Chula Med J Vol. 56 No. 3 May - June 2012

การบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส
(Injury to the epiphyseal plate)

ณพชาติ ลิมปพยอม*

Limpaphayom N. Injury to the epiphyseal plate. Chula Med J 2012 May - Jun; 56(3): 327 - 42

Epiphyseal plate or physis is a unique structure of the immature skeleton. It comprises chondrocytes in columnar formation. The chondrocyte maturation process in the physis is the responsible mechanism for longitudinal bone growth through endochondral ossification process. The blood supply to the physis can be divided to two major systems. Understanding of the injury to the physis and the blood supply is crucial for clinicians to effectively treat this particular injury in the childhood and adolescence. Injury classification scheme is based on radiographic appearances which lead to treatment planning and possible subsequent complications. Treatment of the physis injury requires the knowledge of these injury patterns of bone and its blood supply. Further investigations may be needed; each modality offers its own advantage and disadvantage in which clinicians must choose properly. Pretreatment counseling should be mandatorily offered to the patient and family members for their better understand of the treatment plan and to raise their awareness of possible complications.

Keywords: *Physis, Epiphyseal plate, injury, complication, treatment.*

Reprint request: Limpaphayom N. Department of Orthopedics, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. Jun 10, 2011.

*ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ณพชาติ ลิมปพยอม. การบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส. จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2555 พ.ค. – มิ.ย.; 56(3): 327 – 42

แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเป็นส่วนประกอบหลักที่บริเวณปลายของกระดูกยาวในเด็กและวัยรุ่น เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เจริญเติบโตเพื่อเพิ่มความยาวของกระดูกยาวนั้น ๆ แผ่นกระดูกเอพิไฟซิส ประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเป็นแนวตามยาวและแบ่งเซลล์ออกได้เป็นชั้นตามระยะของการเจริญเติบโต เส้นเลือดที่มาเลี้ยงบริเวณนี้มีรูปแบบที่จำเพาะ การบาดเจ็บของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนี้พบได้บ่อย และเป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่งของการบาดเจ็บในเด็กและวัยรุ่น การแบ่งชนิดการบาดเจ็บสามารถ แบ่งได้หลายแบบซึ่งจะนำไปสู่ชนิดของการรักษา และภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะเกิดตามมา การรักษา การบาดเจ็บที่เกิดแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสสามารถทำได้หลายแบบ และต้องคำนึงถึงรูปแบบการบาดเจ็บ และเส้นเลือดที่มาบริเวณที่บาดเจ็บดังกล่าว การตรวจเพิ่มเติมสามารถให้ข้อมูลรายละเอียดได้เพิ่มขึ้น แต่มีประโยชน์ต่างกันขึ้นกับชนิดของการตรวจซึ่งต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม ภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจาก การวินิจฉัยและการรักษาควรจะป้องกันได้ตั้งแต่ระยะแรกแต่อาจมีเกิดขึ้นได้ ซึ่งต้องให้ผู้ป่วยและ ผู้ปกครองรับทราบถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของวิธีการรักษาและภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะตามมา

คำสำคัญ: *การบาดเจ็บ, ไฟซิส เอพิไฟซิส, ภาวะแทรกซ้อน, การรักษา.*

การบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเป็นการบาดเจ็บเฉพาะในเด็กและวัยรุ่น การรักษาและการป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากการรักษาต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับชนิด ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์และเส้นเลือดที่มาหล่อเลี้ยง การบาดเจ็บยังแบ่งออกไปได้หลายแบบและนำไปสู่การรักษาแบบต่าง ๆ การส่งตรวจเพิ่มเติมต้องเลือกใช้ให้เหมาะสม บทความนี้จะทำการทบทวนความรู้ในแง่ต่าง ๆ เกี่ยวกับการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการดูแลรักษา และให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยและครอบครัว

กายวิภาค

แผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Epiphyseal plate, Physis)[1, 2] ประกอบด้วยเขต (Zone) ที่ต่อเนื่องกัน 4 เขต ของกระดูกอ่อนระยะต่าง ๆ ซึ่งเรียงตัวกันตามยาวได้แก่

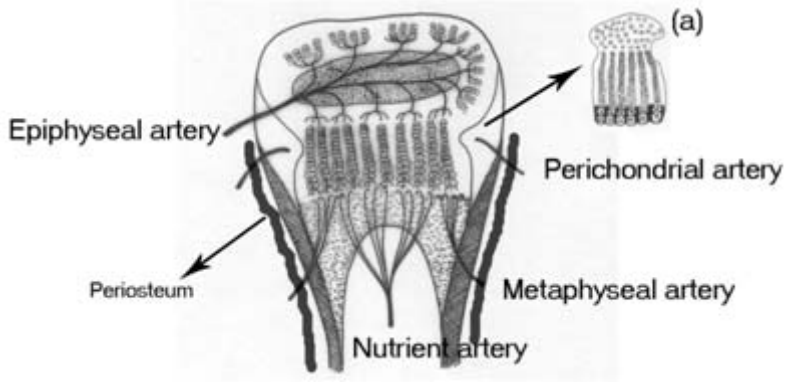
1) เขตสิ่งผลิ (Germinal zone, Reserved zone)
2) เขตงอกขยาย (Proliferative zone)
3) เขตการหนา (hypertrophic zone)
4) เขตการมีแคลเซียมเกาะชั่วคราว (Provisional calcification zone)

ซึ่งเขตของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (รูปที่ 1, 2) ทั้ง 4 นี้ ถูกล้อมรอบภายนอกด้วย กระดูกอ่อนเส้นใย (Fibrocartilage) ซึ่งเป็นส่วนที่ต่อเนื่องมาจากเยื่อหุ้มกระดูก (Periosteum) ที่หุ้มอยู่รอบนอกของกระดูกแข็ง (Cortical bone) ส่วนภายในกระดูกนั้นส่วนของเขตการมีแคลเซียมเกาะชั่วคราวของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะต่อกับส่วนเมทาไฟซิสของกระดูกแข็งโดยที่ผิวรอยต่อของกระดูกสองส่วนนี้จะไม่เรียบ แต่มีลักษณะเป็นคลื่น (undulating) ถึงแม้ว่าลักษณะทางมหกายวิภาคศาสตร์ (Gross anatomy) หรือภาพที่เห็นจากการถ่ายภาพรังสีจะเห็นว่ารอยต่อนี้มีลักษณะเรียบก็ตาม และอีกด้านที่ตรงข้ามกับเมทาไฟซิสก็จะเชื่อมกับกระดูกอ่อนที่เจริญเป็นข้อต่อ (Secondary ossification center) ตามรูปที่ 2-1

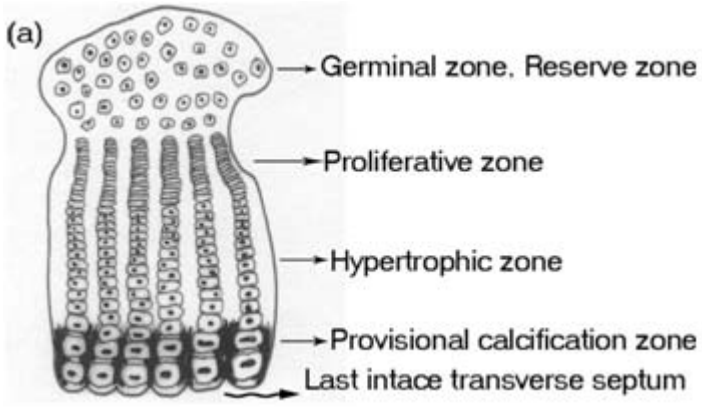
เขตการเจริญเติบโตในเอพิไฟซิส

เขตสิ่งผลิ (Germinal zone, Reserve zone) ตัวกระดูกอ่อนมีลักษณะอยู่กันเป็นเซลล์เดี่ยวหรือคู่ ล้อมรอบด้วยสารส่วนใหญ่ที่เป็น Mucopolysaccharide ซึ่งยังไม่พบการไมโทซิสเกิดขึ้น

