

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ

##### Distal radius

ศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิของ distal radius ปรากฏเป็นเนื้อกระดูกที่บร้งตั้งแต่ลูกช้างแรกเกิด มีรูปร่างกลมรีในแนวนอน (รูปที่ 22) และกว้างมากกว่า 50% ของความกว้างของ metaphysis จากนั้นจึงเจริญขยายขนาดออกทุกด้านอย่างรวดเร็ว เริ่มเปลี่ยนเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าในซ้างอายุ 2 ปี 4 เดือน (รูปที่ 23) โดยผิวด้านบนและด้านล่างของศูนย์มีลักษณะโค้งนูน ส่วนผิวด้านนอกลำตัวส่วนล่างมีลักษณะโค้งเข้าด้านใน ด้านบนที่ชิดกับ metaphysis มีการขยายขนาดกว้างกว่าด้านอื่นๆ จนเมื่อซ้างอายุ 13 ปี ซึ่งเริ่มมีการเชื่อมปิดของ physis ศูนย์มีรูปร่างสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าที่มีด้านบนกว้างกว่าด้านล่าง (รูปที่ 24) จากนั้นรูปร่างของศูนย์จึงค่อนข้างคงที่จน physis เชื่อมปิดอย่างสมบูรณ์ (รูปที่ 25 และ 26)

##### Distal ulna

ศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิของ distal ulna ปรากฏชัดเจนในภาพรังสีตั้งแต่ลูกช้างแรกเกิดเช่นเดียวกับของ distal radius มีรูปร่างกลมรีในแนวนอนและกว้างมากกว่า 50% ของความกว้างของ metaphysis เช่นกัน (รูปที่ 22) แล้วเจริญอย่างรวดเร็ว มีลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าที่ด้านบนกว้างกว่าด้านล่างในซ้างอายุ 2 ปี 4 เดือน (รูปที่ 23) ศูนย์เริ่มสร้างกระดูกนี้มีลักษณะเรียบที่ผิวด้านบนที่ชิดกับ metaphysis และเว้าเล็กน้อยที่ผิวด้านล่างที่ชิดกับข้อต่อ ส่วนด้านในที่ชิดกับศูนย์เริ่มสร้างกระดูกของ distal radius มีลักษณะเป็นแอ่งเว้า เมื่อซ้างอายุ 13 ปี ที่แนว physis เริ่มเชื่อมปิดกันบางส่วน (รูปที่ 24) รูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกนี้มีการเจริญมากบริเวณด้านหน้า ลักษณะโค้งมนชัดเจน หลังจากนั้นพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จนถึงมีการเชื่อมปิดของแนว physis ที่อายุ 30 ปี (รูปที่ 25 และ 26)

### Distal tibia

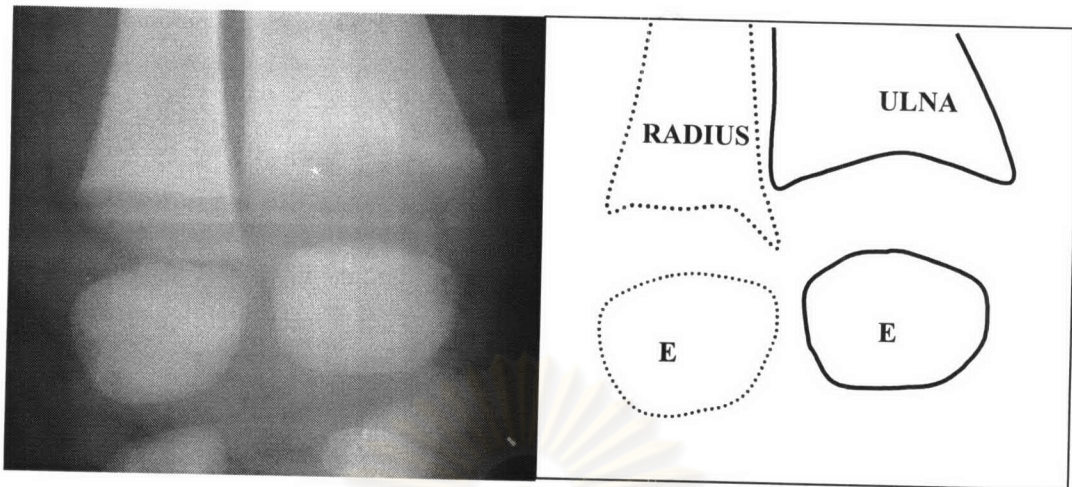
ศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิของ distal tibia ในภาพรังสีของลูกช้างแรกเกิด มีรูปร่างแบนรี และกว้างไม่ถึง 50% ของความกว้างของ metaphysis (รูปที่ 27) จากนั้นจึงเปลี่ยนเป็นลักษณะแบนรี ที่กว้างมากกว่า 50% ของ metaphysis ในลูกช้างอายุ 15 วัน (รูปที่ 28) แล้วเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็วในแนวกว้าง ลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กว้างเกือบเท่า metaphysis (รูปที่ 29 และ 30) เมื่อช้างอายุ 13 ปี ซึ่งเป็นอายุที่เริ่มมีการเชื่อมปิดของแนว physis (รูปที่ 31) รูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิบริเวณด้านในตอนล่างมีลักษณะการเจริญออกโค้งลงไปคลุมบางส่วนของ tarsus ส่วนด้านนอกลำตัวมีการเจริญโค้งขึ้นไปบรรจบกับ metaphysis มีผลให้ด้านในของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกมีความสูงมากกว่าด้านอื่นๆและมีลักษณะโค้งมนเป็นคลื่น หลังจากนั้นศูนย์เริ่มสร้างกระดูกนี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ในช้างอายุ 23 - 30 ปี จึงพบศูนย์เริ่มสร้างกระดูกมีรูปร่างค่อนข้างคงที่ คือมีลักษณะแบน ด้านในมีลักษณะโค้งลง ส่วนด้านบนและด้านล่างโค้งขึ้นตามแนวของ physis (รูปที่ 32 และ 33)

### Distal fibula

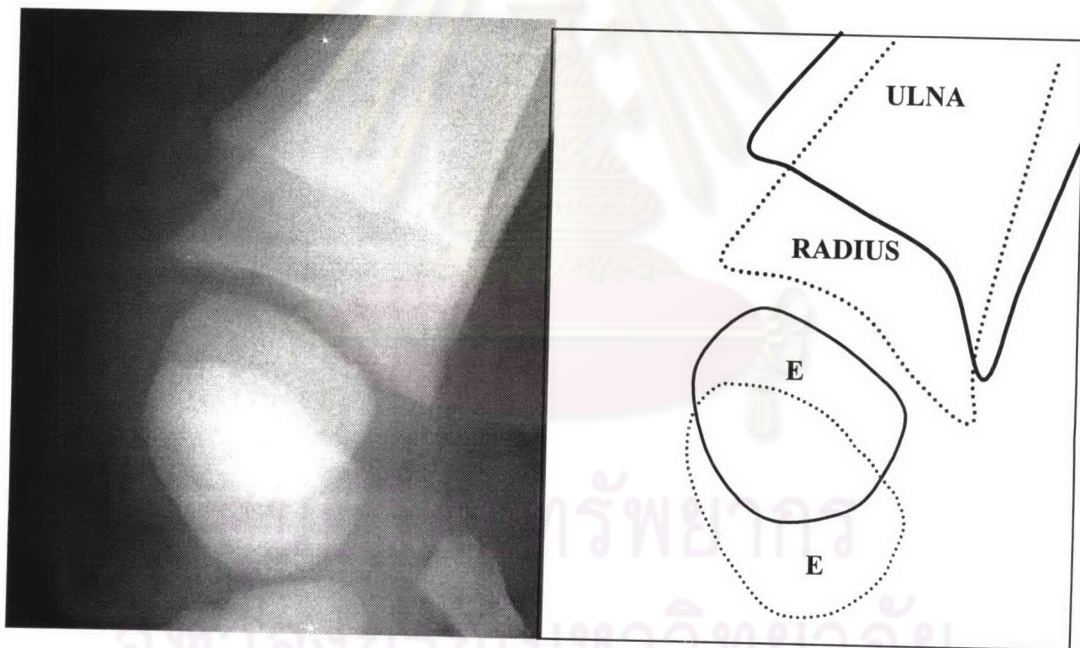
เมื่อช้างแรกเกิดยังไม่ปรากฏศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิของ distal fibula ในภาพรังสี (รูปที่ 27) แต่พบมีรูปร่างค่อนข้างกลมที่กว้างเกือบเท่าความกว้างของ metaphysis ที่อายุ 1 ปี 4 เดือน (รูปที่ 29) จากนั้นจึงมีการเจริญอย่างรวดเร็วในแนวตั้ง โดยที่ปลายล่างสอบเล็กกว่าด้านบน ต่อมาจึงมีการขยายขนาดในแนวกว้างมากขึ้น โดยเฉพาะส่วนบนของศูนย์ เริ่มเห็นลักษณะที่ป่องออกด้านข้างในช้างอายุ 4 ปี 8 เดือน (รูปที่ 30) เมื่อเริ่มมีการเชื่อมปิดของ physis ในช้างอายุ 13 ปี (รูปที่ 31) ส่วนล่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกมีลักษณะที่โค้งมนขึ้น จากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพียงเล็กน้อย ดังนั้น เมื่อช้างอายุ 30 ปี ซึ่งแนว physis เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ ศูนย์สร้างกระดูกนี้จึงยังคงมีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมหัวกลับที่ยอดแหลมชี้ออกด้านข้างลำตัว (รูปที่ 33)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



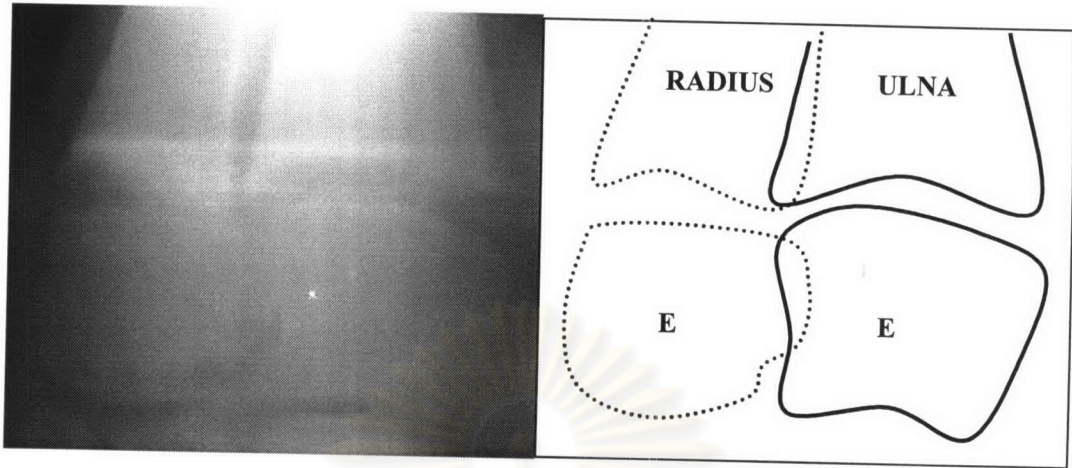


ก

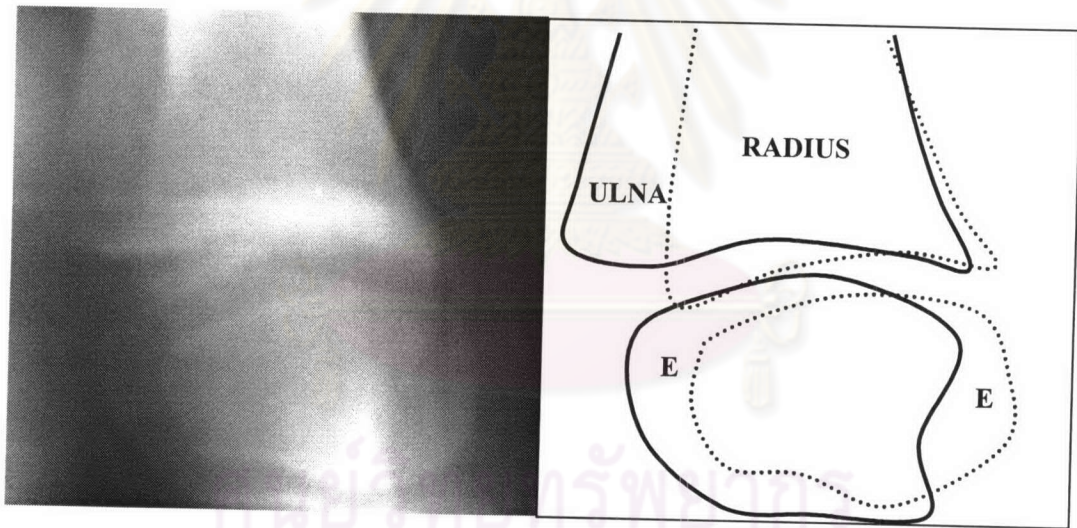


ข

รูปที่ 22 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal radius และ distal ulna ในท่า craniocaudal (ก) และ lateromedial (ข) ในช้างอายุแรกเกิด



