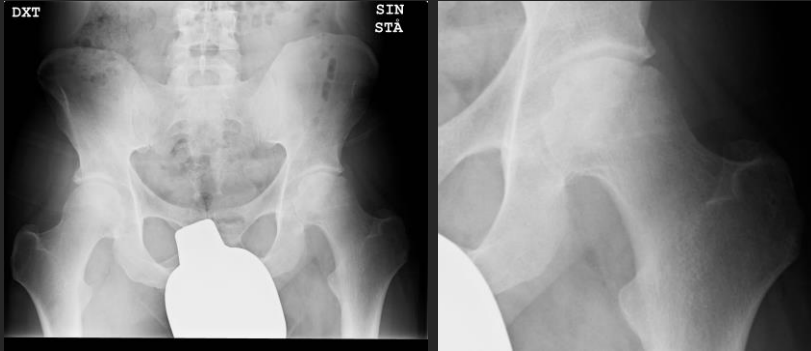


Michel Bach Hellfritzsch

22

22

Osteonekrose i caput femoris

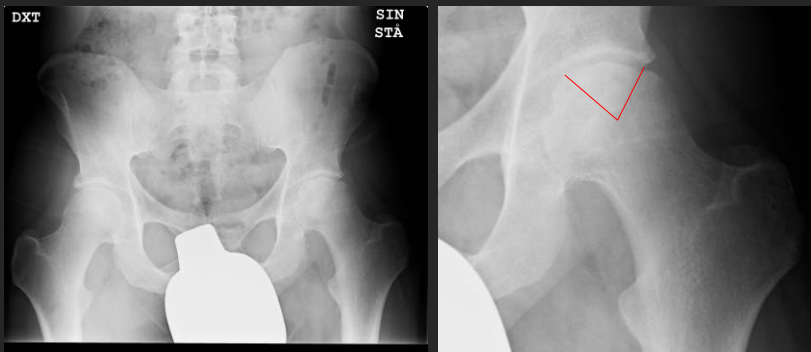


Michel Bach Hellfritzsch

23

23

Osteonekrose i caput femoris



Michel Bach Hellfritzsch

24

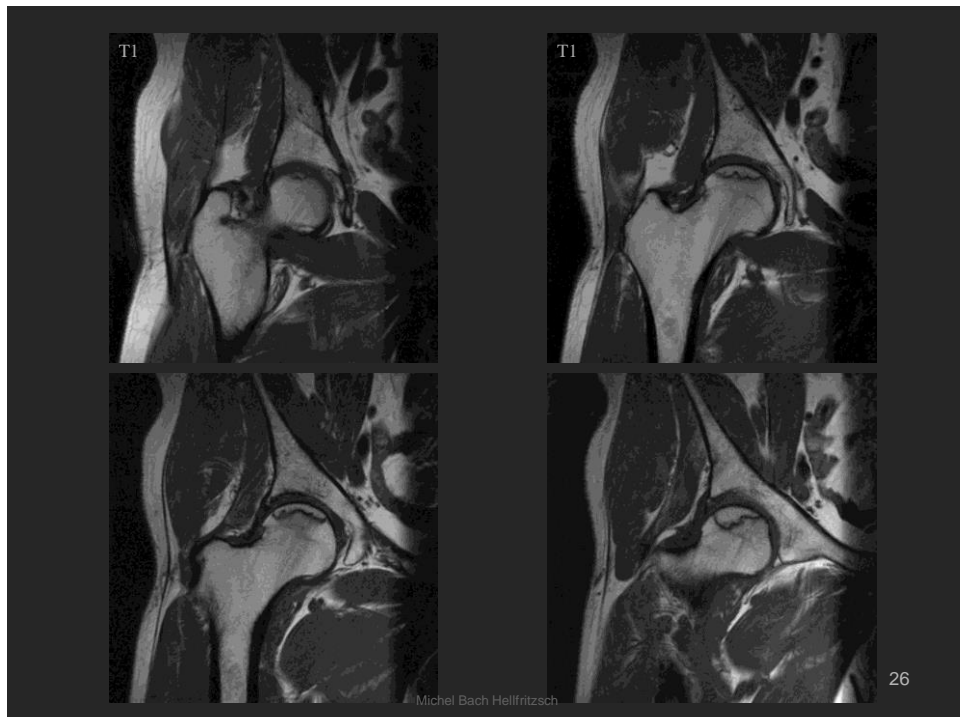
24

Osteonekrose i caput femoris: MR fund hos 59-årig mand

Michel Bach Hellfritzsch

25

25



26



27

Neurosarcoidose, prednison behandlet, M 52 år

28

Neurosarcoidose, prednison behandlet, M 52 år



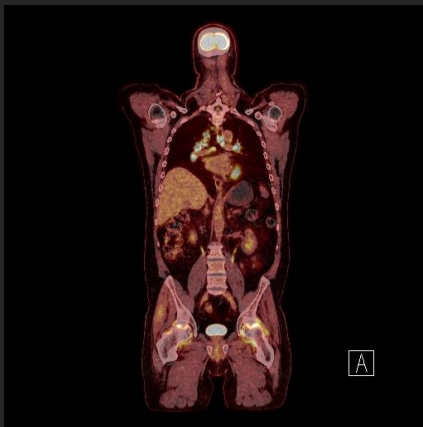
Rtg. Dag 0

Michel Bach Hellfritzsch

29

29

Neurosarcoidose, prednison behandlet, M 52 år

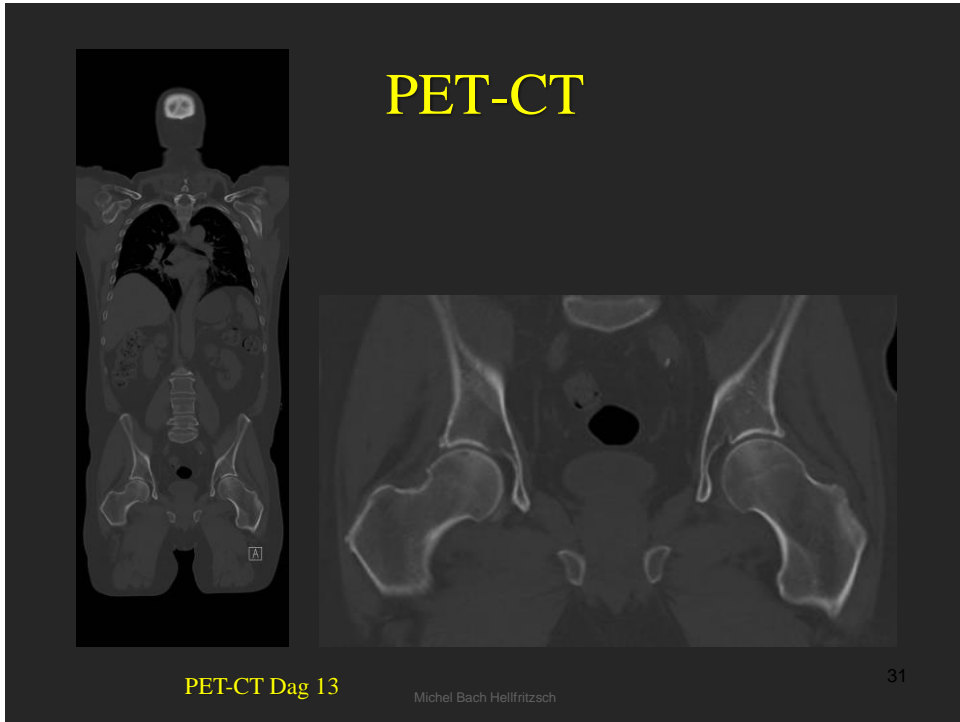


PET-CT Dag 13

Michel Bach Hellfritzsch

30

30



31



32

Neurosarcoidose, prednison behandlet, M 52 år



Rtg. Dag 0



Rtg. +57 dage

Michel Bach Hellfritzsch

33

33

Neurosarcoidose, prednison behandlet, M 52 år



Rtg. +57 dage

Michel Bach Hellfritzsch

34

34

Neurosarcoidose, prednison behandlet, M 52 år



Rtg. +9 mdr

35

Michel Bach Hellfritzsch

35

LTX, M 59 år

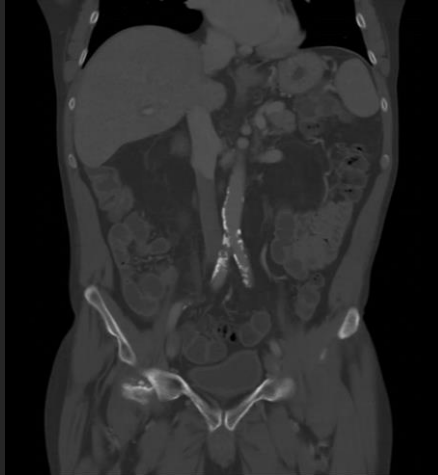
Senstadie af ostenekrose dx og
tidligere stadie sin

36

Michel Bach Hellfritzsch

36

Bilateral osteonekrose, LTX pt.

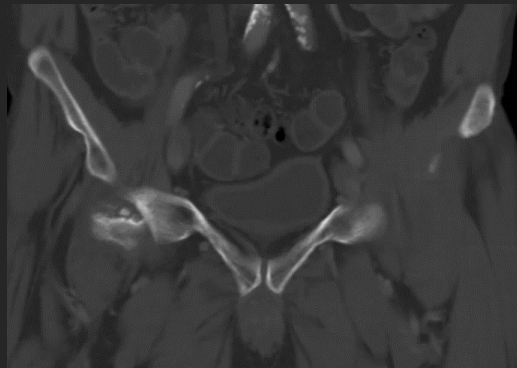


Michel Bach Hellfritzsch

37

37

Bilateral osteonekrose, LTX pt.

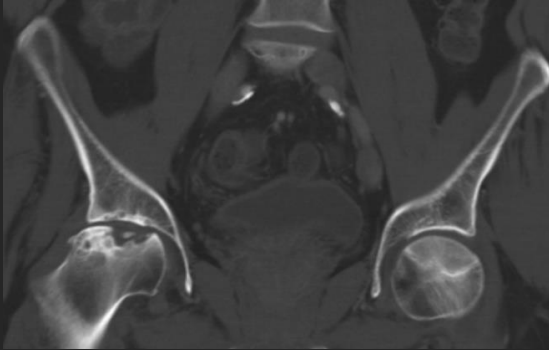


Michel Bach Hellfritzsch

38

38

Osteonekrose: Differentialdiagnoser



Anden person med artrose

Transient bone marrow edema syndrome (transient osteoporosis) - MR
 Subchondral insufficiens fraktur
 Neoplasi (Clear cell chondrosarkom, Chondroblastom)

Choi: "Osteonecrosis of the femoral head: diagnosis and classification Systems" Curr Rev Musculoskelet Med (2015) 8:210–220

39

Michel Bach Hellfritzsch

39

Radiologisk stadienddeling: Ficat and Arlet (Rtg.)

Table 1 Ficat and Arlet four-stage radiological classification of osteonecrosis of the femoral head

Type of necrosis	Stages	Joint line	Femoral head contour	Trabeculae
Simple	I	Normal	Normal	Normal or very slight osteoporosis
	II	Normal	Normal	Osteoporosis/mixed sclerosis/porosis
Complicated by collapse	III	Normal	Flattened, subchondral infraction, collapse	Sequestrum formation
	IV	Narrowed	Collapsed	Destruction of superior pole

Lee et al.: How do radiologists evaluate osteonecrosis? Skeletal Radiol (2014) 43:607–614



40

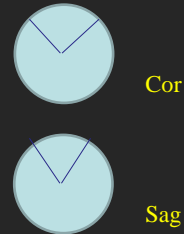
Michel Bach Hellfritzsch

40

Radiologisk stadiinddeling: University of Pennsylvania (MR/Scintigrafi)

Table 2 University of Pennsylvania Classification of osteonecrosis

STAGE	CRITERIA
0	Normal or nondiagnostic radiograph, bone scan, and MRI
I	Normal radiograph; Abnormal bone scan and/or MRI A - Mild (<15% of head affected) B - Moderate (15% to 30%) C - Severe (> 30%)