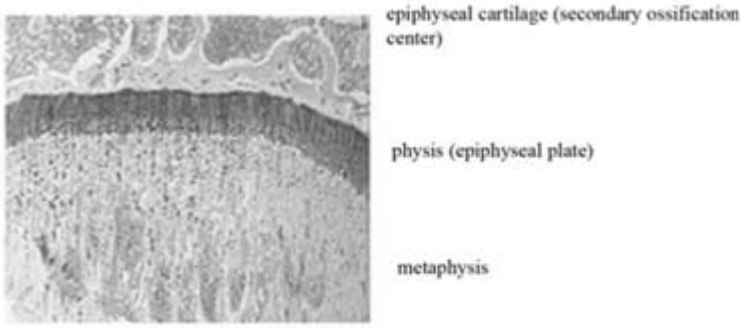
เขตงอกขยาย (Proliferative zone) เซลล์เริ่มเรียงตัวกันเป็นลักษณะแบนเป็นลำ นิวเคลียสถูกผลักออกไปอยู่ด้านข้าง จำนวนเซลล์ในแต่ละลำแปรผันได้ตั้งแต่ 6 ถึง 20 เซลล์ขึ้นกับกิจกรรมของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนั้น ส่วนล่างสุดของลำกระดูกอ่อนในเขตเร่งผลิตนี้ ตัวเซลล์จะขยายขนาดเป็นเซลล์ใหญ่ (Giant cell) ซึ่งอัตราการโตของกระดูกถูกควบคุมโดยการเพิ่มปริมาตรของน้ำในเซลล์ (Volume) เป็นหลัก ประมาณร้อยละหกสิบ ในสองเขตแรกนี้เซลกระดูกอ่อนจะสะสมไกลโคเจน (Glycogen) มากเพิ่มเตรียมเป็นพลังงานของเซลล์ในระยะต่อ ๆ ไป



รูปที่ 1. รูปวาดแสดงตอนปลายของกระดูกยาว (End of long bone) แสดงความสัมพันธ์ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส เส้นเลือดแดง และเยื่อหุ้มกระดูก โดยเมื่อดูภาพขยายตรงบริเวณแผ่นกระดูกไฟซิสจะเป็นรูปที่ 2



รูปที่ 2. ภาพขยายของบริเวณ (a) ในรูปที่ 1 แสดงเขตต่าง ๆ (Zone) ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส และบริเวณที่ต่อเนื่องกับเมทาไฟซิส



Normal growth plate of immature rat

Courtesy of P.Rianthavorn, M.D. Div. of Nephrology, Dept of Pediatrics, David Geffen school of Medicine at UCLA. and Dept of Pediatrics, Faculty of Medicine Chulalongkorn University.

รูปที่ 2-1

เขตการมีแคลเซียมเกาะ (Provisional calcification) เมื่อเข้าสู่เขตการมีแคลเซียมเกาะ เมทริกซ์รอบ ๆ เซลล์จะมีการสร้างเป็นโครงสร้าง (Scaffold) เพื่อให้เซลล์สลายกระดูกทำงาน ในชั้นนี้จะมีเส้นเลือดจากด้านเมทาไฟซิสทะลุเข้ามา การเปลี่ยนแปลงที่เกิดคือตัวของเซลล์กระดูกอ่อนก็จะตาย และมีการสร้างกระดูกกลายเป็นกระดูกแข็งทดแทนในที่สุด (Endochondral ossification)

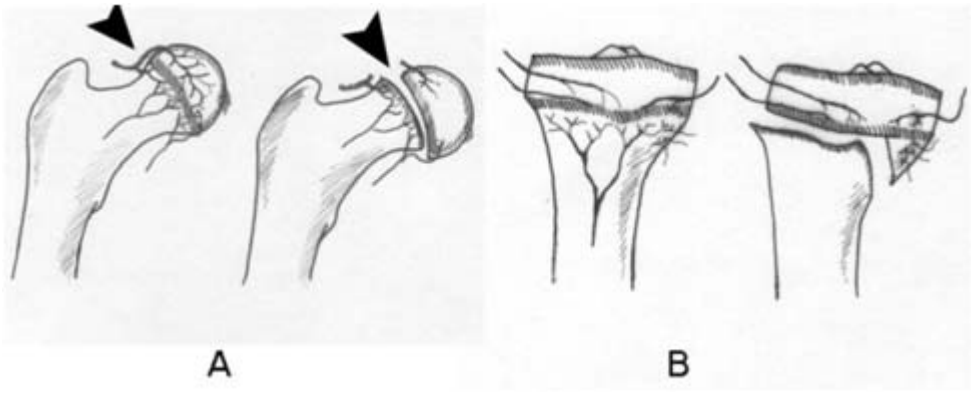
เมื่อมองภาพรวมจะเห็นว่าแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเป็นการเจริญเติบโตของเซลล์กระดูกอ่อนทีละเซลล์ในแต่ละลำ ตั้งแต่ เกิด แก่ (เจ็บ) และตาย ภาวะภายในเปลี่ยนแปลงจากการที่มีออกซิเจน (Aerobic) ไปจนถึงส่วนที่ไม่มีการใช้ออกซิเจน (Anaerobic) เพื่อเพิ่มความยาวกระดูกโดยรวม

เส้นเลือดแดง (Vascular supply) เส้นเลือดแดงที่เลี้ยงที่บริเวณแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส เป็นแขนงของเส้นเลือดที่มาจากเส้นเลือดของเยื่อหุ้มกระดูกที่ข้อนั้น ๆ ตัวเส้นเลือดจะทะลุเข้ามาด้านเอพิไฟซิสใกล้กับบริเวณรอยต่อของเยื่อหุ้มข้อ จากนั้นเส้นเลือดจะแตกแขนงเข้าไปที่เขตสิ่งผลิผ่านลงไปถึงเซลล์ชั้นบน ๆ ของเขตการงอกขยาย ทำให้เขตนี้มีความเข้มข้นของออกซิเจนปริมาณสูง แต่จะไม่พบเส้นเลือดลงไปอยู่ระหว่างลำกระดูกอ่อนเลย ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนลดลงกลายเป็นภาวะไม่มี

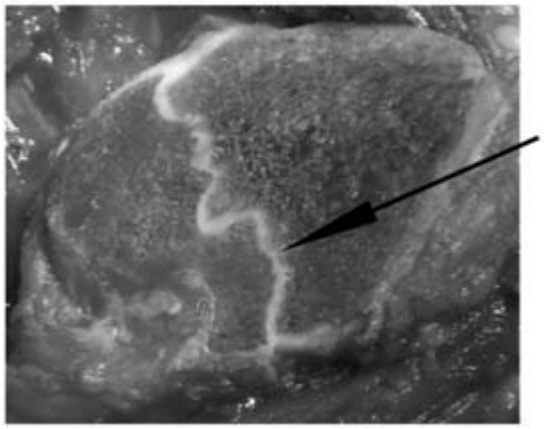
ออกซิเจน (Anaeric) ดังกล่าวแต่เซลล์จะใช้ไกลโคเจนที่สะสมแทนแล้วเส้นเลือดก็จะวกกลับกลายเป็นหลอดเลือดดำ ในขณะที่เส้นเลือดที่มาเลี้ยงยังบริเวณเมทาไฟซิสจะได้จากส่วนของ Nutrient artery ในบริเวณสามในสี่ส่วนตรงกลางของความกว้าง และที่เหลือโดยรอบจะมีจากเส้นเลือดเมทาไฟซิสที่ทะลุมาจากเยื่อหุ้มกระดูกเป็นหลัก[2] ดังนั้นหากเกิดการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเส้นเลือดที่ได้รับอันตรายก็จะเป็นเส้นเลือดคนละระบบไม่เกี่ยวข้องกัน (ระบบเอพิไฟซิส และระบบเมทาไฟซิส) ยกเว้นแต่เอพิไฟซิสของกระดูกสะโพกและกระดูกเรเดียสตอนบน ซึ่งแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะถูกคลุมด้วยกระดูกอ่อนของผิวข้อ ทำให้มีโอกาสที่เส้นเลือดที่ไปเลี้ยงแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเกิดการบาดเจ็บเมื่อเกิดอุบัติเหตุได้ (รูปที่ 3) ทำให้เข้าใจได้ว่ามีปัจจัยหลายอย่างมากำหนดการพยากรณ์โรคของภาวะการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส

Biomechanics of the epiphyseal plate

ลักษณะ 3 มิติของเอพิไฟซิส ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีความหลากหลายมาก และการพัฒนาเอพิไฟซิสขึ้นกับพันธุกรรมและยังถูกควบคุมโดยแรงเค้นที่มากระทำลักษณะของแผ่นเอพิไฟซิสจะมีลักษณะเป็นคลื่น (Undulating surface) ขนาดใหญ่ ไม่ได้เป็นเส้นตรงเรียบ (รูปที่ 4) และยังมีปุ่มคล้ายหัวนม (mammillary process) อีกหลายอัน ซึ่งปุ่มและส่วนโค้งเหล่านี้อาจจะเห็นได้ไม่ชัดจากภาพรังสี ในมนุษย์การพัฒนาของ undulating surface เหล่านี้จะไม่มากเท่ากับของสัตว์สี่ขาที่ต้องมีการวิ่งหมุนตัว หรือกระโดดอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีการสร้างเซลล์ซ้อน ๆ กัน (Lappet formation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงทางการเรียงตัวของ cell เพื่อให้ลดแรงเฉือนและแรงดึงที่กระทำต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส ลักษณะทั้ง 2 อย่างนี้ไม่พัฒนามากนักในมนุษย์เมื่อเทียบกับสัตว์สี่ขา แสดงว่าความโค้งและปุ่มเหล่านี้ย่อมให้ความสำคัญในแง่ความมั่นคงโดยรวมต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส



รูปที่ 3. ภาพ A แสดงตัวอย่างของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่กระดูกต้นขาตอนบนซึ่งมีเส้นเลือดเข้ามาเลี้ยงที่บริเวณขอบรอยต่อ และเส้นเลือดนี้มีโอกาสบาดเจ็บจากอุบัติเหตุได้ ทำให้เกิดภาวะขาดเลือดไปเลี้ยงหัวกระดูก (Osteonecrosis) (หัวลูกศร) ภาพ B เปรียบเทียบลักษณะเส้นเลือดที่บริเวณปลายกระดูกยาวอื่น ๆ การที่เส้นเลือดที่เข้าไปเลี้ยงเอพิไฟซิสไม่ได้พาดผ่านบริเวณแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสโดยตรง ทำให้โอกาสการบาดเจ็บต่อเส้นเลือดเกิดได้น้อย



รูปที่ 4. ภาพถ่ายของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสบริเวณ Greater trochanter ของกระดูกต้นขาภายหลังจากการทำ Greater trochanteric osteotomy แสดงให้เห็นว่าแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะมีลักษณะเป็นคลื่น ไม่ได้เป็นเส้นตรง

ความแข็งแรงของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสขึ้นกับการเรียงตัวของเซลล์และองค์ประกอบของเมทริกซ์ (Cyto-architectural type and arrangement และ intercellular cartilaginous matrix) ใน 2 เขตแรกของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส จะพบมีเมทริกซ์กระดูกอ่อนปริมาณมาก และแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะมีความแข็งแรง เมื่อเซลล์กระดูกอ่อนมีขนาดใหญ่ขึ้น ความแข็งแรงจะเริ่มลดลงในเขตที่สาม จากนั้นเมื่อเข้าสู่เขตที่สี่ ภายในแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะมีการเสริมความแข็งแรงจากการมีแคลเซียมมาเกาะรอยต่อที่มีความอ่อนแอที่สุด (จุดอ่อน) ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Weakest link) ได้แก่ เขตการหนา (Hypertrophic zone) การเสริมความแข็งแรงโดยรอบส่วนหนึ่งก็มาจากเยื่อหุ้มกระดูก ถ้าเยื่อหุ้มกระดูกถูกตัดออกจนหมด จะพบว่าแผ่นเอพิไฟซิส จะถูกแยกไปได้โดยการแยกผ่านเขตที่สามนี้

การแบ่งชนิดของการบาดเจ็บ

Salter- Harris classification

การแบ่งการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส ชนิดนี้ได้ถูกนำมาใช้นานกว่า 45 ปีแล้ว โดย Salter และ Harris[3] ได้ทำการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่าสามารถแบ่งการเกิดการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสได้เป็น 5 แบบ (รูปที่ 5)

Type I เอพิไฟซิส และ เมทาไฟซิส แยกออกจากกันโดยไม่มีกระดูกแข็งหัก เซลล์ที่ให้การเจริญเติบโตทั้งหมดติดอยู่กับเอพิไฟซิส

Type II แนวที่หักผ่านแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส แต่มีการหักผ่านเข้าไปในเมทาไฟซิส และพบเยื่อหุ้มกระดูกด้านนูน (Concave) ของการบาดเจ็บมีการฉีกขาด

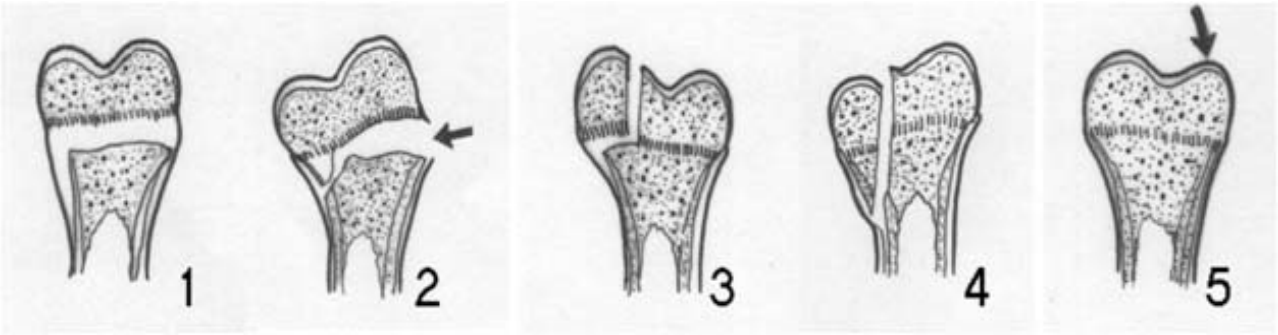
Type III เป็นการหักผ่านเข้าไปในผิวข้อ (articular cartilage) จากนั้นแนวหักจะหักมุมผ่านเข้าไปในแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส

Type IV เป็นการหักผ่านผิวข้อเข้าไปกลาง Secondary ossification center และ หัก ผ่านต่อไปยังเมทาไฟซิส

Type V แรงกระแทก (บดอัด, Crushing injury) ต่อจุดใดจุดหนึ่งของไฟซิส

ต่อมาการแบ่งแบบนี้ได้ถูกใช้เป็นมาตรฐานแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในแง่ที่มีกระดูกหักที่เกี่ยวข้องกับแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสบางแบบที่ไม่เป็นไปตามการแบ่งแบบ Salter - Harris ในปี 1981 Ogden[4-6] ได้เพิ่มการหักของไฟซิสอีก 4 แบบ ได้แก่ Type VI – IX และแบ่งการหักแบบย่อยลงไปอีกโดยส่วนหนึ่งของการแบ่งยังคงอ้างอิงการแบ่งของ Salter-Harris อยู่

Type VI เป็นการนำสิ่งที่ Rang M ได้อธิบายไว้มาเสริม โดยมีรูปแบบการหักเป็น avulsion injury ที่ขอบ ๆ ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส



รูปที่ 5. รูปวาดแสดงรอยการหักผ่านแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสตามแบบ Salter-Harris

Type VII มีลักษณะเป็นการหักของผิวข้อ (Osteochondral Fracture)

Type VIII การหักของเมทาไฟซิสใกล้ ๆ กับแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส ความสำคัญ คือ อาจจะมีการรบกวนเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงไฟซิสจากทางด้านเมทาไฟซิสได้

Type IX มีการบาดเจ็บต่อเยื่อหุ้มกระดูกทำให้เสียคุณสมบัติของการสร้างกระดูก แต่อาจจะพบหรือไม่พบกระดูกหักก็ได้

Ogden ได้ให้ความเห็นว่าการแบ่งแบบเดิมของ Salter-Harris นั้นได้มาจากการทดลอง ซึ่งคุณสมบัติของกระดูกจากสัตว์ทดลองนั้นอาจมีความแตกต่างจากมนุษย์ เนื่องจากสัตว์ทดลองนั้นแม้ว่าจะทำการทดลองช่วงที่กระดูกยังไม่เจริญเต็มวัย (Immature bone) แต่การเจริญเต็มวัยของสัตว์อาจจะต่างจากมนุษย์ เขาจึงได้รวบรวมข้อมูลจากกระดูกหักจริงจากข้อมูลทางคลินิกของผู้ป่วยเป็นระยะเวลา 20 ปีและเพิ่มเติมรูปแบบการบาดเจ็บดังกล่าวขึ้น

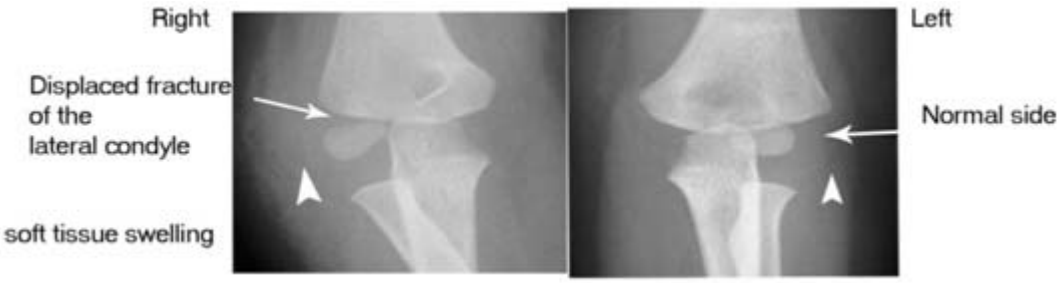
การตรวจทางรังสีของการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส[7]