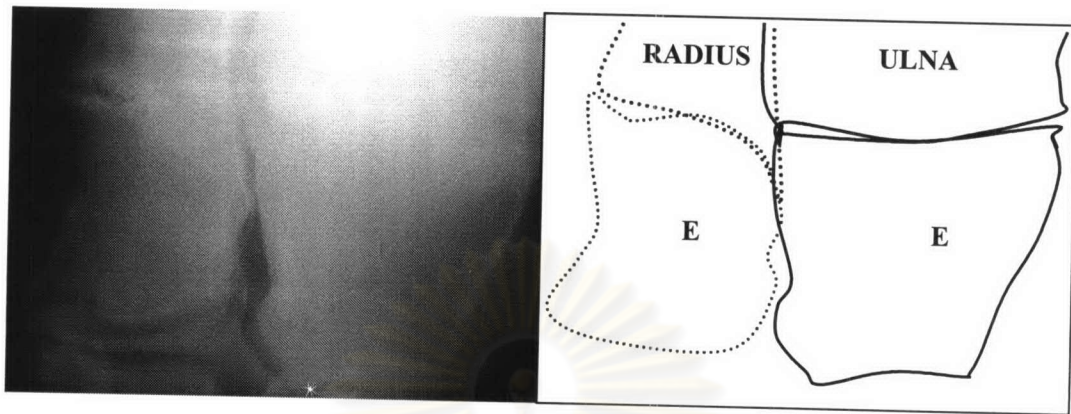
ก



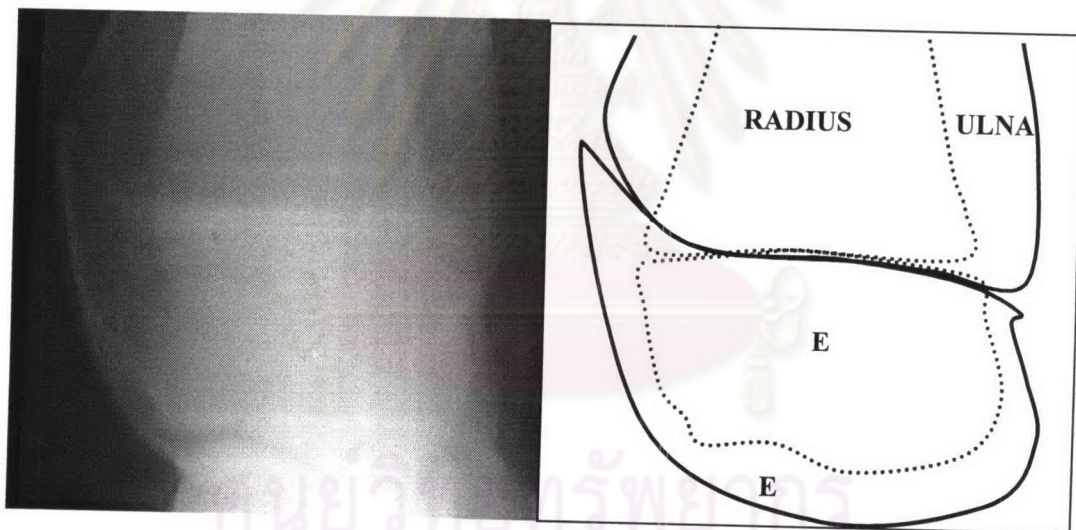
ข

รูปที่ 23 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal radius และ distal ulna ในท่า craniocaudal (ก) และ lateromedial (ข) ในช่วงอายุ 2 ปี 4 เดือน



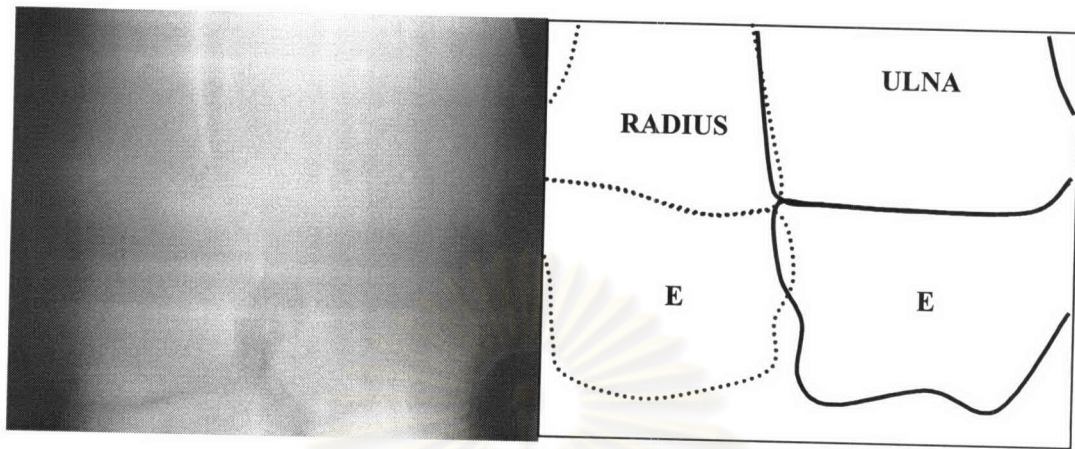


ก

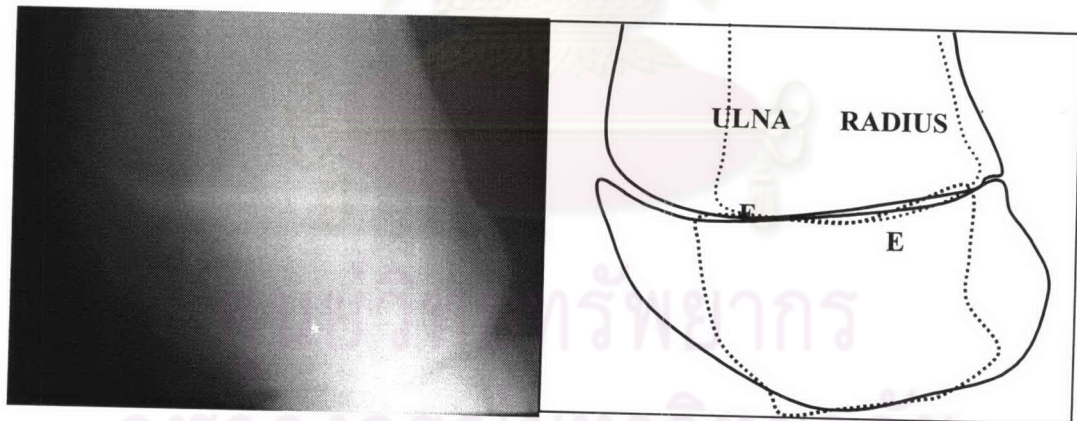


ข

รูปที่ 24 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal radius และ distal ulna ในท่า craniocaudal (ก) และ lateromedial (ข) ในช้างอายุ 13 ปี



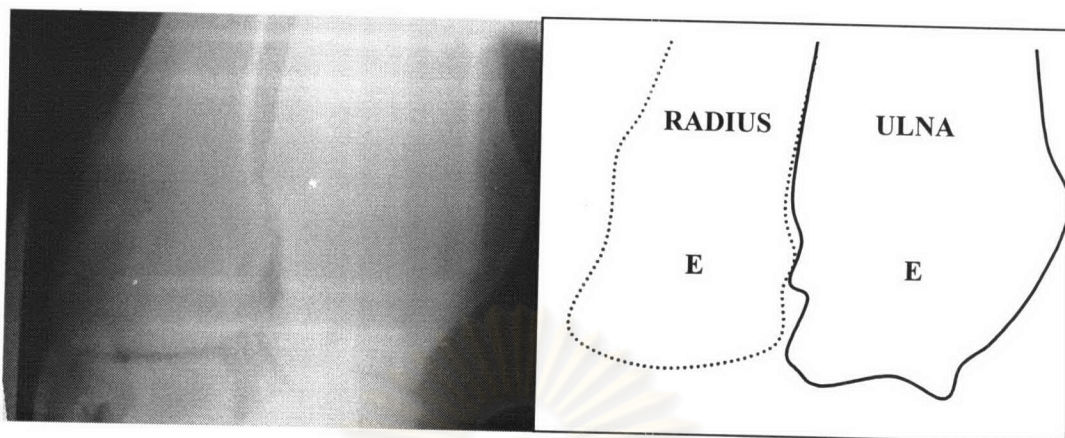
ก



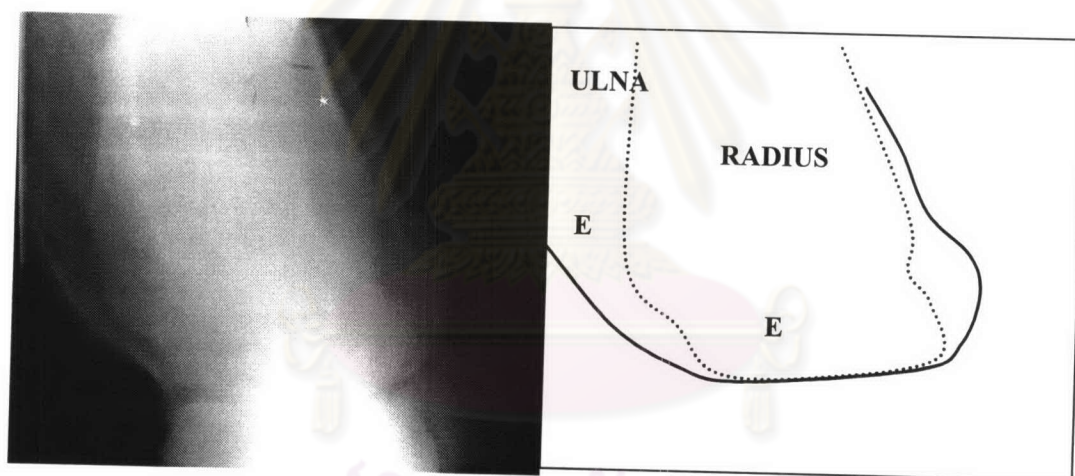
ข

รูปที่ 25 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal radius และ distal ulna ในท่า craniocaudal (ก) และ lateromedial (ข) ในช้าง อายุ 23 ปี