II	Lucent and sclerotic changes in femoral head A - Mild (< 15%) B - Moderate (15% to 30%) C - Severe (> 30%)
III	Subchondral collapse (crescent sign) without flattening A - Mild (<15% of articular surface) B - Moderate (15% to 30%) C - Severe (>30%)
IV	Flattening of femoral head A - Mild (<15% of surface and <2 mm depression) B - Moderate (15% to 30% of surface or 2 to 4 mm depression) C - Severe (>30% of surface or >4 mm depression)
V	Joint narrowing and/or acetabular changes A - Mild B - Moderate C - Severe Average of femoral head involvement as determined in Stage IV, and estimated acetabular involvement
VI	Advanced degenerative changes



Lee et al.: How do radiologists evaluate osteonecrosis? *Skeletal Radiol* (2014) 43:607–614

41

Michel Bach Hellfritzsch

41

Radiologisk stadiinddeling: ARCO

NIJMEGEN PROTOCOL: ARCO INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF OSTEONECROSIS 2002

STAGE	0	1	2	Early 3	Late 3	4
FINDINGS	All present techniques normal or non-diagnostic	X-ray and CT are normal at least ONE of the below mentioned is positive	NO CRESCENT SIGN! X-RAY ABNORMAL: sclerosis, osteolysis, focal porosis	CRESCENT SIGN! on the X-ray and/or flattening of articular surface of femoral head. NO COLLAPSE	COLLAPSE! on the X-ray and/or flattening of articular surface of femoral head.	OSTEOARTHRITIS' joint space narrowing, acetabular changes, joint destruction
TECHNIQUES	X-ray, CT Scintigraph MRI	Scintigraph MRI *QUANTITATE on MRI	X-ray, CT Scintigraph MRI *QUANTITATE MRI & X-ray	X-ray, CT ONLY * QUANTITATE on X-ray	X-ray, CT ONLY * QUANTITATE on X-ray	X-Ray ONLY
SUBCLASSIFICATION	NO	LOCATION medial central lateral 				NO
QUANTITATION	NO	QUANTITATION % Area Involvement minimal A < 15% msxcute B > 15% - 30% extensive C > 30%	Length of Crescent A < 15% B >15% - 30% C > 30%	% Surface Collapse & Dome Depression A - < 15% / < 2 mm B -15- 30% / 2-4 mm C - > 30% / > 4 mm 		NO

42

Michel Bach Hellfritzsch

42

Behandling efter ARCO stadie

1. Konservativ, dekompression (gruppe C)
2. Dekompression, osteotomi eller knoglegraft (gruppe C)
3. Knoglegraft, alloplastik
4. Alloplastik

43

Michel Bach Hellfritzsch

43

Osteonekrose: Billeddiagnostik

- Første valg er konventionel røntgen (ofte med indikationen smerter f.eks. i hoften).
- Ved normal undersøgelse og behov for yderligere udredning: MR skanning
- Forslag til sekvenser: Bækken Cor STIR og Trv T1 (screening af hele bækkenet for anden genese), samt relevante hofte suppl. skrå Trv STIR og skrå Cor T1.
- Der findes forskellige klassifikationssystemer, der bør vælges/benyttes i samarbejde med behandlende afdeling.
- Ved (diafysære) knogleinfarkt vil røntgenundersøgelse oftest give diagnosen.
- Mulighed for nuklearmedicinske undersøgelser.