1) การตรวจภาพรังสี (Plain Radiographs)

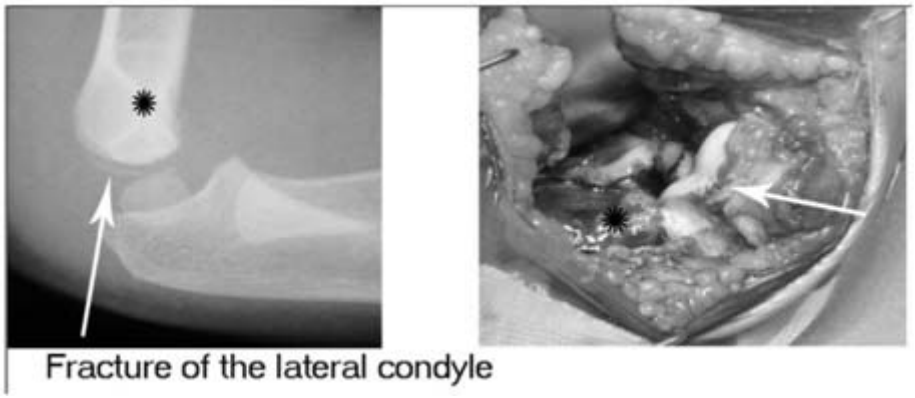
การตรวจชนิดนี้ยังเป็นการตรวจหลักโดยอาศัยหลักการดูว่าแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (รูปที่ 6, 7) มีการเลื่อนออกหรือกว้างขึ้นหรือไม่ รวมถึงการดูตำแหน่งปกติของเงากระดูกและเงาเนื้อเยื่ออ่อนต่าง ๆ ที่จะหายไปหรือปรากฏไม่ชัดเท่าเดิม ขอบกระดูกใหม่ที่เด่นชัดขึ้น เศษกระดูกขนาดเล็กที่อาจไปปรากฏอยู่ในแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส การตรวจเริ่มด้วยภาพด้านหน้า (Anteroposterior) และด้านข้าง (lateral) เพื่อจะได้ให้ภาพหลายมิติ จากนั้นอาจต้องใช้ท่าเฉียง (Oblique) เช่นข้อเท้าหรือข้อเข่า และการเปรียบเทียบภาพรังสีของกระดูกฝั่งตรงข้ามที่คิดว่าปกติเข้าช่วย การดูเงาการบวมของเนื้อเยื่ออ่อนรอบ ๆ บริเวณที่สงสัย และดูเปรียบเทียบกับข้างปกติก็สามารถช่วยการวินิจฉัยได้เช่นกัน แต่การส่งฟิล์มของอวัยวะข้างที่ปกติเพื่อการเปรียบเทียบนั้นไม่จำเป็นต้องทำในเด็กทุกราย หากภาพรังสีแรกให้ข้อมูลเพียงพอต่อการวินิจฉัยภาวะบาดเจ็บนี้แล้ว ก็ไม่ควรจะต้องให้เด็กถูกรังสีโดยไม่จำเป็น

2) การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (Computed Tomography scan) (CT Scan) (รูปที่ 8) มีส่วนช่วยในการวางแผนการรักษา และเตรียมการผ่าตัดสำหรับกระดูกหักของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสชนิดที่ซับซ้อน โดยนำมาเสริมกับภาพที่เห็นทางรังสีโดยเฉพาะแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสหักแบบที่ 3 หรือ 4 ที่มีการหักเข้าไปในบริเวณข้อ นอกจากนี้ การถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ มีประโยชน์ในแง่ของการดูตำแหน่งของการหยุดการเจริญเติบโต โดยตรวจหาตำแหน่งการเชื่อมของไฟซิส (Epiphyseal bar, Epiphyseal bridge, Physeal growth arrest)

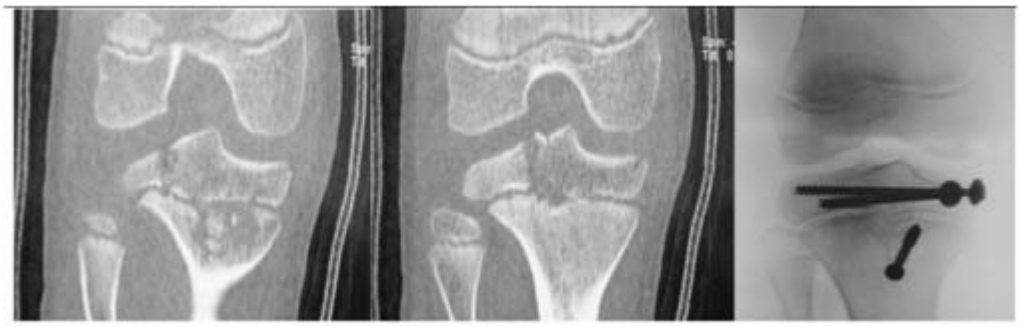
3) การตรวจด้วยการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก (Magnetic resonance imaging: MRI)



รูปที่ 6. ภาพรังสีของการหัก Lateral condyle ในเด็ก เปรียบเทียบระหว่างข้างปกติ และข้างที่หัก สังเกตการเยื้องตัวของ Secondary ossification center ของกระดูก Lateral condyle (ลูกศร) และสังเกตการบวมของเนื้อเยื่ออ่อน (หัวลูกศร)



รูปที่ 7. ภาพรังสีด้านข้างของภาพรังสีในรูปที่ 6 สังเกตการหักผ่านเมทาไฟซิส (ดอกจันทร์) เกิดเป็นชิ้นกระดูกบาง ๆ (ลูกศร) และภาพจากการผ่าตัดจริง พบว่ากระดูกอ่อนที่เห็นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของกระดูกจากภาพรังสี แสดงถึงว่าในเด็กกระดูกอ่อนยังมีส่วนที่ไม่กลายเป็นกระดูกจริง (Unossified) อีกมาก และสังเกตว่าการหักผ่านเข้าไปในข้อศอก (Intraarticular fracture)



รูปที่ 8. ภาพรังสี CT scan แสดงการหักของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสผ่านเข้าข้อ และภาพแสดงการยึดตรึงกระดูกด้วยสกรู

มีประโยชน์ในการตรวจการบาดเจ็บของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่ซับซ้อนและการหยุดการเจริญเติบโต (Physeal growth arrest) แต่บทบาทก็ยังไม่มีความชัดเจนนัก การบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสส่วนใหญ่สามารถเห็นได้ชัดเจนและสามารถวางแผนการรักษาได้โดยการตรวจภาพรังสีและ ภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ ตั้งแต่ระยะแรก การตรวจการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็กจึงมักจะใช้เมื่อต้องการดูภาวะแทรกซ้อนจากการบาดเจ็บ

การศึกษาการใช้ในทางคลินิกพบว่าการตรวจด้วยการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก มีประโยชน์ต่อการวินิจฉัยการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสใน 4 ด้าน

1) การหยุดชะงัก (Interruption) ของความต่อเนื่องของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส การหยุดชะงักนี้อาจจะเป็นแนวตามยาว (Longitudinal) ซึ่งส่งผลให้เส้นเลือดด้านเอพิไฟซิสกับเมทาไฟซิสมาตัดต่อกัน หรืออาจจะเป็นแนวขวางเข้าไปในกระดูกอ่อนของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสโดยตรง ทั้งสองกรณีย่อมส่งผลต่อการเจริญของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสในอนาคต

2) แบบรูปของกระดูกหัก (Bone fracture pattern) อาจเห็นได้ชัดยิ่งขึ้น

3) การเชื่อมกระดูก (Bone bridge) สามารถเห็นได้แต่ระยะแรก

4) เส้นการหยุดโต (Growth arrest line)