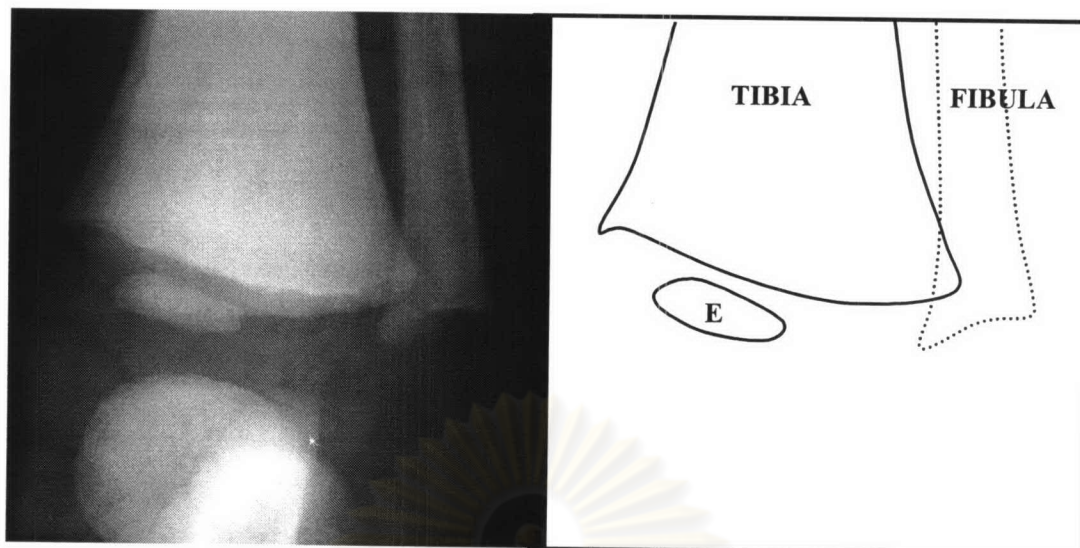


ก

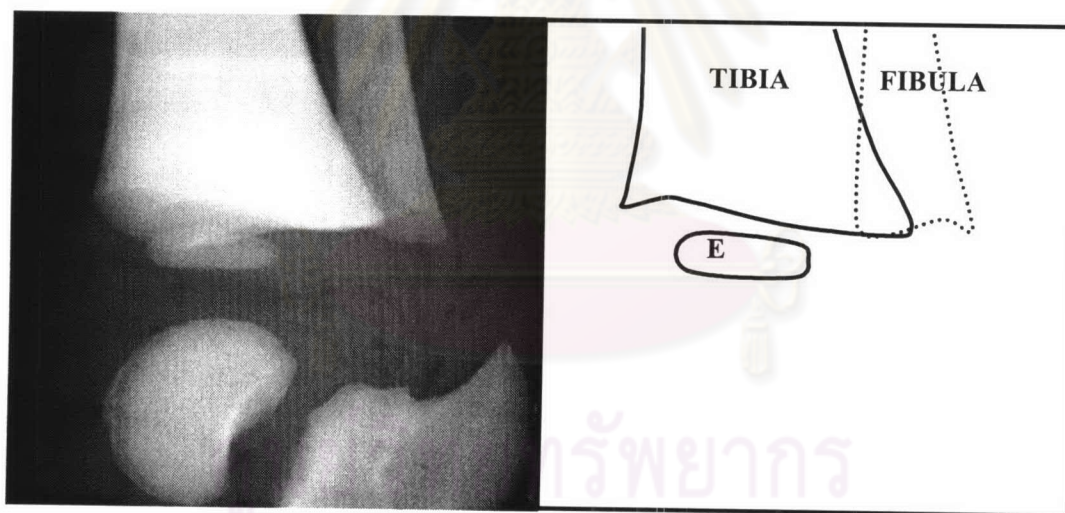


ข

รูปที่ 26 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal radius และ distal ulna ในท่า craniocaudal และ lateromedial ในช้างอายุ 30 ปี



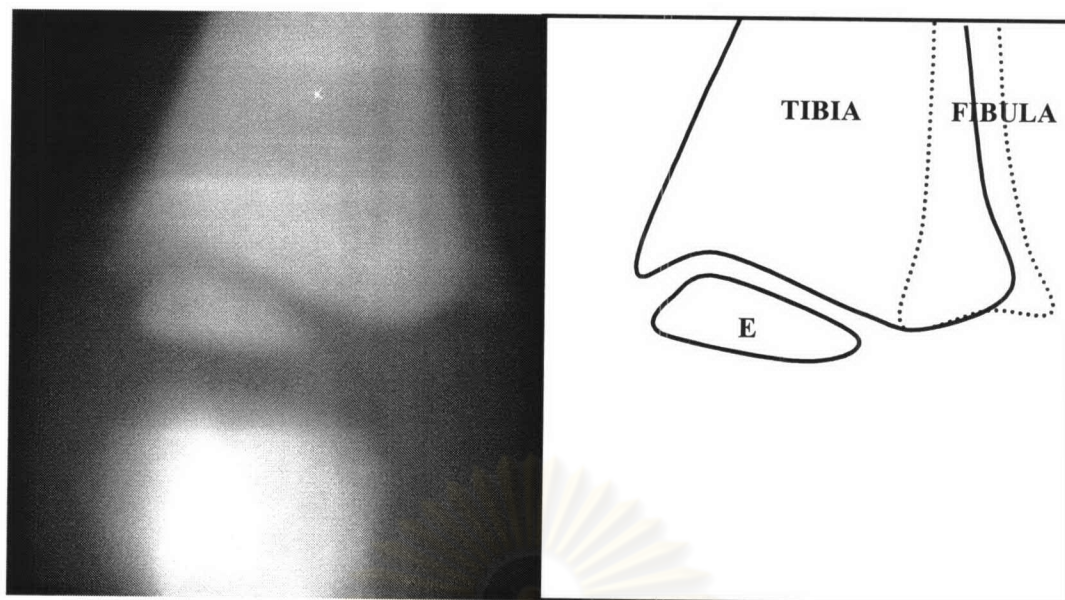
ก



ข

รูปที่ 27 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในช่วงอายุแรกเกิด





ก

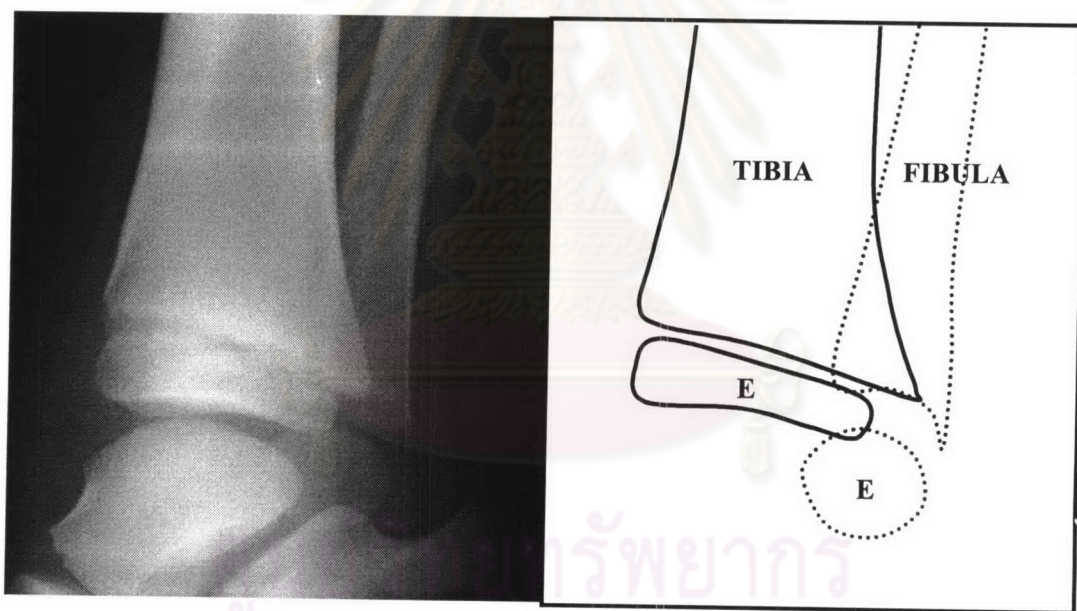


ข

รูปที่ 28 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในซ้างอายุ 15 วัน



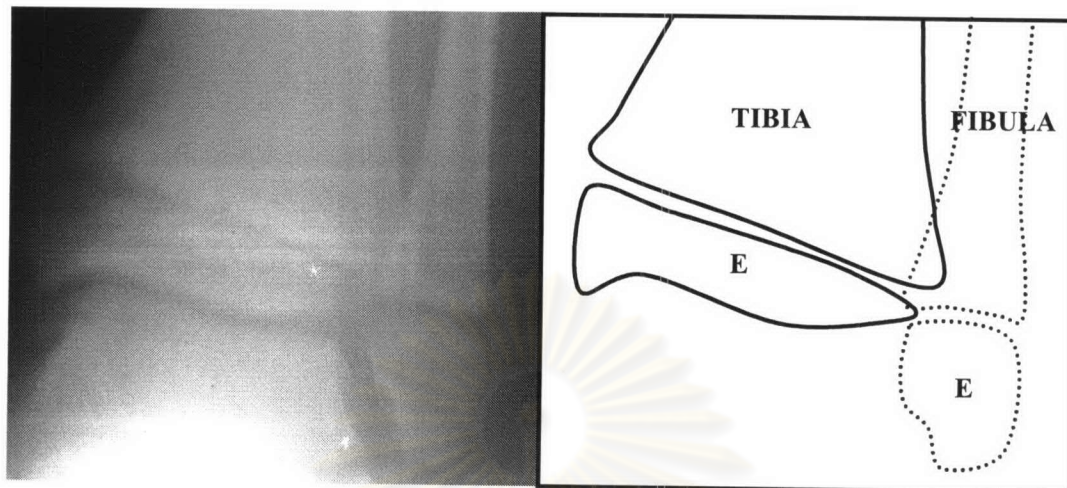
ก



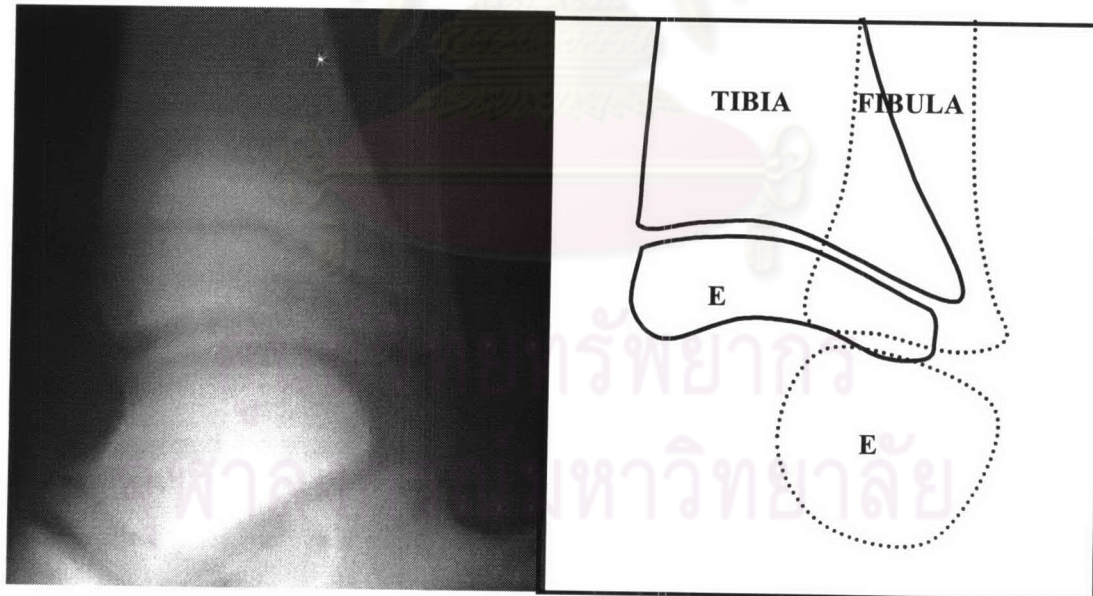
ข

รูปที่ 29 ภาพรังสีพร้อมภาพถ่ายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในช้าง อายุ 1 ปี 4 เดือน