44

Michel Bach Hellfritzsch

44

Årsager til osteonekroser

- Primær (Idiopatisk) osteonekrose
 - Nyretransplantation
 - Pancreatitis
- Sekundær osteonekrose:
 - Traumer (Fraktur eller luksation)
 - Steroidpåvirkning
 - Alkoholisme
 - Strålebehandling
 - Vaskulit
 - Urinsyreigt
 - Synovit med øget intra-artikulært tryk (Infektion, hæmofili)
 - Dysbarisk tilstande (Caisson disease)
 - Gaucher's sygdom
 - Seglcelle anæmi

45

Michel Bach Hellfritzsch

45

Osteonekrose: Steroidinduceret

Kortikosteroid

- Fedtemboli
- Osteoporose med mikrofrakturer
- Marvfedtceller bliver større – kompartmentsyndrom (ses også hos alkoholikere)

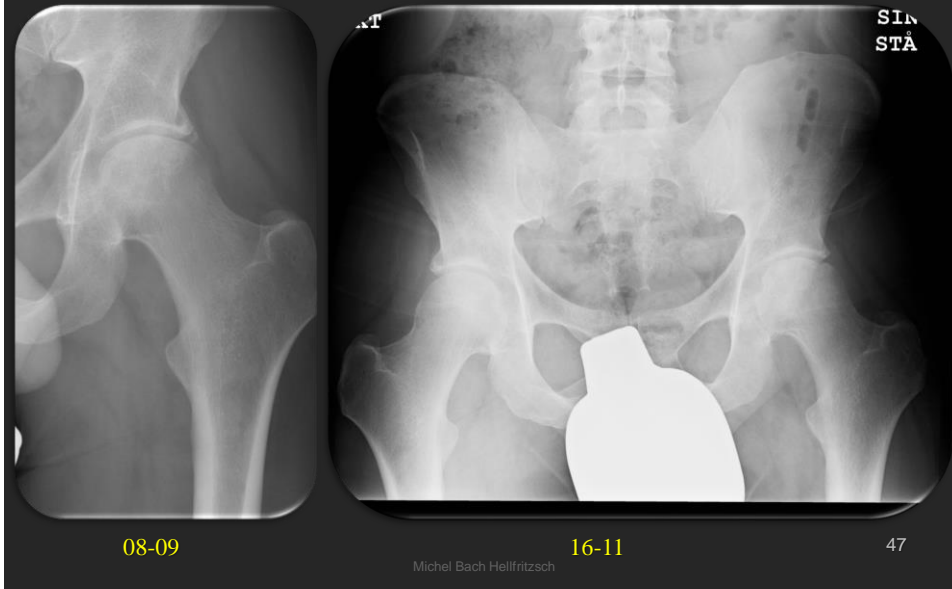


46

Michel Bach Hellfritzsch

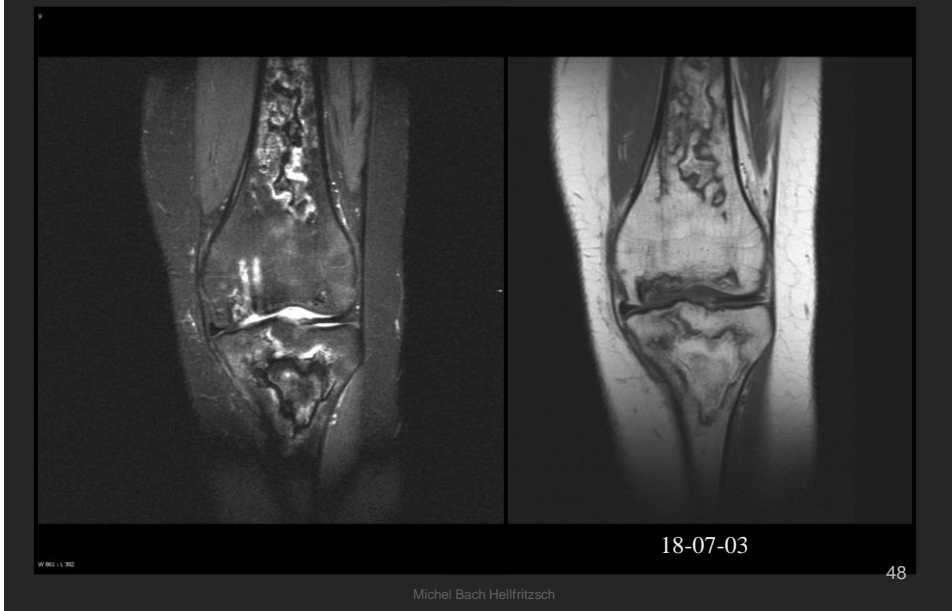
46

Osteonekrose: Steroidinduceret (34-årig kvinde behandlet for ALL)



47

Knogleinfarkt: 17-årig kvinde tidligere behandlet for leukæmi



48

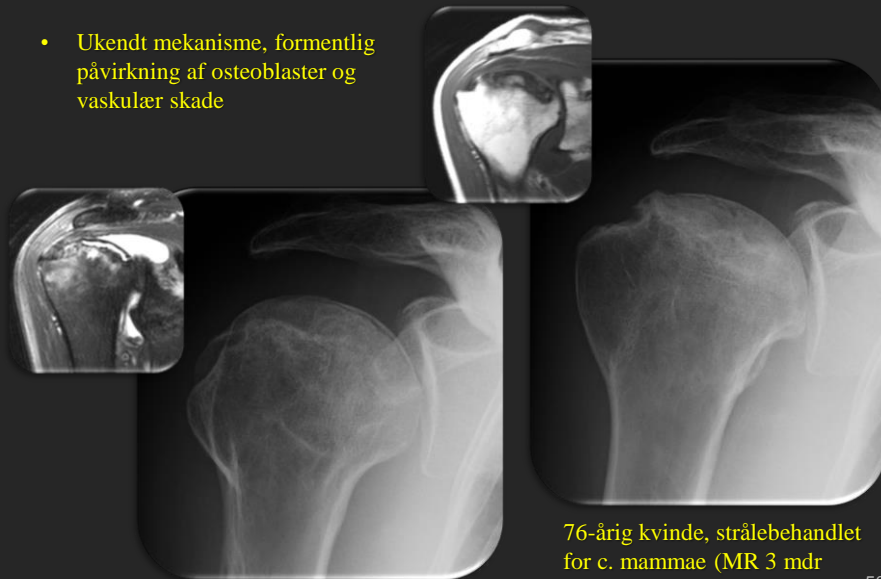
Knogleinfarkt: 20-årig kvinde tidligere behandlet for leukæmi