ในผู้ป่วยเด็กกระดูกรอบ ๆ ข้อส่วนใหญ่จะเป็นกระดูกอ่อน ซึ่งยังไม่กลายเป็นกระดูกจริง (Ossified) การใช้การสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก อาจจะช่วยแยกแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสปกติออกจากการบาดเจ็บได้ แต่การเอามาใช้งานจริงยังไม่มีข้อบ่งชี้ชัดเจน ส่วนในระยะภายหลังการบาดเจ็บการตรวจการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก มีประโยชน์มากในการใช้ดูภาวะขาดเลือด (Avascular necrosis) การหยุดการเจริญเติบโต (growth arrest) การเชื่อมของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Physeal bridging) ลักษณะของภาพการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก ของการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสขึ้นกับสัญญาณภาพที่ได้ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามการเจริญเติบโตของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส และสัญญาณที่ใช้ เมื่อผู้ป่วยอายุมากขึ้นและเข้าใกล้ช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่ ภาพแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่ได้จากการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก ก็จะชัดเจนลดลง ซึ่งก็จะขึ้นกับตำแหน่งของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส อายุ เพศ ของผู้ป่วย ความยากอีกประการหนึ่งก็คือแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสมีลักษณะเป็นคลื่น ทำให้การจะทำการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสใด ๆ ต้องทำตั้งฉากกับแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนั้น ๆ และอาจต้องใช้การตรวจหลายระนาบเข้าช่วยแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสปกติ[8] จะเห็นเป็นแถบสว่างอยู่ระหว่างแถบทึบของเอพิไฟซิสและเมทาไฟซิส กระดูกอ่อนจะให้ภาพสว่างที่สุดในสัญญาณภาพ T2 หรือ Gradient echo หรือ T1 with gadolinium แต่เขตต่าง ๆ ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสอาจเห็นไม่ชัดเจน เพื่อจะตรวจหาภาวะแทรกซ้อนของการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส เช่นการเกิดการเชื่อมกระดูก (Bone bridge) ตั้งแต่ระยะแรก Jaramillo [8,9] พบว่าในระยะแรกบริเวณนั้นในให้ภาพสีทึบในทุกสัญญาณภาพของการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก การฉีด Gadolinium ไม่พบการสว่างขึ้นของรอยโรคนั้น ที่ระยะเวลาประมาณหนึ่งสัปดาห์ในสัตว์ทดลองรอยโรคนั้นมีความชัดมากขึ้นในสัญญาณภาพ T1 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากเมทเฮโมโกลบินในสัปดาห์ที่สองรอยโรคนั้นมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น และภาพจากการฉีด Gadolinium ให้ความชัดเจนมากขึ้น ขอบของรอยโรคมีสีทึบเข้าได้กับการมีการแข็ง (Sclerotic) โดยรอบ จากนั้นในสัปดาห์ต่อ ๆ มา ความชัดเจนของรอยโรคในสัญญาณภาพแบบต่าง ๆ จะเริ่มลดลงและภาพที่ได้จะใกล้เคียงกับสัญญาณภาพจากไขกระดูกหรือกระดูกแข็งรอบ ๆ ในสัปดาห์ที่เจ็ดถึงแปดแสดงถึงการเกิดการเชื่อมกระดูกซึ่งเป็นผลจากการบาดเจ็บ ในทางคลินิกการบาดเจ็บจะแสดงในลักษณะตำแหน่งทึบภายในแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่มีความสว่างในสัญญาณภาพ T2 ซึ่งอาจแสดงให้เห็นตั้งแต่ภายในหกเดือนภายหลังการบาดเจ็บ และการแบ่งลักษณะการบาดเจ็บตามแบบ Salter-Harris ต้องมีการเปลี่ยนแปลงประมาณครึ่งหนึ่งของจำนวนคนไข้หลังจากศึกษาภาพที่ได้จากการสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็ก ซึ่งผู้ทดลองได้ตั้งความหวังว่าการใช้การสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็กเข้ามาช่วยน่าจะมีประโยชน์มากขึ้นในแง่ของการตรวจพบภาวะแทรกซ้อนและทำการรักษาแต่ระยะแรก

Pathophysiologic approach to injury to epiphysis

การทำลายของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะเกิดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าเส้นเลือดที่มาเลี้ยงที่บริเวณเอพิไฟซิสมีการบาดเจ็บมากหรือน้อยเพียงใด เมื่อเส้นเลือดที่มาที่เอพิไฟซิสบาดเจ็บจะมีการเปลี่ยนแปลงที่แผ่นกระดูก (Bone plate) ที่คลุมเอพิไฟซิสอยู่ จากนั้นเมื่อมีเส้นเลือดกลับมาเลี้ยงอีกครั้งจะพบว่า เส้นเลือดจะเข้าไปสู่แผ่นกระดูกในตำแหน่งที่ใกล้กับบริเวณที่แผ่นกระดูกตายอยู่เดิม ในตัวแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเองก็อาจจะมีการขยายความสูง ซึ่งน่าจะมาจากการแบ่งตัวที่เร็วขึ้น ในบางกรณีการตายของ bone plate จะเกิดเป็นหย่อม ๆ เล็ก ๆ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ เซลล์ส่วนของเขตเร่งผลิก็จะตายแต่เซลล์รอบ ๆ ข้างก็จะยื่นเข้ามาทดแทนทำให้แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนั้นเจริญต่อไปได้ แต่ในกรณีที่การบาดเจ็บของเส้นเลือดมีมากจนกระทั่งการตายเกิดเป็นบริเวณกว้าง เซลล์จากเขตเร่งผลิรอบ ๆ ก็จะเข้ามาทดแทนไม่ได้ ทำให้บริเวณนั้นถูกยืดดึง ซึ่งเป็นจากผลที่แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสรอบข้างส่วนอื่นยังเจริญต่อไป ซึ่งส่วนที่ถูกยืดนี้จะไม่มีการมีแคลเซียมมาเกาะและตาย ทำให้เกิดการเชื่อมของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (physical bridge) เข้ามาแทนที่ในบริเวณที่บาดเจ็บนั้นในที่สุดและส่วนนี้จะไม่มีการเจริญอีกต่อไป ถ้าส่วนของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสตายทั้งหมดเส้นเลือดก็จะเข้ามาจากเยื่อหุ้มกระดูกโดยรอบเส้นเลือดใหม่จะงอกเข้ามาจากด้านเมทาไฟซิส และมีการสร้างกระดูกเข้ามาแทนที่ เกิดภาวะ epiphysiodesis โดยพบได้ตั้งแต่ภายในสิบวันหลังจากมีการขาดเลือดไปเลี้ยง (รูปที่ 9)

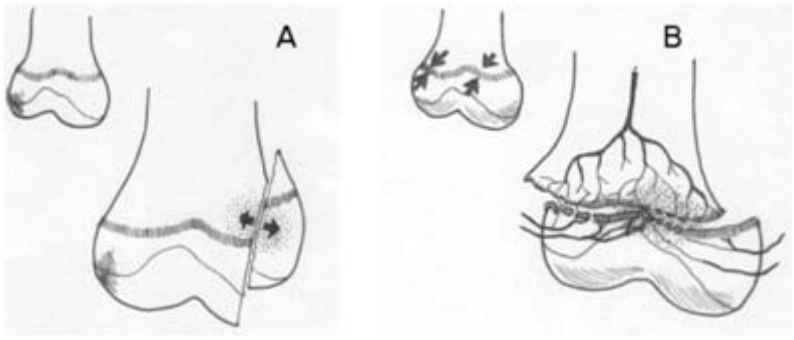
ผลเสียของการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Negative Sequelae) (รูปที่ 10) อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม

1) กระดูกสั้น(Shortening) เกิดเนื่องจากแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสมีการเชื่อมตัวกันก่อนกำหนด

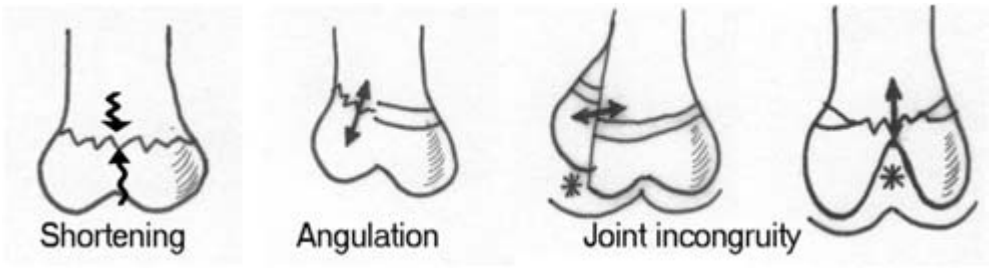
2) กระดูกโก่งผิดรูป (Angulation) เกิดเนื่องจากมีกระดูกเชื่อมกันในบางตำแหน่งของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Physeal bridge, physical bar) ซึ่งจะดึงรั้งการเจริญเติบโตบริเวณนั้นไว้

3) ผิวข้อไม่เรียบ (Joint Incongruity) เกิดจากการจัดผิวข้อและตัวกระดูกที่หักทำได้ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดภาวะข้อเสื่อมตามมาได้

การแบ่งแบบ Salter – Harris ตามที่กล่าวมาแล้วเป็นการใช้ภาพรังสีเป็นหลักในการจัดหมวดหมู่ ซึ่งอาจจะนำไปใช้บอกการพยากรณ์โรคได้ไม่ดีนัก เช่น การหัก Salter Harris type II ของกระดูกต้นขาส่วนปลาย (Distal femur) มีการพยากรณ์โรคที่แตกต่างไปจากการหักแบบเดียวกันของกระดูกปลายแขนท่อนนอก (Radius) ส่วนปลาย



รูปที่ 9. ภาพวาดแสดงการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสและการเกิดการเชื่อมของแผ่นกระดูก
รูป A แสดงการหักผ่านเข้าไปในข้อ และรูป B แสดงการหักในแนวผ่านแผ่นกระดูกทั้งหมด



รูปที่ 10. ภาพวาดแสดงผลเสียแบบต่าง ๆ เมื่อเกิดการบาดเจ็บต่อเอพิไฟซิส

Shapiro(10) จึงกำหนดแนวคิด (Concept) เพื่อเป็นแนวทางการรักษาของการบาดเจ็บของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส โดยใช้แนวคิดที่ว่า ผลเสียของการบาดเจ็บ เกิดจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1) การบาดเจ็บต่อเส้นเลือดที่มาเลี้ยงด้านเอพิไฟซิส

2) การกดทับ Crushing ต่อเซลล์ในเขตเร่งผลิและเขตงอกขยาย

3) การติดต่อกันของเส้นเลือดด้านเอพิไฟซิสและ เมทาไฟซิส ซึ่งจะทำให้เกิดกระดูกงอกเชื่อมข้ามแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส(Transphyseal bone bridge) จากการใช้ปัจจัยดังกล่าวทำให้ Shapiro สามารถแบ่งการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส ออกเป็น

Type A: เส้นเลือดด้านเอพิไฟซิสยังปกติและไม่มีการเชื่อมต่อกับด้านเมทาไฟซิสภายหลังการบาดเจ็บ การเจริญเติบโตของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะเป็นปกติ

Type B: เส้นเลือดด้านเอพิไฟซิสเป็นปกติแต่มีการเชื่อมต่อกับเส้นเลือดด้านเมทาไฟซิส ซึ่งอาจทำให้เกิดการเชื่อมกระดูกข้ามแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสได้

Type C: เส้นเลือดด้านเอพิไฟซิสได้รับการบาดเจ็บและกระดูกอ่อนในแผ่นกระดูก เอพิไฟซิสตาย

การแบ่งแบบนี้น่าจะให้ประโยชน์ในการเป็นแนวทางการรักษาและการติดตามผล ซึ่งจะเห็นได้ว่าการแบ่งการหักแบบดังกล่าวของ Shapiro ต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับกายวิภาคของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเพิ่มขึ้น นอกเหนือไปจากลักษณะการบาดเจ็บที่เห็นจากภาพรังสี ได้แก่

1) ตำแหน่งของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเมื่อเทียบกับเยื่อหุ้มข้อ (Joint Capsule) (รูปที่ 3) หากแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนั้น ๆ ถูกคลุมด้วยกระดูกอ่อนผิวข้อทั้งหมด (กระดูกท่อนขาส่วนบน (Proximal femur), หัวกระดูกปลายแขนท่อนนอก (Radial head) เส้นเลือดที่จะเข้าไปบริเวณเอพิไฟซิสมีโอกาสสูงที่จะได้รับการบาดเจ็บ เนื่องจากเส้นเลือดจะต้องผ่านเข้าไปตามขอบของกระดูกอ่อนผิวข้อก่อน ซึ่งแตกต่างจากแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่อยู่นอกข้อ เช่น กระดูกปลายแขนท่อนนอกตอนปลาย (Distal radius) หรือกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ซึ่งเส้นเลือดที่เข้าไปเลี้ยงแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสสามารถเข้าไปเลี้ยงบริเวณนั้นได้โดยตรง

2) รูปแบบของเส้นเลือดที่เข้าไปเลี้ยงเอพิไฟซิส

3) รูปแบบของ Intrinsic และ Metaphyseal blood supply

การศึกษาของ Trueta ในตัวไฟซิสไม่พบเส้นเลือดเข้าไปเลี้ยงโดยตรง และมีการแบ่งแยกอย่างชัดเจนของระบบเส้นเลือดที่เข้าไปทางด้านเอพิไฟซิส และเมทาไฟซิส เส้นเลือดด้านเอพิไฟซิสจะเข้ามาตามลำกระดูกอ่อนจากด้านเอพิไฟซิสมาเลี้ยงเขตการงอกขยาย แต่เขตการมีแคลเซียมเกาะนั้น เซลล์จะเริ่มกลายเป็นกระดูกจริงด้านเมทาไฟซิส ซึ่งเป็นการทำงานของเส้นเลือดที่เข้ามาจากฝั่งเมทาไฟซิส การที่ระบบเส้นเลือด 2 ระบบนี้ไม่มาต่อเนื่องกัน ภายหลังจากมีการบาดเจ็บเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนั้นมีการเจริญเติบโตต่อไปอย่างปกติ

4) ความมั่นคงของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Growth plate stability)

ความมั่งคง (Stability) ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส สามารถมาได้จากทั้งปัจจัยภายใน (Intrinsic) และภายนอก (Extrinsic) ปัจจัยภายในมาจากการสานกันของ Column กระดูกอ่อน และกระดูกจากด้านเมทาไฟซิส ซึ่งหากนำตัวอย่างแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่ได้รับบาดเจ็บมาศึกษา จะพบว่า Column กระดูกอ่อนจะมีลักษณะเป็นคลื่นมีลักษณะคล้ายปุ่มหัวนม เรียกว่า mammillary ส่วนปัจจัยภายนอกได้แก่ การเสริมความแข็งแรงโดย Perichondrial ossification, Groove of Ranvier มีลักษณะเป็นเยื่อหุ้มโดยรอบต่อเนื่องมาจากเยื่อหุ้มกระดูก

5) ลักษณะของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส (Shape of physis)

ลักษณะของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสทุกตำแหน่งมีความแตกต่างกัน แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสหลายตำแหน่งไม่ได้วางตั้งฉากกับแกนตามยาวของกระดูกชิ้นนั้นเสมอไป ยกตัวอย่างเช่น แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่กระดูกขาส่วนปลายมีลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ เมื่อเทียบกับแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสของกระดูกทิเบียส่วนปลาย ซึ่งมีลักษณะสม่ำเสมอมากกว่า ดังนั้น ในการบาดเจ็บแบบ Salter Harrisแบบ I หรือ II การบาดเจ็บอาจไม่ได้เป็นเพียงแค่การเลื่อนของเอพิไฟซิสไปจากเมทาไฟซิสตามที่เห็นจากภาพรังสี แต่หากตัวแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสที่มีลักษณะไม่เรียบตำแหน่งนั้น ๆ ก็จะเป็นตำแหน่งที่เกิดการบดทับของกระดูกอ่อนได้ซึ่งอาจนำไปสู่ การสร้างกระดูกเชื่อมกัน (Bone bridge) ได้

6) การบาดเจ็บต่อเส้นเลือดที่มาเลี้ยง

เมื่อมีการบาดเจ็บต่อเส้นเลือดที่ไปยังเอพิไฟซิส ก็จะมีการบาดเจ็บต่อกระดูกอ่อนของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสทันที และกระดูกอ่อนบริเวณนั้นก็จะตายทำให้เส้นเลือดจากเมทาไฟซิสและเซลล์สร้างกระดูกจะเข้ามาแทนที่ทำให้เกิดการเชื่อมกระดูกเกิดขึ้นได้

7) การบาดเจ็บต่อกระดูกอ่อนของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสโดยตรง[11]

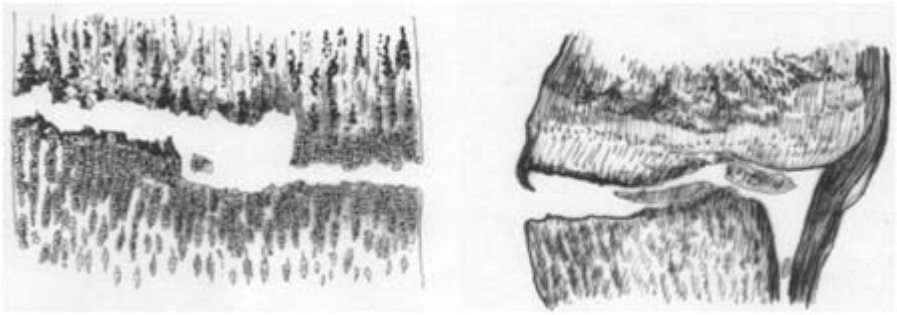
8) แนวการบาดเจ็บเข้าไปในไฟซิส (Pathway)

จากการศึกษาของ Salter - Harris[3] ให้ข้อสรุปว่าแนวกระดูกหัก (Pathway of fracture) ที่ผ่านเข้าไปในแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสจะผ่านเข้าไปในเขตการหนา Hypertrophic Zone ทำให้กระดูกอ่อนทั้งหมดจะติดไปอยู่กับส่วนของเอพิไฟซิส แต่การศึกษาอื่น ๆ พบข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป

โดยการศึกษาแนวการหัก[12] อาจเกิดขึ้นในเขตต่าง ๆ ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสขึ้นกับลักษณะรูปร่างของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสนั้น ๆ และแรงที่มากระทำแรงที่เป็นแรงดึง (Tensile force) การบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสมีการเกิดที่ เขตการงอกขยาย (Proliferative Zone) แรงกด (Compression force) มักทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเขตการมีแคลเซียมเกาะ (Calcified Zone) หรือ เมทาไฟซิส ในขณะที่แรงเฉือน (Shear force) การบาดเจ็บเกิดระหว่างเขตงอกขยายและเขตการหนา จะเห็นได้ว่าหากแรงที่มากระทำแตกต่างกันไปทั้งทิศทางและความรุนแรงรวมไปถึงตำแหน่งรูปร่างของไฟซิส ก็จะทำให้เกิดการบาดเจ็บของไฟซิสที่แตกต่างกัน และโอกาสเกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตในระยะยาวก็ย่อมแตกต่างกัน[13, 14] (รูปที่ 11)

การรักษาการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส

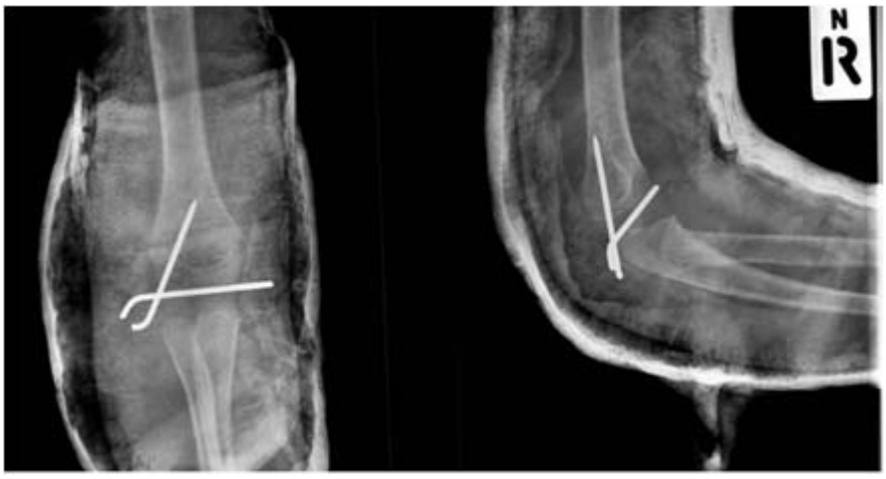
หลักการที่ใช้ในการรักษาขึ้นกับปัจจัยที่จะส่งผลกระทบระยะยาวต่อการเจริญเติบโตของกระดูกตามที่กล่าว ดังนั้นการรักษาควรมุ่งเน้นไปที่การทำให้กายวิภาคทั้งหมดของบริเวณที่เกิดการบาดเจ็บกลับคืนเข้าสู่สภาวะปกติหรือใกล้เคียงปกติที่สุดโดยรบกวนต่อสภาวะแวดล้อมบริเวณดังกล่าวให้น้อยที่สุด ซึ่งยังคงแบ่งได้เป็นสองแบบหลักคือการรักษาแบบอนุรักษ์ (Conservative treatment) และการรักษาโดยศัลยกรรม (Operative treatment) ซึ่งจะขอทบทวนเฉพาะผลของการใส่วัตถุตรึงกระดูกเท่านั้น เนื่องการใส่วัตถุโลหะไปยึดตรึงกระดูกเป็นการเพิ่มการบาดเจ็บแก่แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสโดยตรง



รูปที่ 11. ภาพวาดแสดงการหักผ่านเข้าไปในชั้นต่าง ๆ ของเอพิไฟซิส ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตรง หรือผ่านเข้าไปในเซตเซลล์เดียวกันเสมอไป

Transphyseal pins

การใส่วัตถุตรึงกระดูกที่มีลักษณะเรียบ (Pin, Wire) ยังคงเป็นวัสดุหลักที่เลือกใช้ควบคู่ไปกับการใช้ External immobilization ด้วยเฝือกภายหลังการผ่าตัดรักษาภาวะบาดเจ็บต่อเอพิไฟซิสในเด็ก (รูปที่ 12) ซึ่งปัจจัยที่จะทำให้รบกวนต่อการเจริญเติบโตต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสภายหลังจากการทำการยึดตรึงกระดูกมีหลายปัจจัย Ford [15] ทำการเจาะแผ่นเอพิไฟซิส ในกระต่ายด้วยสว่านขนาด $^{1}/_{8}$ นิ้ว พบว่าไม่เกิดการรบกวนต่อการเจริญเติบโตในแง่ความยาว แต่พบว่ามีกระดูกมาเชื่อมระหว่างเอพิไฟซิสและเมทาไฟซิส แต่ถ้าใช้สว่านขนาดใหญ่ขึ้น จะพบการรบกวนความยาวกระดูก เพิ่มขึ้นด้วย Johnson [16] ทำการทดลองโดยเจาะรูตรงกลางผ่านแผ่นเอพิไฟซิส และสอดกระดูกน่อง(Fibular) เข้าไปพบว่ามีการเชื่อมของกระดูกเดิมกับกระดูกใหม่แต่ก็ยังพบว่ามีร่อง (Cleft) เกิดขึ้นรอบกระดูกน่อง ทำให้แผ่นกระดูกเอพิไฟซิสโดยรวมยังเพิ่มความยาวต่อไปได้ การศึกษาการเจาะรูผ่านแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสเพื่อซ่อมเอ็นไขว้หน้าในข้อเข่า (Anterior cruciate ligament)ในแกะพบว่ารูที่เจาะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส แต่การแปลผลต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ว่ากระดูกสัตว์ทดลองอาจจะมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่แตกต่างออกไป[17]



รูปที่ 12. ภาพรังสีภายหลังจากการผ่าตัดรักษากระดูก Lateral condyle หักโดยใช้วัสดุโลหะผิวเรียบ (Kirshner wire) ร่วมกับการใส่เฝือกปูน

ดังนั้นในทางปฏิบัติแท่งโลหะที่นำมายึดแผ่นเอพิไฟซิสควรมีลักษณะเรียบ และใส่ไปตำแหน่งตรงกลาง หลีกเลี่ยงการใส่โลหะไปที่ขอบ ๆ เอพิไฟซิส เนื่องจากการเชื่อมกระดูกตรงกลางแผ่นเอพิไฟซิส (Central bone bridge) ขนาดเล็กอาจรบกวนการเพิ่มความยาวของกระดูกไม่มากนัก ในขณะที่การเกิดเชื่อมกระดูกที่ขอบ ๆ ของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสอาจทำให้กระดูกเติบโตแบบเอียงได้ (Angulation) การใช้ลวดหรือโลหะที่มีเกลียว (Threaded wire) จะทำให้การยึดผ่านเมทาไฟซิสมีความแน่นเกินไป ทำให้การเพิ่มความยาวของกระดูกทำได้ลำบาก และเกิดการกดบริเวณเขตเร่งผลิซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มความยาว[18] การเจาะรูกลางแผ่นเอพิไฟซิสขนาดร้อยละสิบของพื้นที่ไม่ทำให้เกิดการรบกวนการเจริญเติบโต

การเกิดการเชื่อมกระดูก (Bone bridge formation)

การบาดเจ็บต่อเอพิไฟซิสส่วนใหญ่ไม่ค่อยมีภาวะแทรกซ้อน แต่การบาดเจ็บบางประเภทอาจก่อให้เกิดการเชื่อมกระดูกระหว่างเอพิไฟซิสกับเมทาไฟซิส ซึ่งจะส่งผลถึงการเจริญเติบโตได้การบาดเจ็บต่อเอพิไฟซิสแบบที่ 4 ของ Salter-Harris เป็นแบบที่มีโอกาสพบกระดูกเชื่อมต่อได้บ่อยที่สุดอย่างไรก็ตาม การหักแบบอื่น ๆ ก็สามารถพบภาวะแทรกซ้อนนี้ได้เช่นกัน ปัจจัยที่สำคัญที่จะทำให้เกิดกระดูกเชื่อมได้แก่ ขนาด, อัตราการเจริญเติบโต, รูปร่างลักษณะทางกายวิภาคของเอพิไฟซิสแต่ละแห่ง พยาธิสภาพพื้นฐานที่พบ พบว่าเกี่ยวกับการขาดความต่อเนื่องของเซลล์ (Cellular disruption) และการขาดเลือดมาเลี้ยง (Vascular ischemia) ส่วนที่มีการบาดเจ็บก็จะไม่พบการเจริญเติบโตในขณะที่ส่วนเอพิไฟซิสรอบ ๆ ก็จะเจริญเติบโตต่อไปบริเวณตรงที่บาดเจ็บก็จะถูกแทนที่ด้วย trabecular bone และกลายเป็นกระดูกจริงต่อไป ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะรบกวนการเจริญเติบโตของเอพิไฟซิสโดยรวม (รูปที่ 13-15)