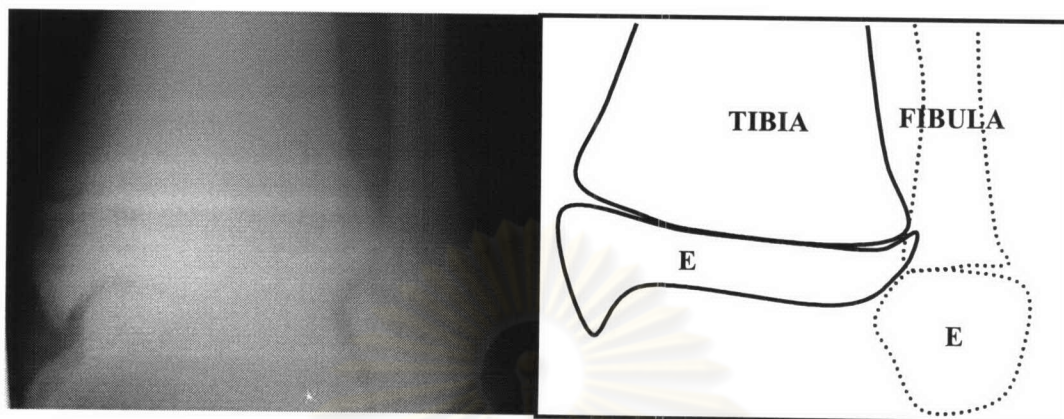


ก

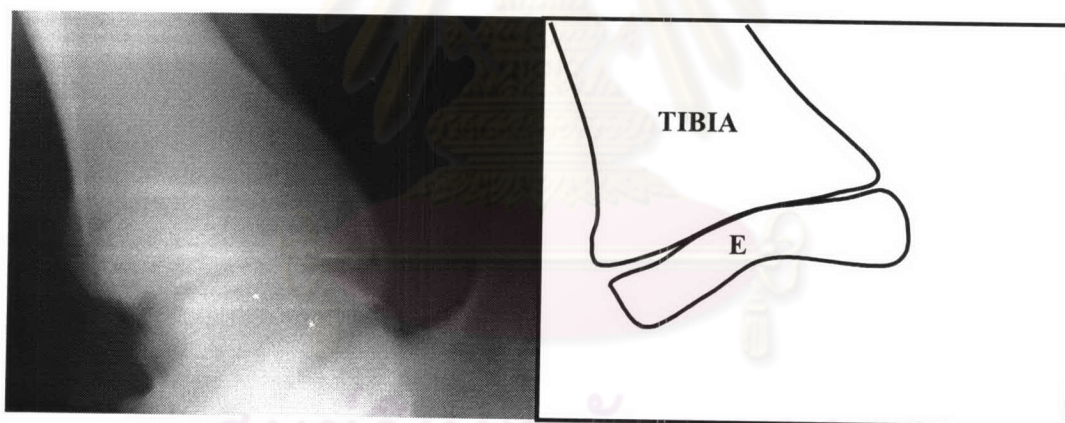


ข

รูปที่ 30 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในช้าง อายุ 4 ปี 8 เดือน



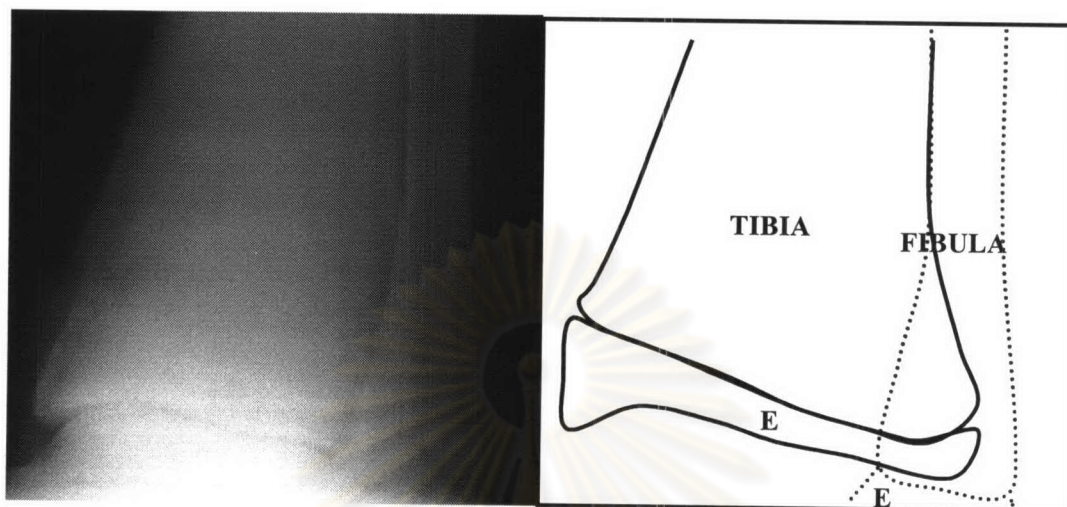
ก



ข

รูปที่ 31 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในช้าง อายุ 13 ปี



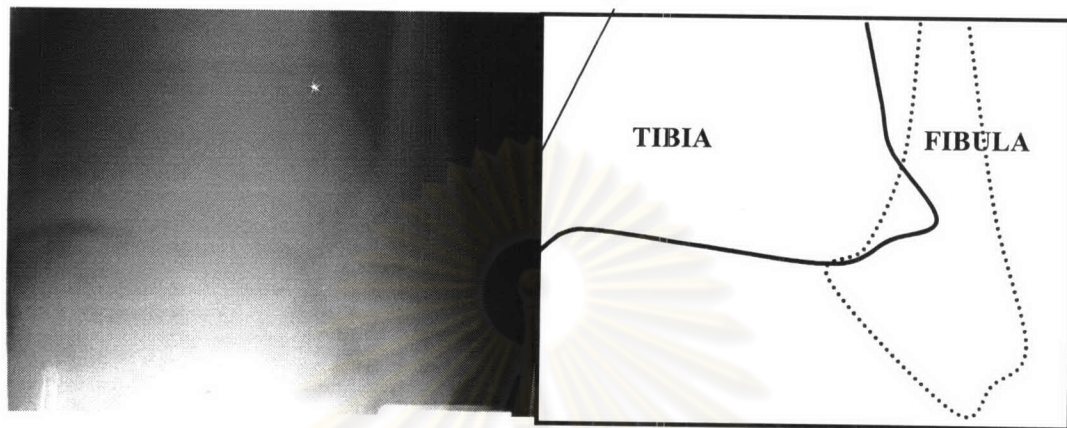


ก



ข

รูปที่ 32 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ (E) ของ distal tibia ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในช้างอายุ 25 ปี



ก



ข

รูปที่ 33 ภาพรังสีพร้อมภาพลายเส้นแสดงลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทิวขุมิ (E) ของ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial (ก) และ lateromedial (ข) ในช้าง อายุ 30 ปี



## ความกว้างของ epiphysis และ metaphysis

### Distal radius

ขนาด epiphysis ของ distal radius ในลูกช้างแรกเกิดแคบกว่า metaphysis แต่มีความกว้างมากกว่าครึ่งหนึ่งของ metaphysis ความกว้างเฉลี่ยของ epiphysis และ metaphysis ของลูกช้างแรกเกิดที่วัดได้จากภาพรังสีในท่า craniocaudal เท่ากับ  $3.03 \pm 0.569$  และ  $3.43 \pm 0.404$  และในท่า lateromedial เท่ากับ  $2.83 \pm 0.503$  และ  $4.60 \pm 0.346$  เซนติเมตร ตามลำดับ ในช่วง 10 ปีแรก epiphysis และ metaphysis มีการเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็ว โดย epiphysis มีความกว้างใกล้เคียงกับ metaphysis (รูปที่ 34 และ 35) หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อช้างอายุ 13 ปี โดยที่ epiphysis และ metaphysis มีความกว้างเท่ากัน ความกว้างของทั้ง epiphysis และ metaphysis ในช้างอายุ 13 – 30 ปี มีค่าระหว่าง 11.2 ถึง 13.0 ในท่า craniocaudal และ 11.9 ถึง 16.2 เซนติเมตร ในท่า lateromedial

### Distal ulna

ขนาด epiphysis ของ distal ulna ในลูกช้างแรกเกิดแคบกว่า metaphysis และมีความกว้างมากกว่าครึ่งหนึ่งของ metaphysis เช่นเดียวกับที่พบใน distal radius ความกว้างเฉลี่ยของ epiphysis และ metaphysis ของลูกช้างแรกเกิดที่วัดได้จากภาพรังสีในท่า craniocaudal เท่ากับ  $2.97 \pm 0.569$  และ  $5.23 \pm 0.231$  และในท่า lateromedial เท่ากับ  $3.00 \pm 0.529$  และ  $5.367 \pm 0.551$  เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้ง epiphysis และ metaphysis มีการเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็วในช่วง 10 ปีแรก (รูปที่ 34 และ 35) โดยความกว้างของ epiphysis แคบกว่า metaphysis มาตลอด จนกระทั่งช้างอายุ 13 ปี ความกว้างของ epiphysis และ metaphysis จึงเท่ากัน โดยมีค่าระหว่าง 16.0 ถึง 22.0 ในท่า craniocaudal และ 18.0 ถึง 23.2 เซนติเมตร ในท่า lateromedial ในช้างอายุ 13 – 30 ปี

### Distal tibia

ในลูกช้างแรกเกิด epiphysis ของ distal tibia มีขนาดแคบกว่าครึ่งหนึ่งของ metaphysis ความกว้างเฉลี่ยของ epiphysis และ metaphysis ของลูกช้างแรกเกิดที่วัดได้จากภาพรังสีในท่า caudocranial เท่ากับ  $2.25 \pm 0.354$  และ  $5.75 \pm 0.071$  และในท่า lateromedial เท่ากับ  $2.55 \pm 0.636$  และ  $4.85 \pm 0.071$  เซนติเมตร ตามลำดับ ในช่วง 10 ปีแรก epiphysis และ metaphysis มีการเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 34 และ 35) โดย epiphysis แคบกว่า metaphysis แล้วเจริญขยายขนาด

จนกระทั่งขนาดใกล้เคียงกันเมื่อช่วงอายุ 13 ปี ความกว้างของทั้ง epiphysis และ metaphysis มีค่าระหว่าง 16.4 ถึง 25.5 ในท่า caudocranial และ 12.1 ถึง 16.5 เซนติเมตร ในท่า lateromedial ในช่วงอายุ 13 - 30 ปี