49

Osteonekrose: Stråleskade

- Ukendt mekanisme, formentlig påvirkning af osteoblaster og vaskulær skade



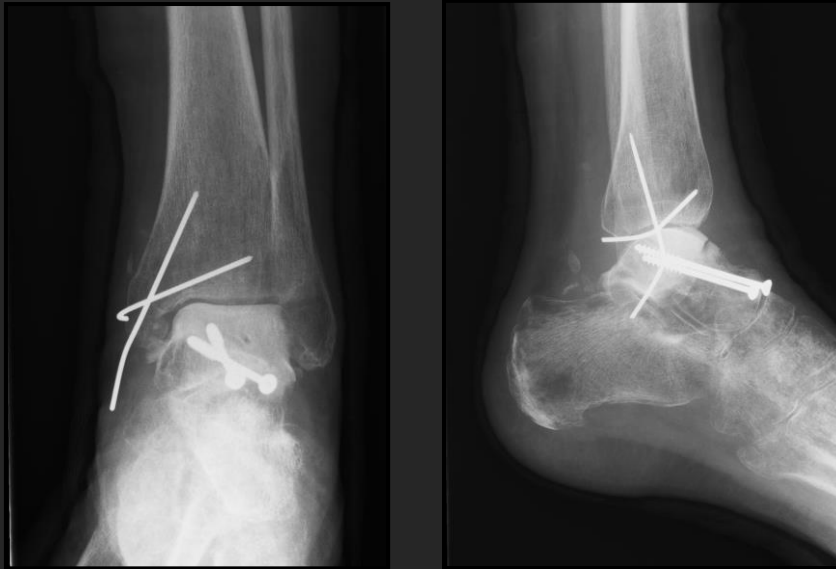
76-årig kvinde, strålebehandlet for c. mammae (MR 3 mdr senere end røntgen)

Michel Bach Hellfritzsch

50

50

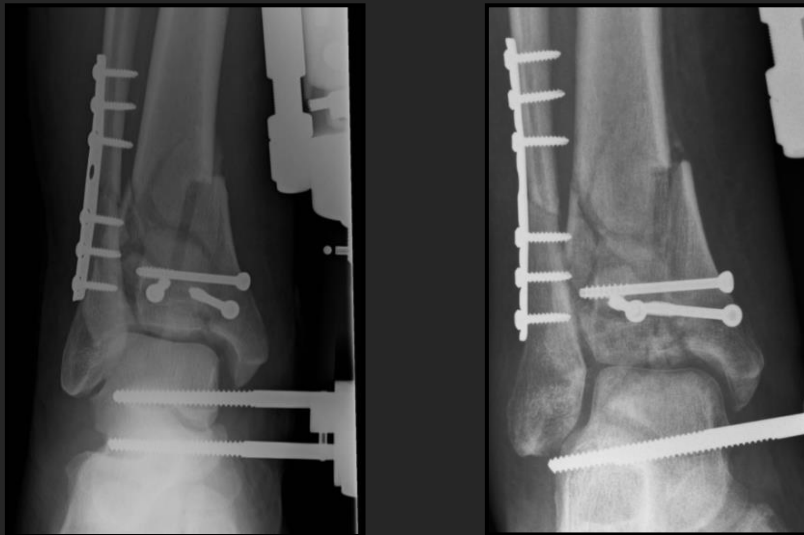
Osteonekrose: Posttraumatisk



Michel Bach Hellfritsch

51

Osteonekrose: Posttraumatisk Normal reaktion på immobilisering



Post OP

Michel Bach Hellfritsch

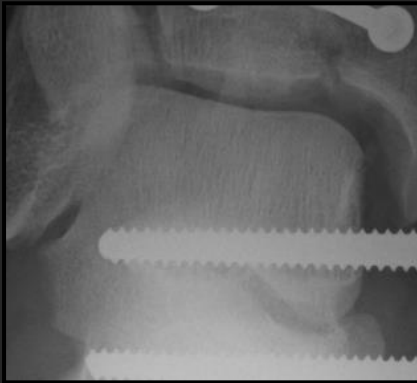
Kontrol efter 1/2 år

52

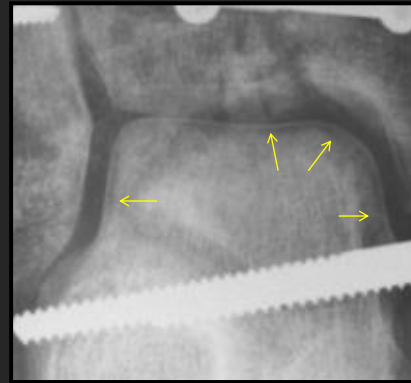
52

Osteonekrose: Posttraumatisk Normal reaktion på immobilisering

"Hawkins line" = Normal vaskularisering



Post OP

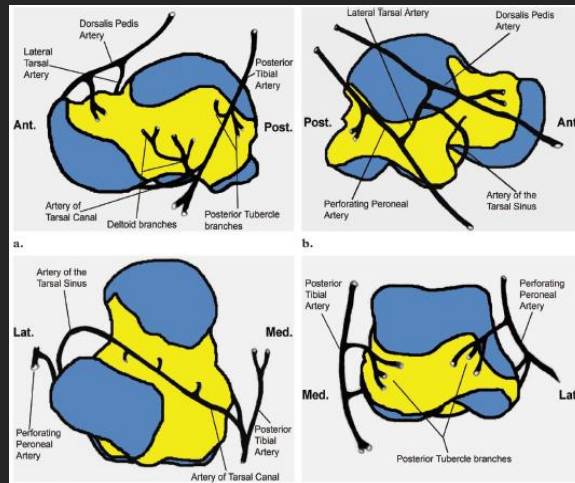


Kontrol efter ½ år

Michel Bach Hellfritzsch

53

53



Pearce et al. "Avascular Necrosis of the Talus: A Pictorial Essay", RadioGraphics
2005; 25:399-410

Michel Bach Hellfritzsch

54

54

Osteochondroser

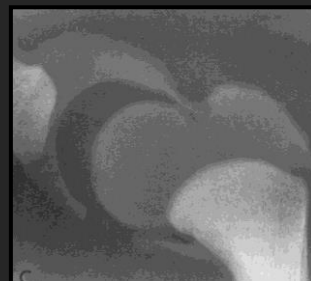
55

Michel Bach Hellfritzsch

55

Osteochondroser

- Heterogen gruppe af sygdomme, sædvanligvis karakteriseret ved:
 - Fragmentering og sklerosering af epi- og apofyser i det immature skelet på grund af repetitive mikrotarumer og/eller iskæmi.
 - Radiologisk billede (nekrose, revaskularisering og reparation):
 - Fragmentering
 - Kollaps
 - Sklerose
 - Reossifikation



Ozonoff

56

Michel Bach Hellfritzsch

56

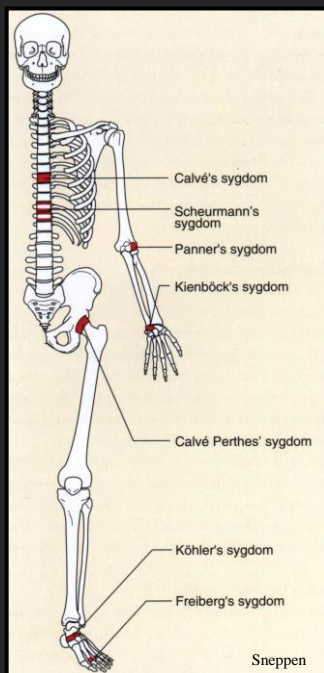
Osteochondroser

- Primær eller sekundær osteonekrose
- Tilstande relateret til traumer eller stress, uden osteonekrose
- Normalvariation i ossifikation

57

Michel Bach Hellfritzsch

57



Lokalisation af
hyppige
osteochondroser

58

Michel Bach Hellfritzsch

58

Osteochondroser: Lokalisation

- Mb. Scheuermann (columna thoracalis)
- Roca disease (angulus inferior scapulae)
- Mb. Panner (capitulum humeri)
- Mb. Kienböck (os lunatum)
- Mb. Dieterich (Caput MC 3,2 eller 4)
- Van Neck disease (Synchondrosen mellem ramus ossis ischii og ramus inferior ossis pubis)
- Valtancoli eller Kremser's disease (Tuber ischiadicum apofysen)
- Mb. Calvé-Legg-Perthes (Caput femoris)
- Mb. Sever (Calcaneus apofysen)
- Mb. Köhler I (Os naviculare)
- Mb. Köhler II ell. Mb. Freiberg (Caput MT 2/3/4/5)
- Iselin disease (MT5 apofyse)

59

Michel Bach Hellfritzsch

59

Osteochondroser

- Primær eller sekundær osteonekrose: Mb. Calvé-Legg-Perthes, Mb. Freiberg, Mb. Panner, Mb. Kienböck

60

Michel Bach Hellfritzsch

60

Osteochondroser

- Tilstande relateret til traumer eller stress, uden osteonekrose: Mb. Osgood-Schlatter, Mb. Blount, Mb. Scheuermann

61

Michel Bach Hellfritsch

61

Osteochondroser

- Normalvariation i ossifikation: Mb. Sever?, Mb. Köhler (I)?