รูปแบบของการเกิดการเชื่อมกระดูก

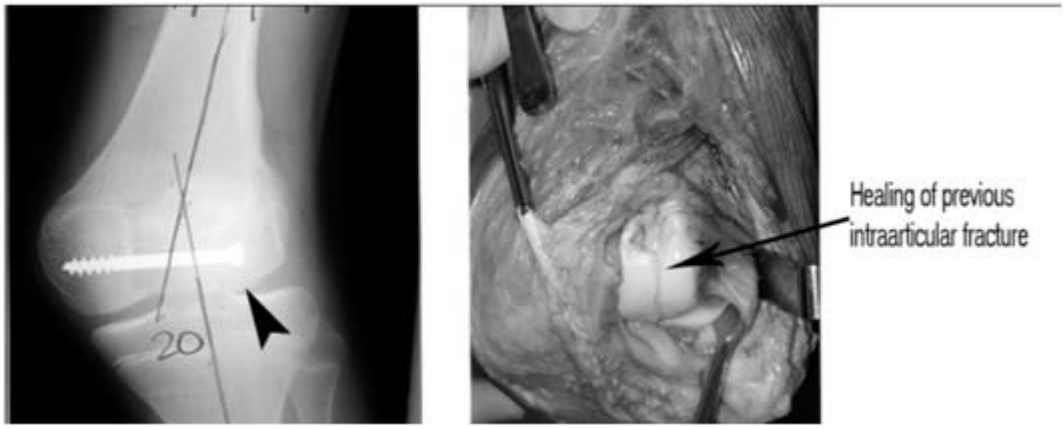
ประกอบด้วย 3 แบบ หลัก Peripheral, linear, central

Peripheral (Type I) เกิดจากการเชื่อมกระดูกที่ขอบ ๆ ของแผ่นกระดูกไฟซิส เขตของเรนเวียร์ถูกทำลายและเยื่อหุ้มกระดูกงอกคลุมเข้ามา

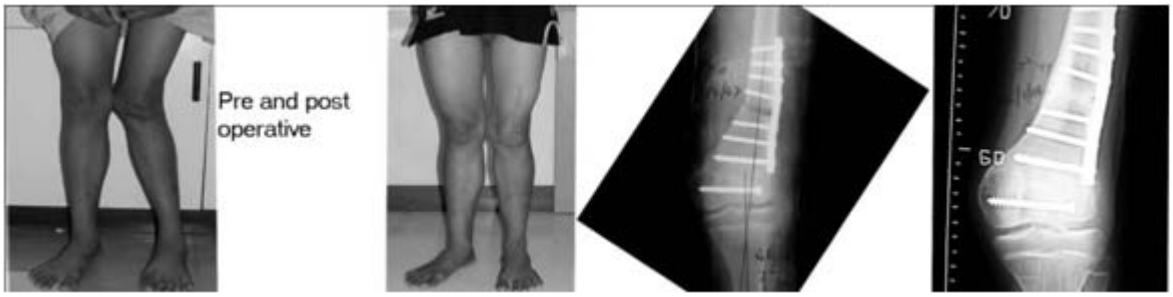
Linear (Type II) กระดูกที่เชื่อมต่อจะเป็นตามแนวยาวขวางเอพิไฟซิสและแบ่งเอพิไฟซิส ปกติสองด้านออกจากกัน

Central (Type III) เกิดการเชื่อมกระดูกตรงกลางของแผ่นเอพิไฟซิส และเป็นแบบที่ยากต่อการผ่าตัดแก้ไขเมื่อเกิดความผิดรูป

รูปที่ 13. ภาพรังสีของเด็กผู้ชายอายุ 11 ปี มีการหักของเอพิไฟซิสของกระดูกต้นขาส่วนปลายแบบ Salter-Harris แบบที่ 4 และได้รับการรักษาโดยใส่สกรูยึดกระดูก หัวลูกศรแสดงรอยต่อของรอยหักที่ผิวกระดูกซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี



รูปที่ 14. ภาพผู้ป่วยรายเดียวกันเมื่ออายุ 13 ปี พบว่าเกิดการเชื่อมกันของแผ่นกระดูกเอพิไฟซิสและทำให้เกิดการโก่งของหัวเข่า (Genu valgus) หัวลูกศรแสดงรอยต่อของรอยหักในรูปที่ 11 เมื่อทำการผ่าตัดแก้ไขพบว่าผิวข้อมีลักษณะเรียบ รอยหักเหลือเพียงเส้นบาง ๆ (ลูกศร)



รูปที่ 15. ภาพถ่ายและภาพรังสีของผู้ป่วยในภาพที่ 13 ก่อนและหลังการผ่าแก้ไขโดยวิธี Distal femoral valgus correction osteotomy

สรุป

การดูแลรักษาการบาดเจ็บต่อแผ่นกระดูกเอพิไฟซิส มีปัจจัยหลายประการที่ต้องนำมาพิจารณา โดยจากความรู้พื้นฐานสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการรักษาได้อย่างเหมาะสม การจะใช้รูปแบบการหักแบบใดเพียงแบบเดียวไม่สามารถอธิบายการเกิดโรคและภาวะแทรกซ้อนได้ทั้งหมด และต้องสามารถให้คำแนะนำต่อผู้ป่วยและครอบครัวได้อย่างถูกต้องก่อนการรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะแทรกซ้อนที่อาจจะเกิดขึ้น

อ้างอิง

1. Bush PG, Hall AC, Macnicol MF. New insights into function of the growth plate: clinical observations, chondrocyte enlargement and a possible role for membrane transporters. J Bone Joint Surg Br 2008 Dec; 90(12): 1541-7
2. Trueta J, Morgan JD. The vascular contribution to osteogenesis. I. Studies by the injection method. J Bone Joint Surg Br 1960 Feb; 42-B: 97-109.
3. Salter RB, Harris W.R. Injuries involving the epiphyseal plate. J Bone Joint Surg Am 1963; 45(3): 587-622

4. Ogden JA. Injury to the growth mechanisms of the immature skeleton. Skeletal Radiol 1981; 6(4): 237-53
5. Ogden JA, Ganey T, Light TR, Southwick WO. The pathology of acute chondro-osseous injury in the child. Yale J Biol Med 1993 May; 66(3):219-33
6. Ogden JA. Injury to the growth mechanisms. In: Ogden JA, editor. Skeletal injury in the child. Philadelphia: W.B. Saunders company; 1990. p. 97-174
7. Rogers LF, Poznanski AK. Imaging of epiphyseal injuries. Radiology 1994 May; 191(2): 297-308
8. Jaramillo D, Shapiro F, Hoffer FA, Winalski CS, Koskinen MF, Frasso R, et al. Posttraumatic growth-plate abnormalities: MR imaging of bony-bridge formation in rabbits. Radiology 1990 Jun; 175(3): 767-73
9. Jaramillo D, Hoffer FA, Shapiro F, Rand F. MR imaging of fractures of the growth plate. AJR Am J Roentgenol 1990 Dec; 155(6): 1261-5
10. Shapiro F. Epiphyseal growth plate fracture-separations. In: Shapiro F, editor. Pediatric Orthopedic Deformities: Basic science, Diagnosis and Treatment.San Diego, Academic Press; 2001. p. 519-97
11. Haas S.L. The localization of the growing point in the epiphyseal cartilage plate of bones. J Bone Joint Surg Am 1917; 15(8): 563-86
12. Brashear HR, Jr. Epiphyseal fractures: A microscopic study of healing process in rats. J Bone Joint Surg Am 1959; 41(6): 1055-76
13. Moen CT, Pelker RR. Biomechanical and histological correlations in growth plate failure. J Pediatr Orthop 1984 Mar; 4(2): 180-4
14. Bright RW, Burstein AH, Elmore SM. Epiphyseal-plate cartilage. A biomechanical and histological analysis of failure modes. J Bone Joint Surg Am 1974 Jun;56(4):688-703
15. Ford LT, Key JA. A study of experimental trauma to the distal femoral epiphysis in rabbits. J Bone Joint Surg Am 1956 Jan; 38-A(1):84-92
16. Johnson J.T.H, Southwick WO. Growth following transepiphyseal bone graft: An experimental study to explian continued growth following certain fusion operations. J Bone Joint Surg Am 1960; 42(8): 1381-95
17. Seil R, Pape D, Kohn D. The risk of growth changes during transphyseal drilling in sheep with open physes. Arthroscopy 2008 Jul; 24(7): 824-33
18. Campbell CJ, Grisolia A, Zanconato G. The effects produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical traumata. J Bone Joint Surg Am 1959 Oct;41-A:1221-42