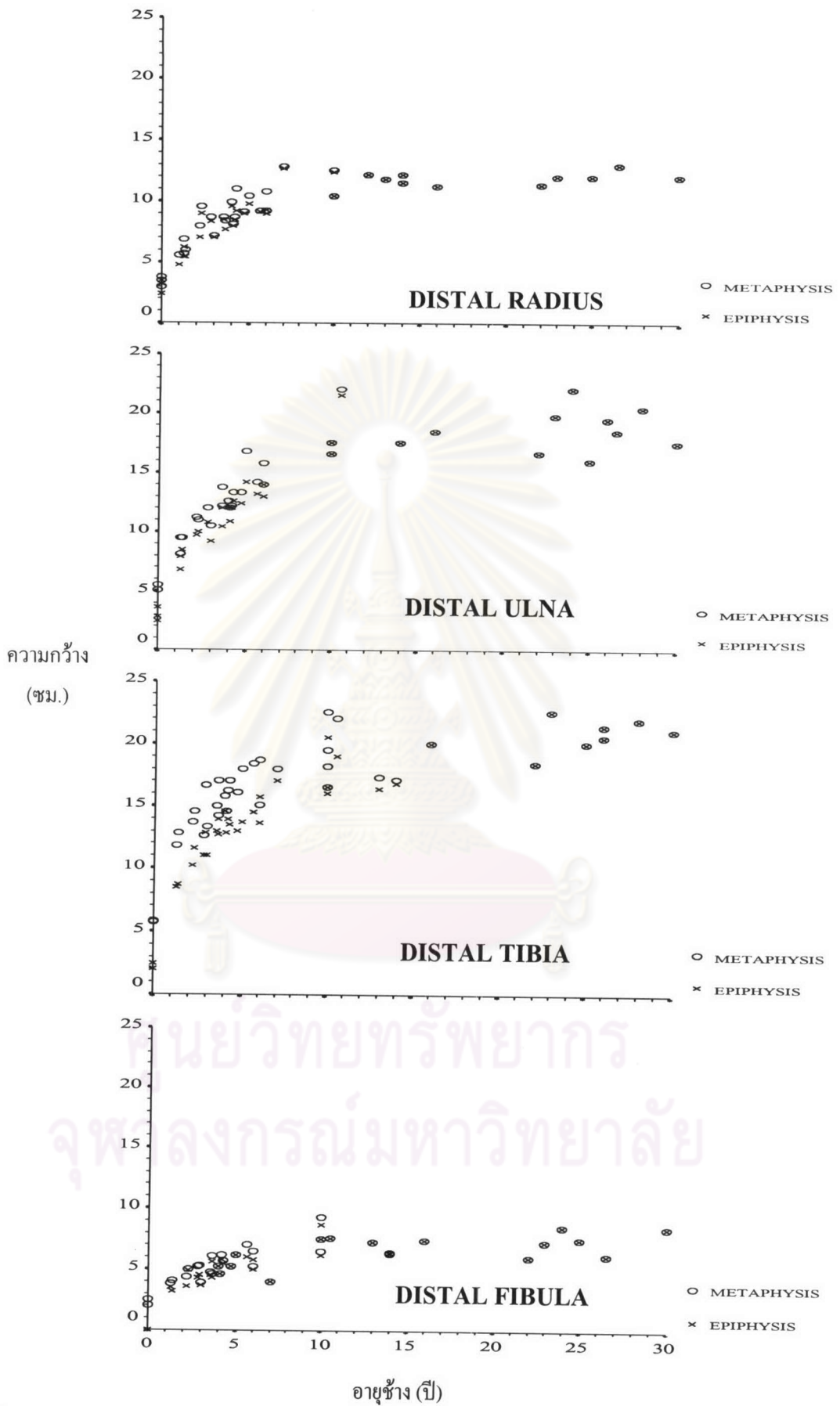
### **Distal fibula**

ในลูกช้างแรกเกิดยังไม่ปรากฏ epiphysis ของ distal fibula ในภาพรังสี แต่พบได้ในลูกช้างอายุ 1 ปี 4 เดือน โดย epiphysis (3.5 เซนติเมตร) มีความกว้างเกือบเท่าความกว้างของ metaphysis (3.8 เซนติเมตร) ส่วนความกว้างเฉลี่ยของ metaphysis ในลูกช้างแรกเกิดที่วัดได้จากภาพรังสีในท่า caudocranial เท่ากับ  $2.25 \pm 0.354$  เซนติเมตร ในช่วง 10 ปีแรก epiphysis และ metaphysis มีการเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 34) หลังจากนั้นพบการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ความกว้างของทั้ง epiphysis และ metaphysis ในช่วงอายุ 13 - 30 ปี มีค่าระหว่าง 6.0 ถึง 8.5 เซนติเมตร ในท่า caudocranial

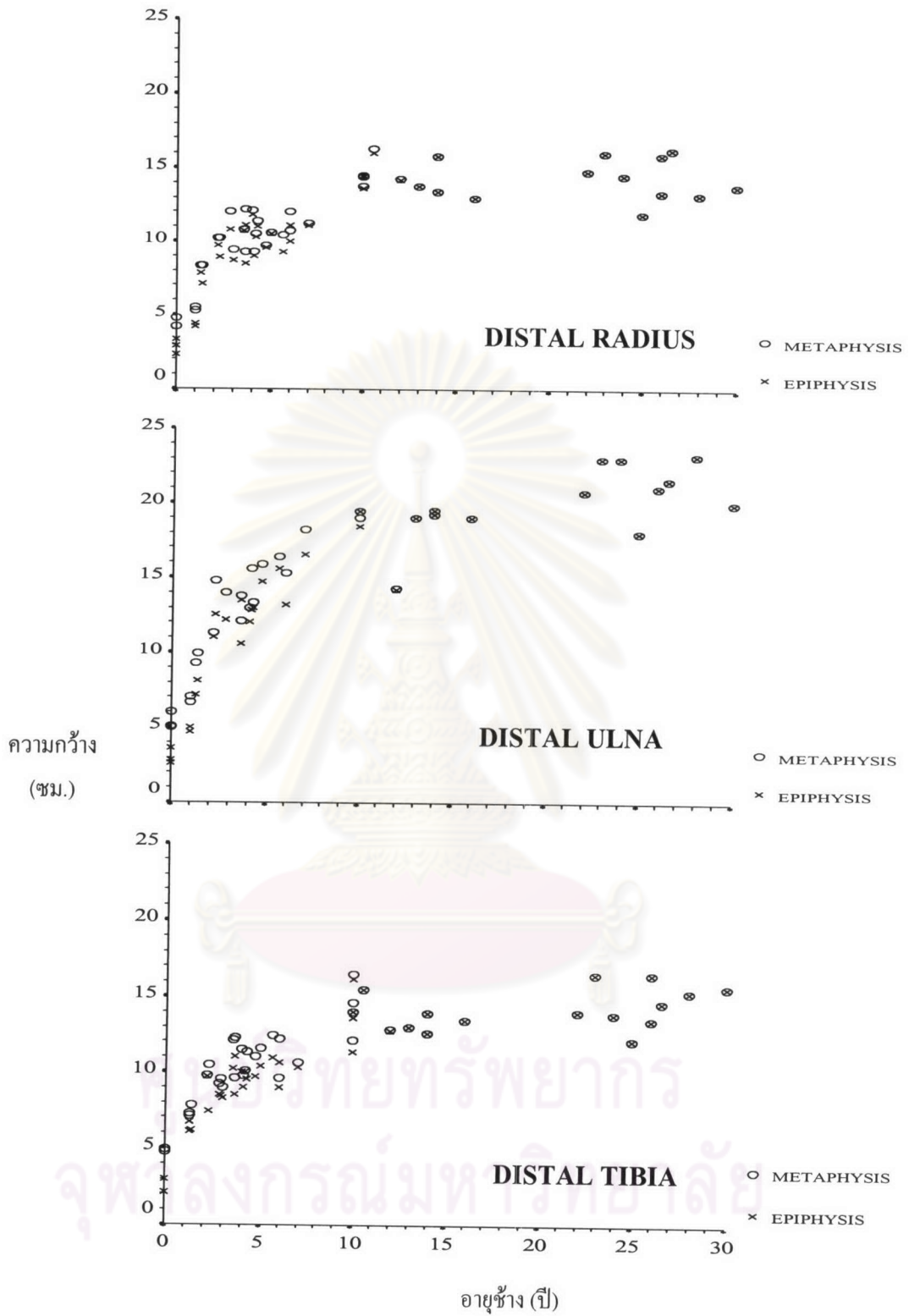


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 34 ความกว้างของ epiphysis และ metaphysis ของกระดูก distal radius และ distal ulna ในท่า craniocaudal และ distal tibia และ distal fibula ในท่า caudocranial



รูปที่ 35 ความกว้างของ epiphysis และ metaphysis ของกระดูก distal radius, distal ulna และ distal tibia ในท่า lateromedial



## ขนาดของ physis หรือระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis

### Distal radius

จากกราฟแสดงระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของ distal radius (รูปที่ 36) พบการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงอายุ 6 ปีแรก โดยมีระยะห่างเฉลี่ยเมื่อแรกเกิดเท่ากับ  $1.87 \pm 0.163$  และ  $1.76 \pm 0.398$  และที่อายุ 6 ปีเท่ากับ  $1.22 \pm 0.201$  และ  $1.13 \pm 0.176$  เซนติเมตร ในท่า craniocaudal และ lateromedial ตามลำดับ ในช่วงอายุ 7 - 12 ปี แนว physis เริ่มแคบลง โดยมีระยะห่างเฉลี่ยเท่ากับ  $0.56 \pm 0.119$  ในท่า craniocaudal และ  $1.11 \pm 0.590$  เซนติเมตร ในท่า lateromedial จากนั้นระยะห่างเฉลี่ยระหว่าง epiphysis กับ metaphysis แคบลงอย่างรวดเร็ว โดยเริ่มแคบลงที่ด้านข้างที่ชิดกับ distal ulna แล้วตามมาด้วยบริเวณตรงกลางแนว physis และด้านในตามลำดับ จนแนว physis เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์เมื่อช่วงอายุ 26 - 30 ปี

### Distal ulna

ระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของ distal ulna เปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกันกับของ distal radius (รูปที่ 36) กล่าวคือพบการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงอายุ 6 ปีแรก โดยมีระยะห่างเฉลี่ยเมื่อแรกเกิดเท่ากับ  $1.96 \pm 0.291$  และ  $2.04 \pm 0.361$  และที่อายุ 6 ปีเท่ากับ  $1.73 \pm 0.458$  และ  $1.77 \pm 0.543$  เซนติเมตร ในท่า craniocaudal และ lateromedial ตามลำดับ ส่วนระยะห่างเฉลี่ยที่พบในช่วงอายุ 7 - 12 ปี เท่ากับ  $0.89 \pm 0.296$  ในท่า craniocaudal และ  $1.20 \pm 0.631$  เซนติเมตรในท่า lateromedial จากนั้นระยะห่างเฉลี่ยระหว่าง epiphysis กับ metaphysis แคบลงอย่างรวดเร็ว โดยเริ่มแคบจากด้านข้างที่ชิดกับ distal radius แล้วตามมาด้วยบริเวณตรงกลางแนว physis และด้านนอกตามลำดับ จนแนว physis เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์เมื่อช่วงอายุ 26 - 30 ปี