62

Michel Bach Hellfritsch

62

Mb. Scheuermann

63

Michel Bach Hellfritzsch

63

Mb. Scheuermann

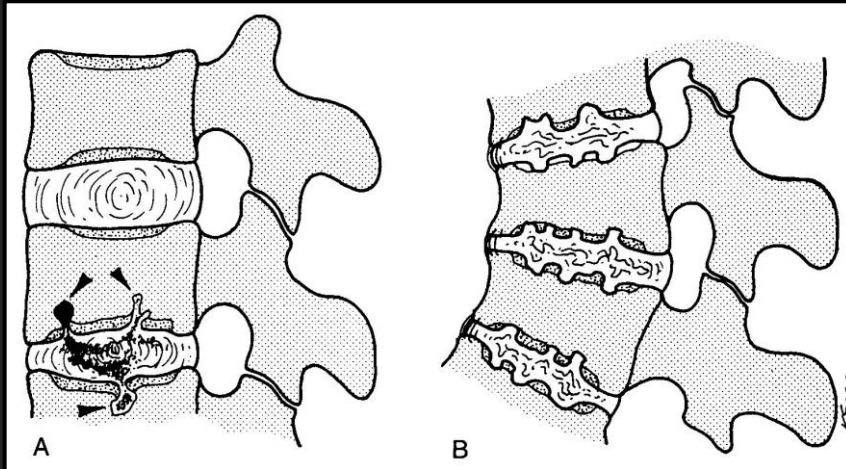
- Oostochondrose i thorakale hvivler
- Sygdomsdebut 13-17 år
- Hyppigst hos drenge
- Ses hos 50% af søskende
- Klinik: Asymptomatisk hos nogle, smerter og ubehag hos andre. Kyfoskopiose i varierende grad.
- Diagnostik: Røntgen.
- Prognose: Varierende

64

Michel Bach Hellfritzsch

64

Mb. Scheuermann



Michel Bach Hellfritsch
Resnick og Kransdorf: Bone and Joint Imaging

65

65

Mb. Scheuermann

- ”Kileform (mere end 5 gr.) af tre nabohivler”
- Reduceret hvirvellegeme højde
- Ant. hjørneforandringer (95%)
- Schmorlske impressioner (50%)
- Uregelmæssige endeplader
- Reduceret discushøjde



Michel Bach Hellfritsch

66

66

Mb. Scheuermann

- ”Kileform (mere end 5 gr.) af tre nabohvirvler”
- Ant. hjørneforandringer (95%)
- Schmorlske impressioner (50%)
- Reduceret hvirvellegeme højde
- Reduceret discus højde



Michel Bach Hellfritsch

67

67

Mb. Scheuermann

- ”Kileform (mere end 5 gr.) af tre nabohvirvler”
- Ant. hjørneforandringer (95%)
- Schmorlske impressioner (50%)
- Reduceret hvirvellegeme højde



Michel Bach Hellfritsch

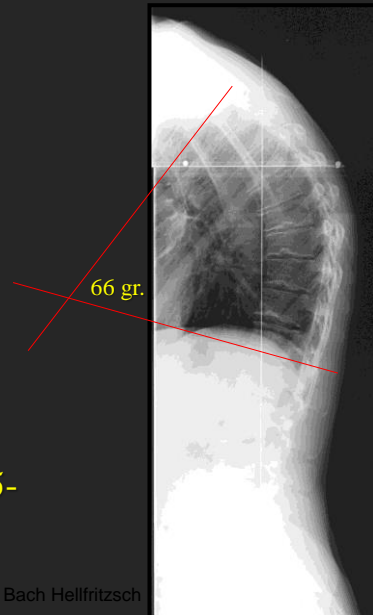
68

68

Mb. Scheuermann

Hyperkyfose

- Ved vinkler over 70 grader kan forventes progression efter vækstphør
- Rygbelastende arbejde undgås (Torakolumbal og lumbal)
- Evt. dese (Mere end 75-80 grader)



Michel Bach Hellfritzsch

69

69

Mb. Panner

Michel Bach Hellfritzsch

70

70

Mb. Panner

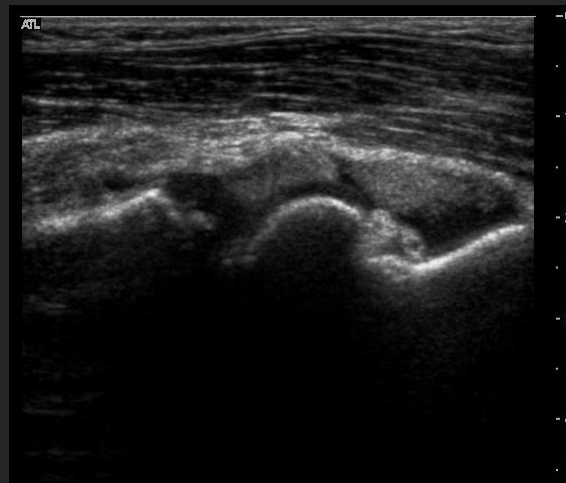
- Ostocondrose i capitulum humeri
- Sygdomsdebut 5-10 år
- Næsten kun hos drenge.
- Klinik: Smerter og nedsat bevægelighed, især ekstension.
- Diagnostik: Røntgen
- Prognose: Oftest god i modsætning til OCD.