### Distal tibia

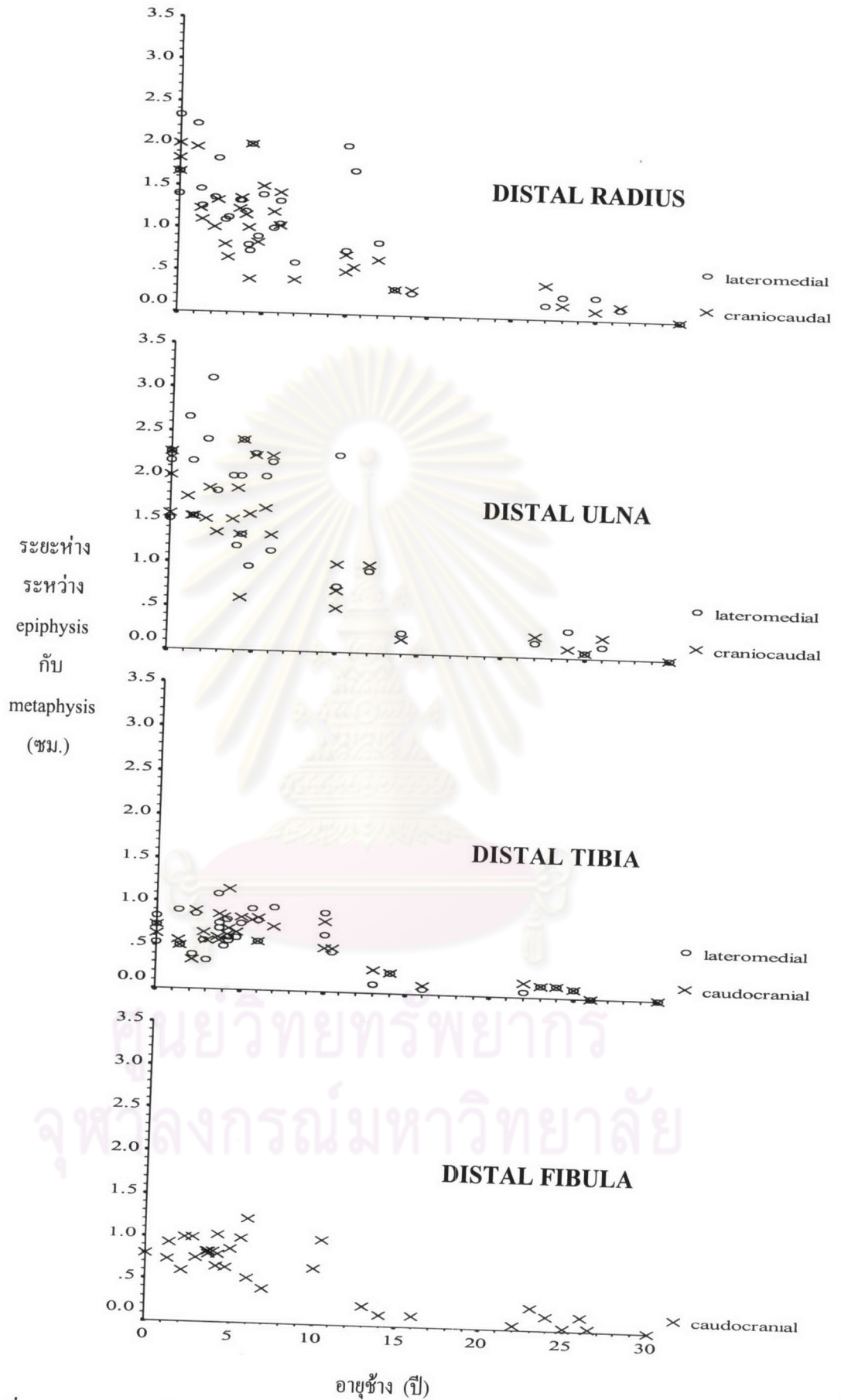
จากกราฟแสดงระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของ distal tibia (รูปที่ 36) พบการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงอายุ 10 ปีแรก โดยมีระยะห่างเฉลี่ยเมื่อแรกเกิดเท่ากับ  $0.70 \pm 0.058$  และ  $0.70 \pm 0.153$  และที่อายุ 10 ปี เท่ากับ  $0.70 \pm 0.245$  และ  $0.69 \pm 0.185$  เซนติเมตร ในท่า caudocranial และ lateromedial ตามลำดับ จากนั้นระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis แคบลงอย่างรวดเร็ว โดยเริ่มแคบลงตรงกลางแนว physis ก่อนที่บริเวณด้านข้างโดยรอบจะแคบลงจนแนว physis เชื่อมปิดอย่างสมบูรณ์เมื่อช่วงอายุ 26 - 30 ปี

**Distal fibula**

การเปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของ distal fibula มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกับที่พบใน distal tibia (รูปที่ 36) คือ ระยะห่างก่อนข้างคงที่ในช่วงอายุ 10 ปีแรก โดยระยะห่างเฉลี่ยที่อายุ 1 ปีและ 10 ปี ในภาพรังสีท่า caudocranial เท่ากับ  $0.82 \pm 0.102$  และ  $0.83 \pm 0.240$  เซนติเมตร ตามลำดับ จากนั้นจึงแคบลงอย่างรวดเร็ว โดยเริ่มแคบที่ด้านข้างที่ชิดกับ distal tibia แล้วตามมาด้วยบริเวณตรงกลางแนว physis และด้านนอกตามลำดับ จนแนว physis เชื่อมปิดอย่างสมบูรณ์เมื่อช่วงอายุ 30 ปี



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 36 ระยะห่างเฉลี่ยระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula ในช้างอายุแรกเกิดจนถึง 30 ปี



## การเชื่อมปิดของแนว physis

### Distal radius

แนว physis ของ distal radius เริ่มเชื่อมปิดบางส่วนเมื่อซ้างอายุ 13 ปี โดยพบการเชื่อมปิดน้อยกว่า 50% ทั้งในท่า craniocaudal และ lateromedial ในซ้างอายุ 13 – 22 ปี (ตารางที่ 1) จากนั้นจึงเชื่อมปิดกันตั้งแต่ 50% ขึ้นไป จนกระทั่งเชื่อมปิดโดยสมบูรณ์เมื่อซ้างอายุ 30 ปี ยกเว้นซ้าง 1 ตัวอย่าง ที่แนว physis ในท่า lateromedial เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ตั้งแต่อายุ 26 ปี

### Distal ulna

แนว physis ของ distal ulna เชื่อมปิดน้อยกว่า 50% ในซ้างอายุ 13 – 22 ปี เช่นเดียวกับที่พบใน distal radius ยกเว้นซ้าง 1 ตัวอย่าง ที่ physis เชื่อมปิดมากกว่า 50% ตั้งแต่อายุ 13 ปี หลังจาก 22 ปี จึงเชื่อมปิดกันตั้งแต่ 50% ขึ้นไป จนกระทั่งเชื่อมปิดโดยสมบูรณ์เมื่อซ้างอายุ 30 ปี ยกเว้นซ้าง 2 ตัวอย่างที่แนว physis ในท่า lateromedial เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ตั้งแต่อายุ 26 ปี

### Distal tibia

แนว physis ของ distal tibia เชื่อมปิดน้อยกว่า 50% ทั้งในท่า caudocranial และ lateromedial ในซ้างอายุ 13 – 22 ปี จากนั้นจึงเชื่อมปิดกันตั้งแต่ 50% ขึ้นไป จนกระทั่งเชื่อมปิดโดยสมบูรณ์เมื่อซ้างอายุ 30 ปี ยกเว้นซ้าง 2 ตัวอย่างที่แนว physis เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ตั้งแต่อายุ 26 ปี

### Distal fibula

แนว physis ของ distal fibula เริ่มเชื่อมปิดบางส่วนเมื่อซ้างอายุ 13 ปี โดยพบการเชื่อมปิดน้อยกว่า 50% ในท่า caudocranial ในซ้างอายุ 13 – 23 ปี จากนั้นจึงเชื่อมปิดกันตั้งแต่ 50% ขึ้นไป และพบแนว physis เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ในซ้างอายุ 30 ปี

ผลการศึกษาพบว่า physis ของทุกกระดูกเริ่มเชื่อมปิดเมื่อซ้างอายุ 13 ปี โดยที่ physis ของ distal radius เริ่มเชื่อมกันบริเวณด้านนอกลำตัวซึ่งเป็นด้านที่อยู่ชิดกับ distal ulna จากนั้นจึงเชื่อมต่อกันบริเวณตรงกลางและด้านในลำตัวตามลำดับ ส่วน physis ของ distal ulna และ distal

fibula เริ่มเชื่อมกันบริเวณด้านในลำตัวก่อนที่จะเชื่อมปิดบริเวณตรงกลางและด้านนอกลำตัวตามลำดับ ในขณะที่ physis ของ distal tibia เริ่มเชื่อมกันบริเวณตรงกลางก่อน จากนั้นจึงมีการเชื่อมปิดขยายออกด้านข้างโดยรอบเหลือเพียงรอยแยกเพียงเล็กน้อยที่บริเวณขอบ physis เท่านั้น สำหรับการเชื่อมปิดอย่างสมบูรณ์ของทุกกระดูก พบได้ในช่วงอายุ 26 – 30 ปี

ตารางที่ 1 ปริมาณการเชื่อมปิดของแนว physis ของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula ในช่วงอายุ 13 – 30 ปี

อายุช่วง (ปี)	ปริมาณการเชื่อมปิด (%)						
	distal radius		distal ulna		distal tibia		distal fibula
	cranio-caudal	latero-medial	cranio-caudal	latero-medial	caudo-cranial	latero-medial	caudo-cranial
13	A	A	B	B	A	A	A
14	A	A	A	A	A	A	A
14	A	A	A	A	A	A	A
16	A	A	A	*	A	A	A
22	A	*	*	A	A	A	A
23	B	B	B	B	B	B	A
24	B	B	B	B	B	B	B
25	B	B	B	B	B	B	B
26	*	C	B	B	B	C	*
26	B	*	*	C	C	C	*
26.5	*	B	B	C	C	C	*
28	*	*	B	B	B	C	*
30	C	C	C	C	C	C	C

A – แนว physis เชื่อมปิดน้อยกว่า 50%

B – แนว physis เชื่อมปิดเท่ากับ 50% หรือมากกว่า

C – แนว physis เชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ (100%)

\* – ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากภาพรังสีมีคุณภาพต่ำ

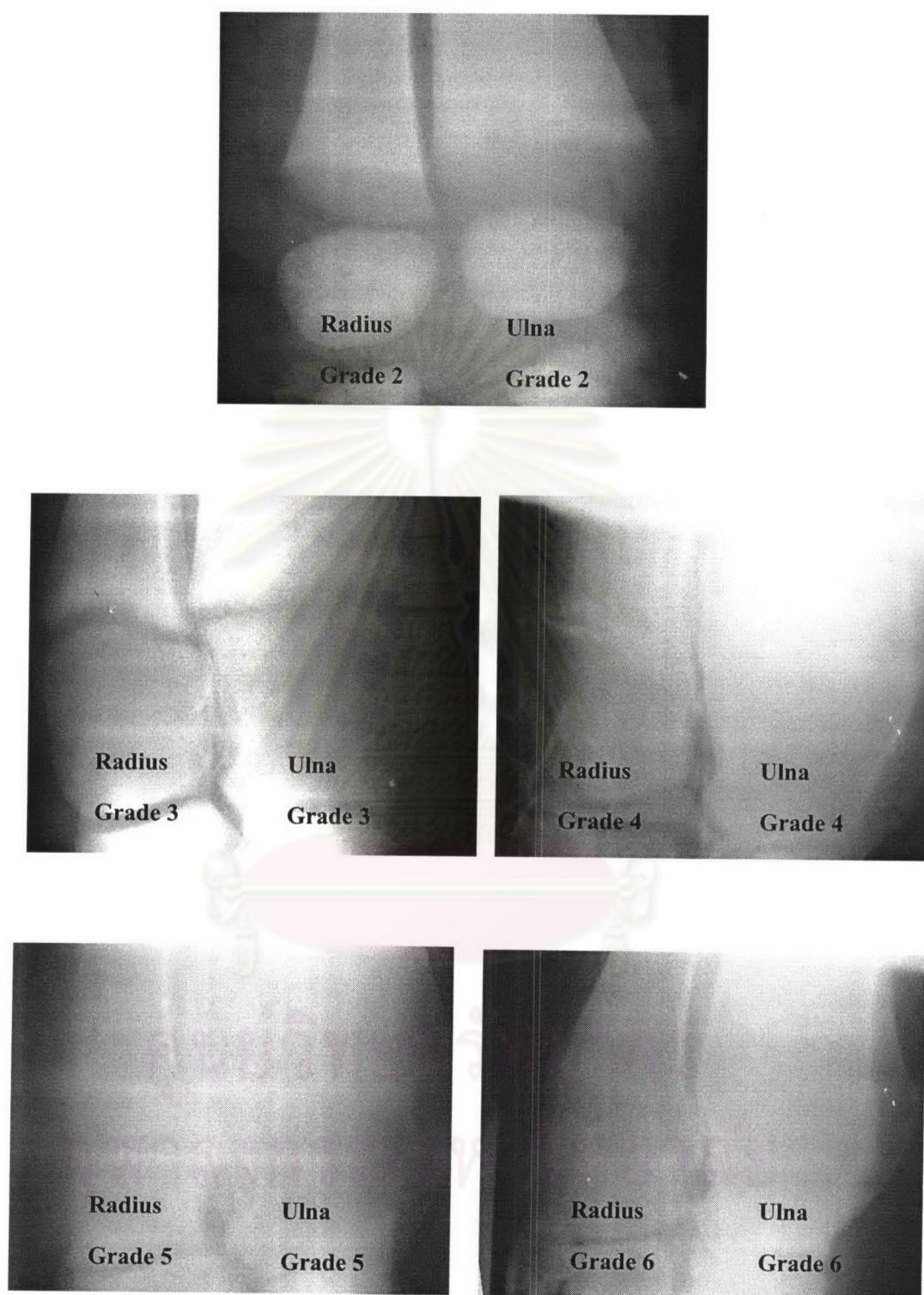
## การวิเคราะห์ระดับการเจริญเต็มขั้นของกระดูกปลายขาข้าง

นำข้อมูลทั้งหมด ได้แก่ ลักษณะรูปร่างของศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ, ความกว้างของ epiphysis, ความกว้างของ metaphysis , ระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis และปริมาณการเชื่อมปิดของแนว physis ที่วัดได้จากภาพรังสีมาวิเคราะห์ระดับการเจริญเต็มขั้นของกระดูกปลายขาข้าง โดยแบ่งได้เป็น 7 เกรด เรียงจากเกรด 0 ถึง เกรด 6 ตามการปรากฏและการพัฒนาส่วน epiphysis ของกระดูกข้างนับจากแรกเกิดจนเจริญเต็มขั้น (รูปที่ 37 และ 38) ดังนี้

- เกรด 0 ไม่ปรากฏศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิ
- เกรด 1 ปรากฏศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิแต่มีขนาดเล็กกว่า 50% ของความกว้างของปลายลำกระดูก
- เกรด 2 ศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า 50% ของความกว้างของปลายลำกระดูก
- เกรด 3 ขนาดของ physis หรือระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของกระดูกเริ่มที่จะแคบลง
- เกรด 4 บริเวณ physis เริ่มเชื่อมปิด แต่ยังไม่ถึง 50%
- เกรด 5 บริเวณ physis เชื่อมปิดเท่ากับหรือมากกว่า 50% แต่ยังไม่สมบูรณ์
- เกรด 6 บริเวณ physis เชื่อมปิดอย่างสมบูรณ์

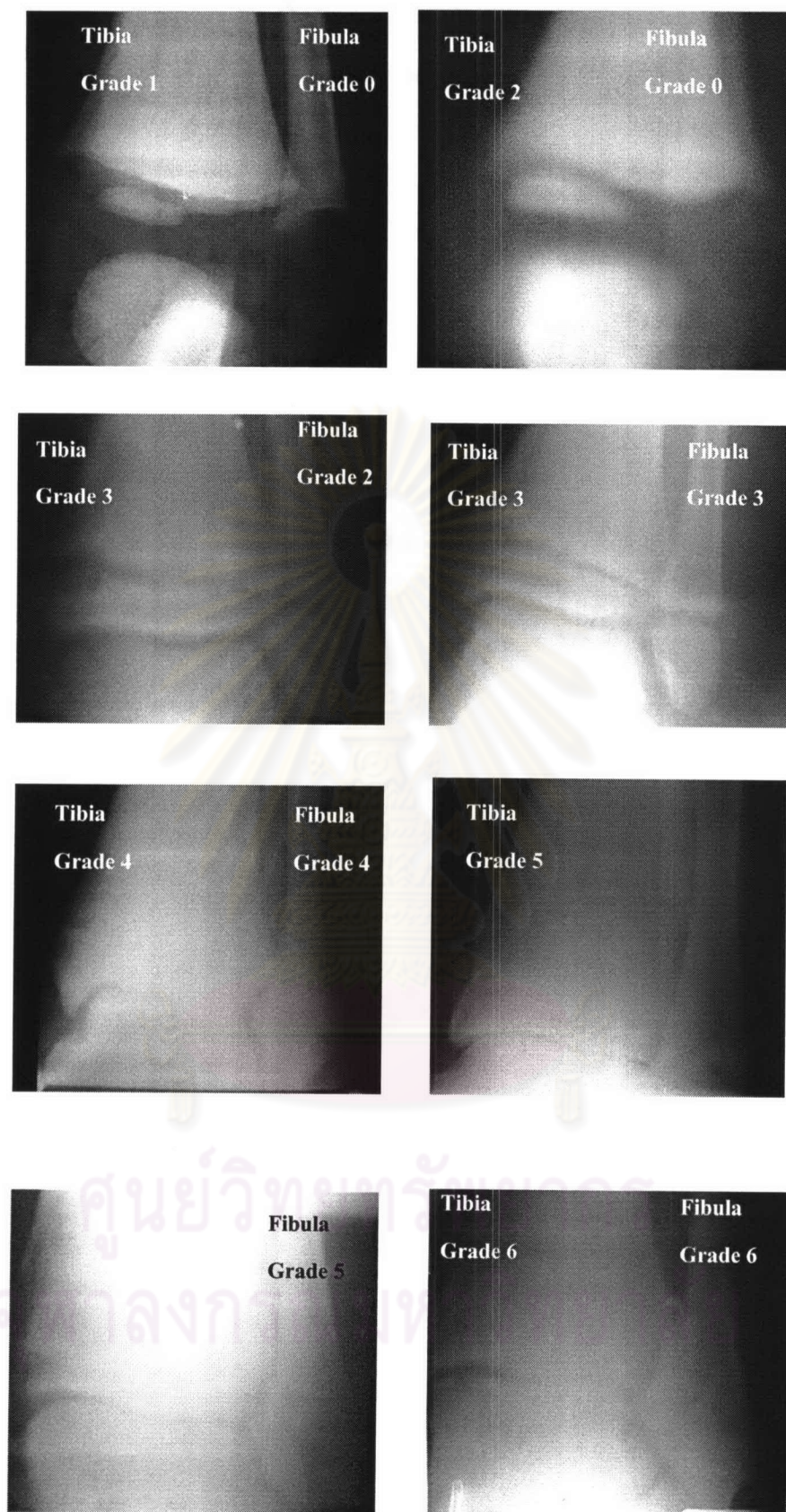
กระดูกปลายขาข้างทั้งขาหน้าและขาหลังที่ศึกษา มีศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิปรากฏให้เห็นชัดเจน (เกรด 1 หรือ 2) ตั้งแต่แรกเกิด ยกเว้น distal fibula ซึ่งยังคงอยู่ในเกรด 0 (ตารางที่ 2, รูปที่ 37 และ 38) หลังจากนั้น epiphysis มีการเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็วจนใกล้เคียงกับความกว้างของ metaphysis (เกรด 2) ภายใน 3 ปี (รูปที่ 39) เมื่อ epiphysis ขยายขนาดเต็มที่แล้ว physis เริ่มแคบลง (เกรด 3) จน epiphysis ชิดกับ metaphysis แล้วจึงเริ่มเชื่อมปิด (เกรด 4) ปรากฏเป็นเส้นที่บ่งชี้ตลอดแนว physis ที่เชื่อมกัน (เกรด 5) จนเชื่อมปิดโดยสมบูรณ์ (เกรด 6)





รูปที่ 37 ระดับการเจริญเต็มขั้นของ distal radius และ distal ulna  
ในช่วงอายุแรกเกิด (เกรด 2) จนถึง 30 ปี (เกรด 6)





รูปที่ 38 ระดับการเจริญเต็มขั้นของ distal tibia และ distal fibula ในช่วงอายุแรกเกิด (เกรด 1 ของ distal tibia, เกรด 0 ของ distal fibula) จนถึง 30 ปี (เกรด 6)

### การเจริญเต็มขั้นของ distal radius

การเจริญเต็มขั้นของ distal radius ในช้างตั้งแต่อายุแรกเกิดถึง 30 ปี มี 5 เกรด เริ่มจากเกรด 2 เมื่ออายุแรกเกิด ซึ่ง epiphysis กว้างมากกว่า 50% ของความกว้างของ metaphysis จากนั้นจึงพัฒนาไปเกรด 3 ที่มีระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis แคบลง ในช้างอายุ 2.4 – 12 ปี แล้วเข้าสู่เกรด 4 ที่มีแนว physis เชื่อมปิดกันน้อยกว่า 50% ในช้างอายุ 13 – 22 ปี และเมื่อช้างอายุ 23 ปี พบ physis เชื่อมปิดมากกว่า 50% ซึ่งจัดอยู่ในเกรด 5 ก่อนที่จะเข้าสู่เกรด 6 ที่แนว physis เชื่อมปิดอย่างสมบูรณ์ ในช้างอายุ 26 – 30 ปี

### การเจริญเต็มขั้นของ distal ulna

การเจริญเต็มขั้นของ distal ulna ในช้างตั้งแต่อายุแรกเกิดถึง 30 ปี แบ่งได้เป็น 5 เกรดที่มีลักษณะการเจริญคล้ายคลึงกับ distal radius คือ เริ่มจากเกรด 2 ในลูกช้างแรกเกิด แล้วพัฒนาไปสู่เกรด 3, 4, 5 และ 6 ในช้างอายุ 2.8 – 12, 13 – 23, 24 – 28 และ 26 – 30 ปี ตามลำดับ

### การเจริญเต็มขั้นของ distal tibia

การเจริญเต็มขั้นของ distal tibia มี 6 เกรด เริ่มจากลูกช้างแรกเกิดมีศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิซึ่งจัดอยู่ในเกรด 1 ที่มี epiphysis กว้างน้อยกว่า 50% ของความกว้างของ metaphysis และเป็นเกรด 2 ในลูกช้างอายุ 15 วัน จากนั้นจึงเจริญขยายขนาดอย่างรวดเร็วจนพัฒนาเป็นเกรด 3, 4, 5 และ 6 ในช้างอายุ 1.3 – 12, 13 – 22, 23 – 25 และ 26 – 30 ปี ตามลำดับ