71

Michel Bach Hellfritsch

71

Mb. Panner, dreng 9 år

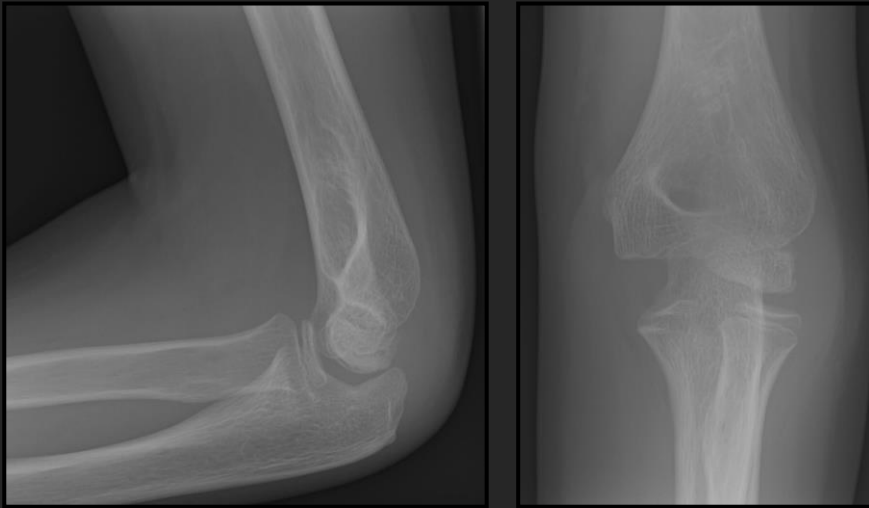


72

Michel Bach Hellfritsch

72

Mb. Panner, dreng 9 år

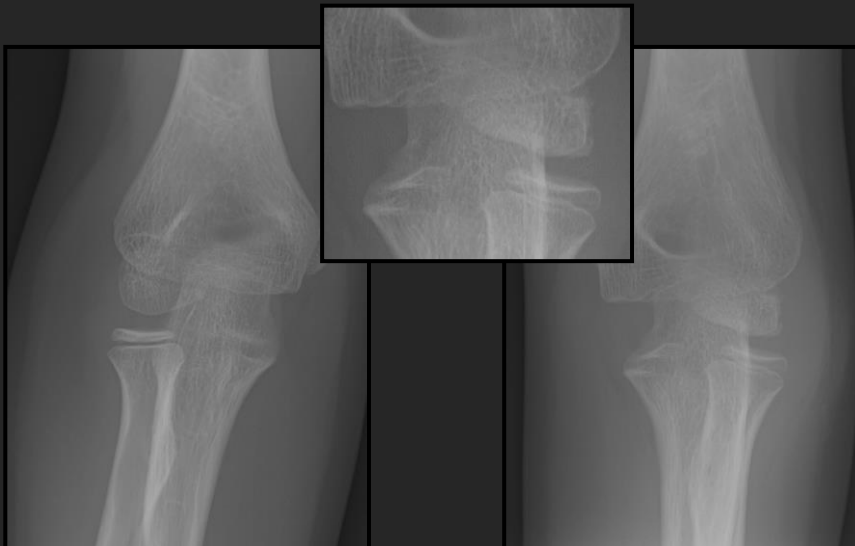


Michel Bach Hellfritzsch

73

73

Mb. Panner, dreng 9 år



I aktuelle tilfælde højre side til sammenligning

Michel Bach Hellfritzsch

74

74

Mb. Kienböck

Michel Bach Hellfritsch

75

75

Mb. Kienböck

- Lunatum malaci/osteonekrose.
- 20 – 40-årige.
- Smerter, hævelse og nedsat funktion.
- Initialt lineær eller kompressionsfraktur.
- Øget densitet, ændret facon.
- Fragmentering
- Risikofaktor: Ulna-minus (75%)

Michel Bach Hellfritsch

76

76

Stadium	Rtg.
I	Normal
II	Sklerose
III	Lunatum kollaps
IV	Carpal instabilitet

Lichtman efter Stein-Wexler

77

Michel Bach Hellfritzsch

77

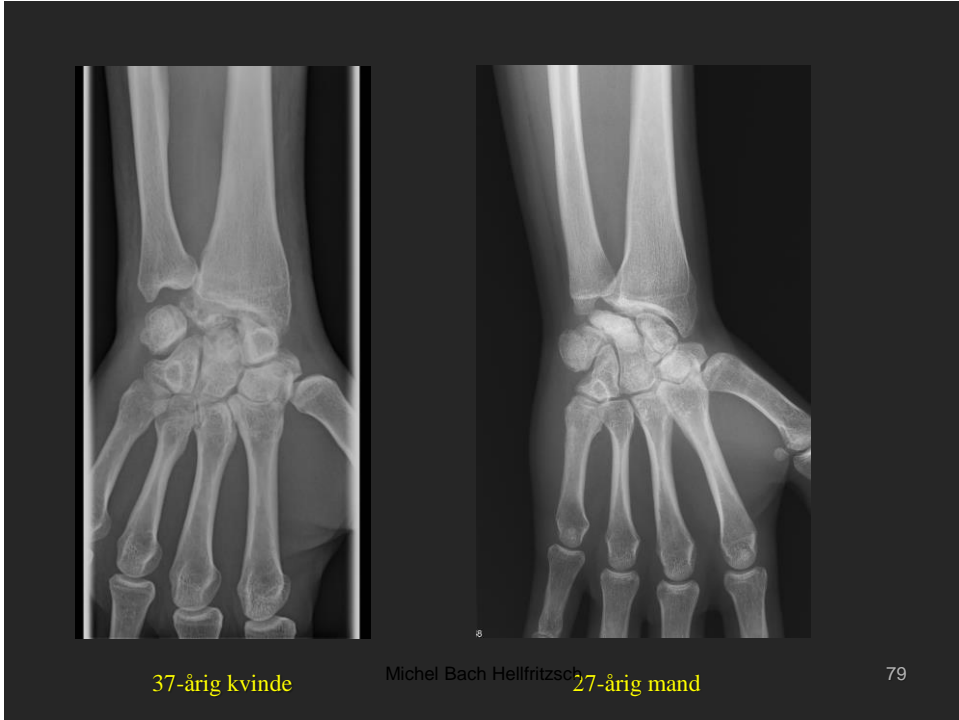
Stadium	Rtg.	MR.
I	Vanligvis normal, evt. radiolucide eller sklerose områder i knoglen	Ændret signal (T1 nedsat, T2 øget) i mere end 50% af knoglen
II	Normal kontur, øget densitet	Ændret signal i op til 100%, crescent sign
IIIA	Kollaps af lunatum	Som i II med fragmentering
IIIB	IIIA+scapholunær og triquetrolunat sublux.	IIIA+scapholunær og triquetrolunat sublux.
IV	IIIB+ carpal artrose	IIIB+synovit

Bohndorf et al. 2001. "Musculoskeletal imaging".

78

Michel Bach Hellfritzsch

78



79

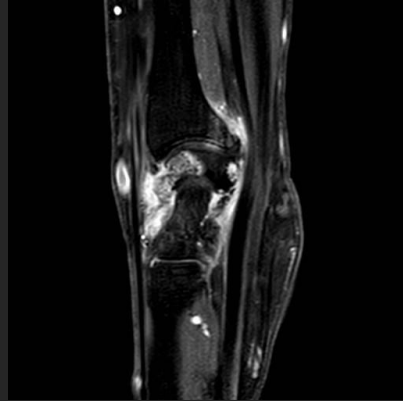


80

MR+K (+ 7 mdr. efter debut)



T1 mDixon + K



T1 mDixon + K

Michel Bach Hellfritsch

81

81

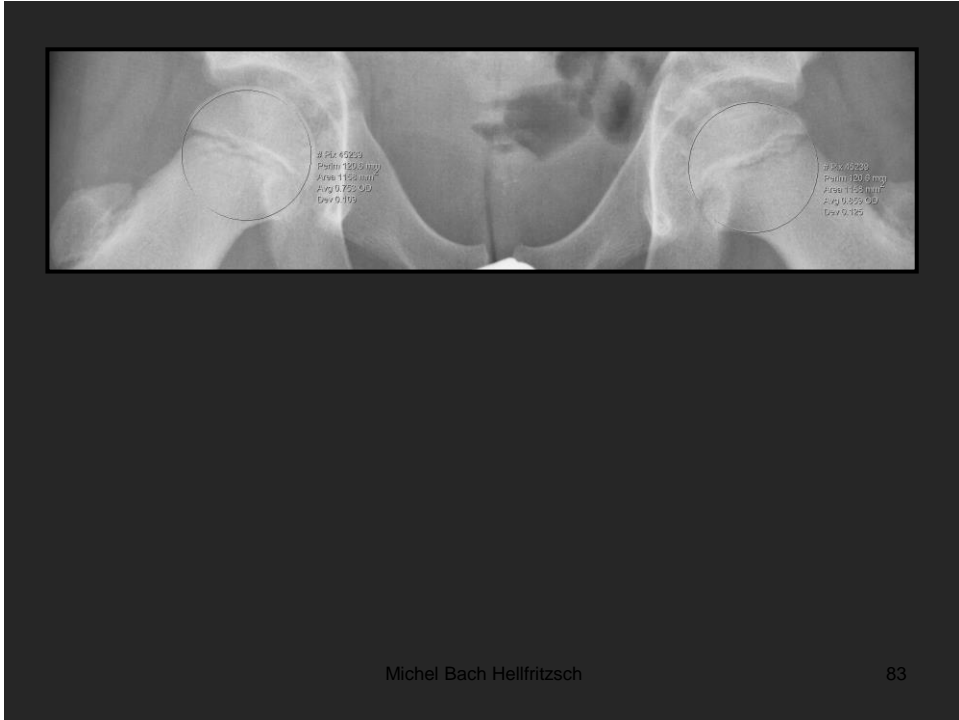
Case: Knap 10-årig dreng med bensmerter. Forandringer?