### การเจริญเต็มขั้นของ distal fibula

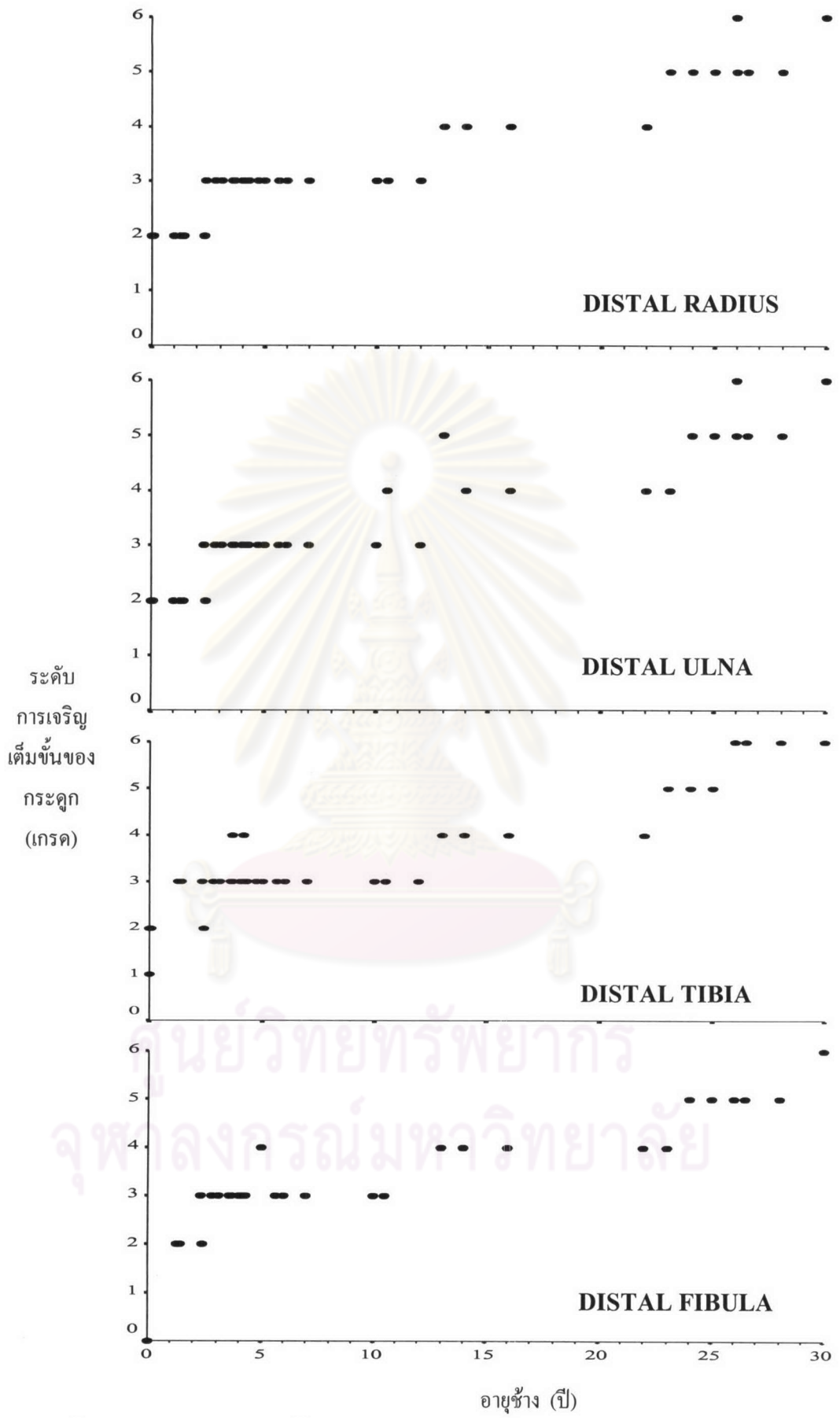
การเจริญเต็มขั้นของ distal fibula ในลูกช้างแรกเกิดจนถึงอายุ 30 ปี แบ่งได้เป็น 7 เกรด นับจากเกรด 0 ที่ไม่ปรากฏศูนย์เริ่มสร้างกระดูกทุติยภูมิในลูกช้างแรกเกิด และพบการเปลี่ยนแปลงเป็นเกรด 2 ในลูกช้างอายุ 1.3 ปี จากนั้นจึงพัฒนาเป็นเกรด 3, 4, 5 และ 6 ในช้างอายุ 2.3 – 10.5, 13 – 23, 24 – 28 และ 30 ปี ตามลำดับ



ตารางที่ 2 ระดับการเจริญเต็มขั้นของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula ใน  
ช่วงอายุแรกเกิดถึง 30 ปี

เกรด	ช่วงอายุ (ปี)			
	distal radius	distal ulna	distal tibia	distal fibula
0	-	-	-	0 – 0.04
1	-	-	0	-
2	0 – 2.3	0 – 2.4	0.04	1.3 – 1.4
3	2.4 – 12	2.8 – 12	1.3 – 12	2.3 – 10.5
4	13 – 22	13 – 23	13 – 22	13 – 23
5	23 – 28	24 – 28	23 – 25	24 – 28
6	26 – 30	26 – 30	26 – 30	30

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 39 ระดับการเจริญเต็มขั้นของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula ในช่างอายุแรกเกิดถึง 30 ปี

## การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุข้างกับขนาดของ epiphysis

ความสัมพันธ์แบบถดถอยระหว่างอายุข้างกับขนาดของ epiphysis ของกระดูกทั้ง 4 ชนิด เป็นแบบ  $\ln - \ln$  linear relationship ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 3)

### Distal radius

ในท่า craniocaudal สมการความถดถอยระหว่างอายุข้างกับความกว้างของ epiphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 4.796\ln(x) - 8.974$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.889 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุข้างเท่ากับ 88.9%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอย คือ  $\ln(y) = 3.988\ln(x) - 7.759$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.862 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุข้างเท่ากับ 86.2%

### Distal ulna

ในท่า craniocaudal สมการความถดถอยระหว่างอายุข้างกับความกว้างของ epiphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 3.898\ln(x) - 8.311$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.920 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุข้างเท่ากับ 92.0%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอย คือ  $\ln(y) = 3.428\ln(x) - 7.306$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.876 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุข้างเท่ากับ 87.6%

### Distal tibia

ในท่า caudocranial สมการความถดถอยระหว่างอายุข้างกับความกว้างของ epiphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 3.432\ln(x) - 7.390$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.953 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุข้างเท่ากับ 95.3%



ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอย คือ  $\ln(y) = 6.996\ln(x) - 4.099$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.950 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 95.0%

### Distal fibula

ในท่า caudocranial สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับความกว้างของ epiphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 2.718\ln(x) - 2.776$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.697 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด epiphysis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 69.7%

**ตารางที่ 3** สมการความถดถอยของอายุช้างกับความกว้างของ epiphysis ของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula

กระดูก	ท่า	สมการความถดถอย	$R^2$	ระดับนัยสำคัญ
distal radius	craniocaudal	$\ln(y) = 4.796\ln(x) - 8.974$	0.889	$P < 0.001$
	lateromedial	$\ln(y) = 3.988\ln(x) - 7.759$	0.862	$P < 0.001$
distal ulna	craniocaudal	$\ln(y) = 3.898\ln(x) - 8.311$	0.920	$P < 0.001$
	lateromedial	$\ln(y) = 3.428\ln(x) - 7.306$	0.876	$P < 0.001$
distal tibia	caudocranial	$\ln(y) = 3.432\ln(x) - 7.390$	0.953	$P < 0.001$
	lateromedial	$\ln(y) = 6.996\ln(x) - 4.099$	0.950	$P < 0.001$
Distal fibula	caudocranial	$\ln(y) = 2.718\ln(x) - 2.776$	0.697	$P < 0.001$

### การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุช้างกับขนาดของ metaphysis

ความสัมพันธ์แบบถดถอยระหว่างอายุช้างกับขนาดของ epiphysis ของกระดูกทั้ง 4 ชนิด เป็นแบบ  $\ln - \ln$  linear relationship ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 4)

### Distal radius

ในท่า craniocaudal สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับความกว้างของ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 5.283\ln(x) - 10.270$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.878 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 87.8%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอย คือ  $\ln(y) = 5.097\ln(x) - 10.710$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.773 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุ ช้างเท่ากับ 77.3%

#### **Distal ulna**

ในท่า craniocaudal สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับความกว้างของ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 5.261\ln(x) - 12.261$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.867 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 86.7%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอย คือ  $\ln(y) = 4.656\ln(x) - 10.979$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.846 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุ ช้างเท่ากับ 84.6%

#### **Distal tibia**

ในท่า caudocranial สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับความกว้างของ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 5.410\ln(x) - 13.498$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.869 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 86.9%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอย คือ  $\ln(y) = 5.405\ln(x) - 11.462$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.793 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุ ช้างเท่ากับ 79.3%

#### **Distal fibula**

ในท่า caudocranial สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับความกว้างของ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $\ln(y) = 4.855\ln(x) - 6.802$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.757 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด metaphysis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 75.7%

ตารางที่ 4 สมการความถดถอยของอายุซึ่งกับความกว้างของ metaphysis ของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula

กระดูก	ท่า	สมการความถดถอย	R <sup>2</sup>	ระดับนัยสำคัญ
distal radius	craniocaudal	$\ln(y) = 5.283\ln(x) - 10.270$	0.878	P<0.001
	lateromedial	$\ln(y) = 5.097\ln(x) - 10.710$	0.773	P<0.001
distal ulna	craniocaudal	$\ln(y) = 5.261\ln(x) - 12.261$	0.867	P<0.001
	lateromedial	$\ln(y) = 4.656\ln(x) - 10.979$	0.846	P<0.001
distal tibia	caudocranial	$\ln(y) = 5.410\ln(x) - 13.498$	0.869	P<0.001
	lateromedial	$\ln(y) = 5.405\ln(x) - 11.462$	0.793	P<0.001
distal fibula	caudocranial	$\ln(y) = 4.855\ln(x) - 6.802$	0.757	P<0.001

#### การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุซึ่งกับขนาดของ physis

ความสัมพันธ์แบบถดถอยระหว่างอายุซึ่งกับขนาดของ physis ของกระดูกทั้ง 4 ชนิด เป็นแบบ ln linear relationship ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 5)

##### Distal radius

ในท่า craniocaudal สมการความถดถอยระหว่างอายุซึ่งกับระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $y = 5.217 - 8.285 \ln(x)$  ค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.774 และมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.001) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุซึ่งเท่ากับ 77.4%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอยคือ  $y = 6.754 - 9.058 \ln(x)$  ค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.796 และมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.001) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุซึ่งเท่ากับ 79.6%

##### Distal ulna

ในท่า craniocaudal สมการความถดถอยระหว่างอายุซึ่งกับระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $y = 7.502 - 7.610 \ln(x)$  ค่า R<sup>2</sup> เท่ากับ 0.805 และมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.001) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุซึ่งเท่ากับ 80.5%



ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอยคือ  $y = 7.829 - 6.676 \ln(x)$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.828 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 82.8%

#### Distal tibia

ในท่า caudocranial สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $y = 1.329 - 9.203 \ln(x)$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.694 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 69.4%

ส่วนในท่า lateromedial สมการความถดถอยคือ  $y = 2.290 - 7.263 \ln(x)$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.655 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 65.5%

#### Distal fibula

ในท่า caudocranial สมการความถดถอยระหว่างอายุช้างกับระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis จากการคำนวณ คือ  $y = 3.356 - 7.097 \ln(x)$  ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.769 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.001$ ) โดยความแม่นยำในการใช้ขนาด physis ทำนายอายุช้างเท่ากับ 76.9%

**ตารางที่ 5** สมการความถดถอยของอายุช้างกับระยะห่างระหว่าง epiphysis กับ metaphysis ของ distal radius, distal ulna, distal tibia และ distal fibula

กระดูก	ท่า	สมการความถดถอย	$R^2$	ระดับนัยสำคัญ
distal radius	craniocaudal	$y = 5.217 - 8.285 \ln(x)$	0.774	$P < 0.001$
	lateromedial	$y = 6.754 - 9.058 \ln(x)$	0.796	$P < 0.001$
distal ulna	craniocaudal	$y = 7.502 - 7.610 \ln(x)$	0.805	$P < 0.001$
	lateromedial	$y = 7.829 - 6.676 \ln(x)$	0.828	$P < 0.001$
distal tibia	caudocranial	$y = 1.329 - 9.203 \ln(x)$	0.694	$P < 0.001$
	lateromedial	$y = 2.290 - 7.263 \ln(x)$	0.655	$P < 0.001$
distal fibula	caudocranial	$y = 3.356 - 7.097 \ln(x)$	0.769	$P < 0.001$