Michel Bach Hellfritsch

82

82



83



84

Mb. Calvé-Legg-Perthes

Se evt. noter på www.radiology.dk

85

Michel Bach Hellfritsch

85

Mb. Calvé-Legg-Perthes

- Idiopatisk avaskulær nekrose af caput femoris
- Sygdomsdebut 3-11 år, hyppigst 4-8 år
- Hyppigst hos drenge: ♂:♀ 4:1.
- Dobbeltsidig hos 15% (Tidsforskudt).
- Oftest synovit ved debut.
- Symptomer: Hofte- og eller knæsmerte.
- Prognose:
 - Børn under 7 år og Herring A eller B god.
 - Dårligere for større børn med Herring B og C

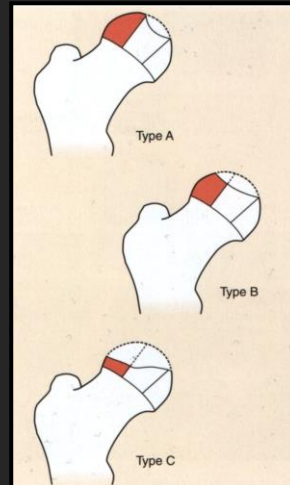
86

Michel Bach Hellfritsch

86

Mb. Calvé-Legg-Perthes

- Diagnostik: Røntgen og evt. MR (evt. MR med kontrast mhp. Vaskularisering), (UL – som bifund!)
- Herrings klassifikation:
 - Type A med intakt lateral søjle
 - Type B med mere end 50% højde
 - Type C med mindre end 50% højde

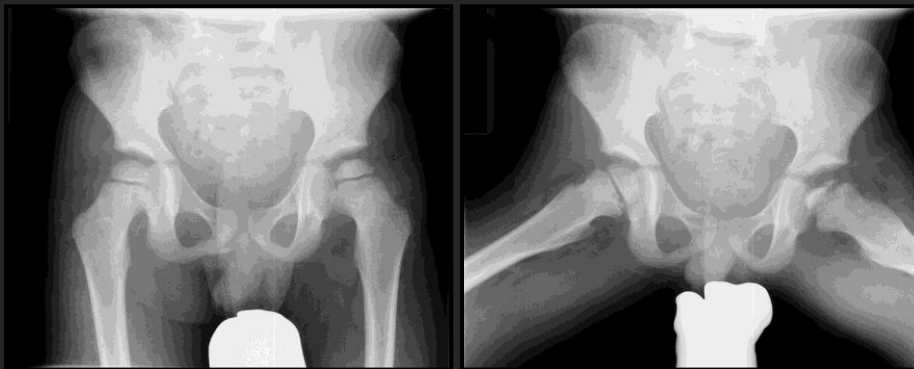


Michel Bach Hellfritzsch

87

87

Mb. Calvé-Legg-Perthes, dreng 4½ år gammel.



Michel Bach Hellfritzsch

88

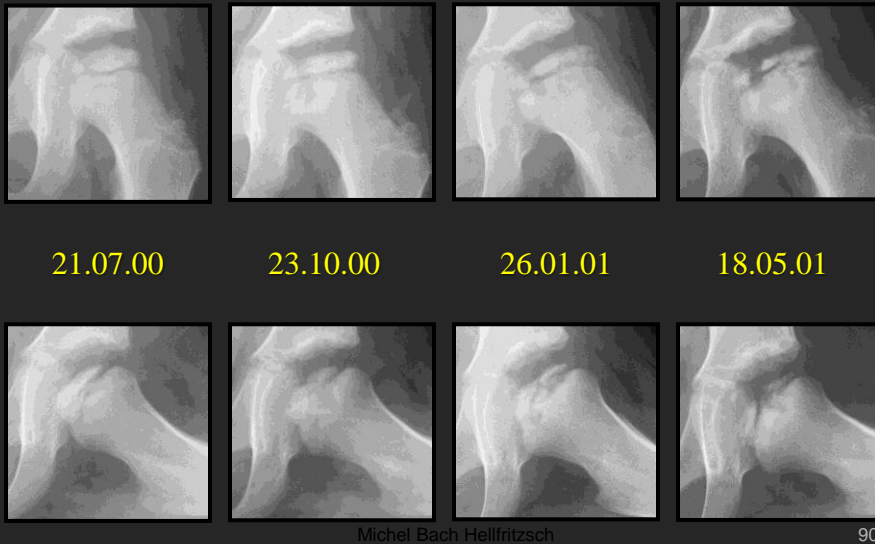
88

Mb. Calvé-Legg-Perthes, dreng 4½ år gammel.



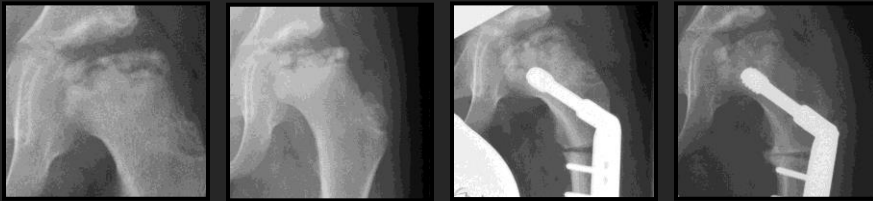
89

Mb. Calvé-Legg-Perthes, dreng 5 år 4 mdr.



90

Mb. Calvé-Legg-Perthes, dreng 5 år 4 mdr.

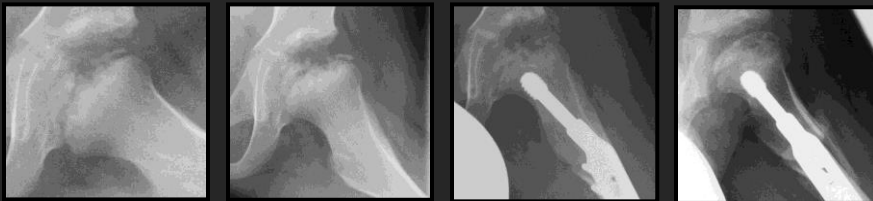


22.10.01

02.01.02

08.01.02

11.02.02



Michel Bach Hellfritzsch

91

91

Mb. Calvé-Legg-Perthes, dreng 5 år gammel: MR+K/subtr.

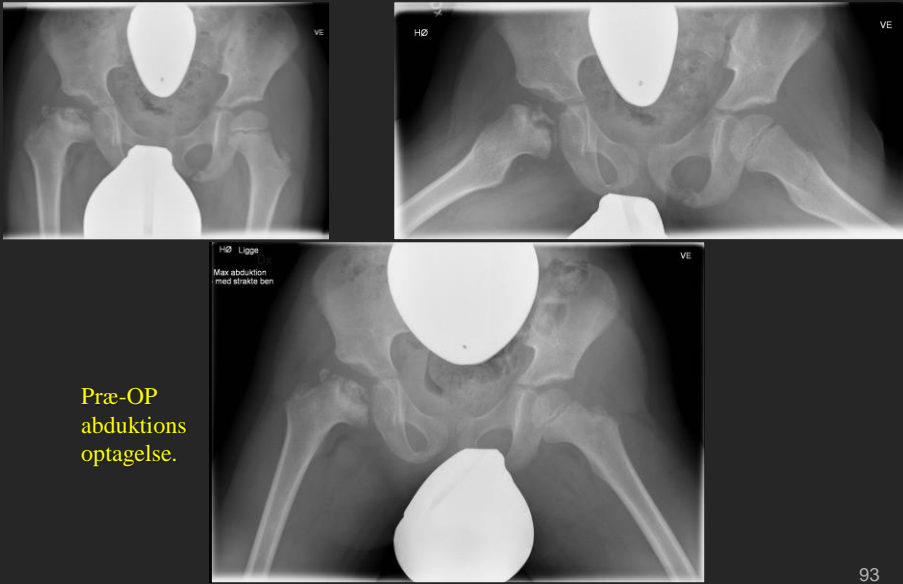


Michel Bach Hellfritzsch

92

92

Mb. Calvé-Legg-Perthes, dreng 5 år 5 mdr.



93

Mb. Osgood-Schlatter

Michel Bach Hellfritzsch

94

94

Mb. Osgood-Schlatter

- Tuberositas tibiae
- Hyppigst drenge 11-15 år.
- Bilateralt hos 25 (op til 50)%.
- Lokaliseret smerte og bløddelshævelse.
- Tidligere antaget at være en osteonekrose.
- I dag anser man tilstanden for at være traumatisk udløst læsion af ligamentum patellae hæfte.

95

Michel Bach Hellfritzsch

95



- Rtg: Kun ved usikker klinik (tumor?) eller akut kraftig forværring af symptomerne (tuberositas avulsion), samt ved persisterende symptomer (ossikel?).

96

Michel Bach Hellfritzsch

96

12-årig pige



Michel Bach Hellfritzsch

97

97

Mb. Sever

Michel Bach Hellfritzsch

98

98

Mb. Sever

- Calcaneus apofysen
- Børn og unge
- Ømhed over tuber calcanei
- Rtg. for at udelukke anden genese til smerter (fraktur, cyste m.v.)

99

Michel Bach Hellfritzsch

99

Sidebillede af calcaneus



100

Michel Bach Hellfritzsch

100

Mb. Köhler (I)

101

Michel Bach Hellfritsch

101

Mb. Köhler

- Selvbegrænsende, affladning, sklerose og irregulær facon af os naviculare.
- Hyppigst drenge, 3-7 år.
- Bilateralt hos 20-25%.
- Lokal smerte ømhed og hævelse
- Kontrol hos voksne: Fravær af kliniske og radiologiske forandringer (? – men ind imellem forskelligt udseende af knoglen hos voksne – tænk over dette)

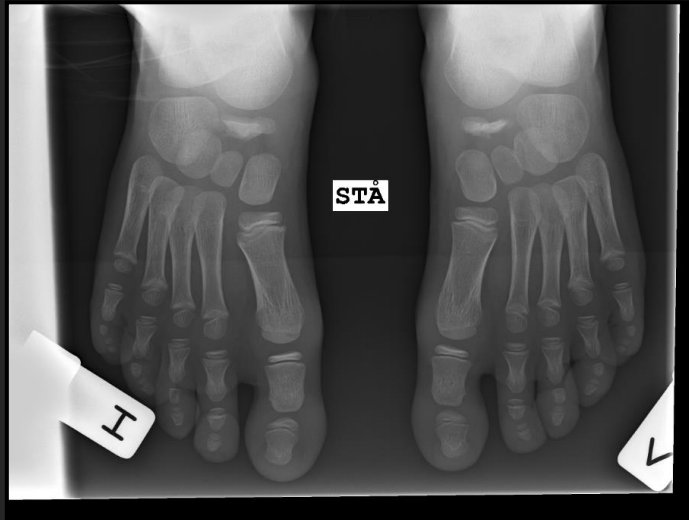


102

Michel Bach Hellfritsch

102

Mb. Köhler

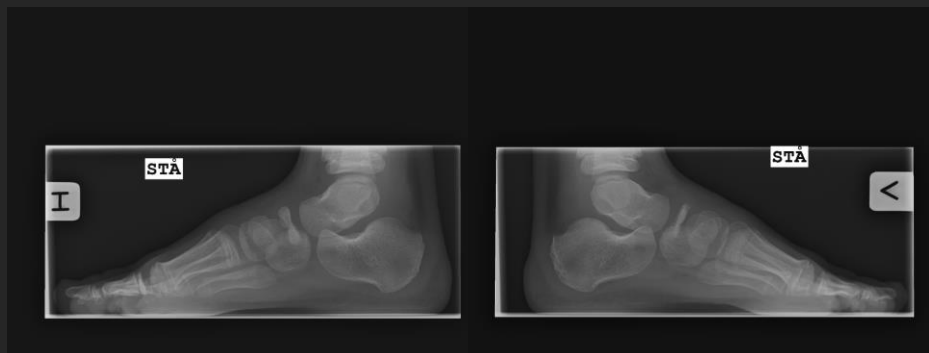


103

Michel Bach Hellfritsch

103


Mb. Köhler



12 03 2004 104

Michel Bach Hellfritsch

104



12.03.2004

14.06.2004

13.09.2004

105

Michel Bach Hellfritzsch

Detailed description: This slide displays three pairs of hand X-rays, arranged vertically. Each pair shows the bones of both hands. The top pair, dated 12.03.2004, includes a small white box with the letters 'STA' in the center. The middle pair, dated 14.06.2004, shows a progression of changes. The bottom pair, dated 13.09.2004, shows further progression. The number '105' is located in the bottom right corner of the slide area, and the name 'Michel Bach Hellfritzsch' is at the bottom center.

105

Mb. Freiberg (Mb. Köhler II)

106

Michel Bach Hellfritzsch

Detailed description: This slide features a large, bold title in yellow text centered on a black background. The title reads 'Mb. Freiberg (Mb. Köhler II)'. In the bottom right corner, the number '106' is displayed. At the bottom center, the name 'Michel Bach Hellfritzsch' is written in a smaller font.

106

Mb. Freiberg

- Metatarsalgia med osteonekrose/osteocondritis dissecans i caput af oftest II., evt. III. eller IV. metatars
- Sygdomsdebut 13-18 år
- Hyppigst hos kvinder.
- Formentlig udløst af traume.
- Bilateralt hos < 10%



107

Michel Bach Hellfritzschn

107

Mb. Freiberg

- Rtg.: Sklerose, fragmentering, asfærisk caput.
- Evt. MR (CT præ OP)



108

Michel Bach Hellfritzschn

108

LITTERATUR

Michel Bach Hellfritzsch

109

109

Litteratur

- Lee et al.: "How do radiologists evaluate osteonecrosis?" *Skeletal Radiol* (2014) 43:607–614
- Murphey et al.: "Imaging of Osteonecrosis: Radiologic-Pathologic Correlation", *Radiographics* 2014; 34: 1003-28.
- J. Trueta: "The normal vascular anatomy of the human femoral head", *J Bone Joint Surg Br* 39-B: 358-394
- West et al: "Imaging of osteochondrosis", *Pediatric Radiology* (2019) 49:1610–1616.

Michel Bach Hellfritzsch

110

110