

## บทที่ 11

### ขบวนการเจริญเติบโตและการพัฒนาของสัตว์

#### 11.1 ขบวนการเจริญเติบโตของสัตว์ (growth process)

ขบวนการเจริญเติบโตของสัตว์ หมายถึง ขบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาในร่างกายสัตว์ นับตั้งแต่ไข่ถูกผสมจนถึงโตเต็มวัย โดยมีการเปลี่ยนแปลง 2 ชนิดคือ การเพิ่มจำนวนเซลล์และการเพิ่มขนาดของเซลล์ รวมทั้งการสะสมสารในไซโทพลาสซึมของเซลล์ เช่น การสะสมโปรตีนหรือแคลเซียม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการพัฒนา (development) โดยการที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่เฉพาะอย่าง และมีการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนและโครงสร้างของร่างกายอีกด้วย การเจริญเติบโตของสัตว์มี 2 ระยะคือ ระยะก่อนคลอดและระยะหลังคลอด

##### 1. การเพิ่มจำนวนเซลล์ (hyperplasia)

โดยเริ่มจากไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว เกิดขึ้นในช่วงต้นของชีวิตจนเป็นร่างกายสมบูรณ์ ในช่วงนี้จะมีการสะสมเนื้อเยื่อต่าง ๆ เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ การสร้างเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีขีดจำกัด เมื่อเนื้อเยื่อเจริญเติบโตจนสมบูรณ์แล้ว ก็จะหยุดการสร้างเนื้อเยื่อเหล่านี้ เรียก early maturing tissue ได้แก่ เนื้อเยื่อประสาท สมอง และโครงกระดูก ซึ่งเนื้อเยื่อเหล่านี้ไม่มีการเพิ่มจำนวนอีกเลย แต่มีเนื้อเยื่อบางชนิดอาจเพิ่มจำนวนเซลล์ได้บ้างในระยะหลัง เนื้อเยื่อเหล่านี้เรียก later maturing tissue ได้แก่ เนื้อเยื่อผิวหนังและกล้ามเนื้อบางชนิด

##### 2. การเพิ่มขนาดของเซลล์ (hypertrophy)

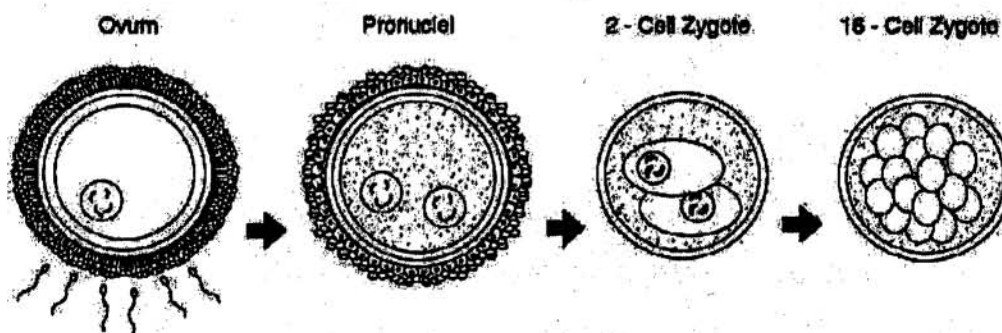
เกิดขึ้นในช่วงหลังคลอดหรือออกจากไข่จนโตเต็มวัย ในช่วงนี้เป็นการเพิ่มปริมาณของไซโทพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์ เพื่อเพิ่มขนาดของเซลล์หรือการขยายตัวของเนื้อเยื่อต่าง ๆ การเจริญเติบโตภายหลังคลอดหรือออกจากไข่ (postnatal growth) นี้เป็นการขยายตัวของเนื้อเยื่อที่เป็นโครงสร้างพวกโครงกระดูก กล้ามเนื้อ และอวัยวะภายในต่าง ๆ

## 11.2 การเจริญเติบโตของสัตว์ในระยะก่อนคลอด (prenatal growth)

การเจริญเติบโตของสัตว์ก่อนคลอด เป็นการเจริญเติบโตและพัฒนาของลูกในท้องของแม่ สัตว์ นับตั้งแต่ไข่ได้รับการผสมแล้ว เป็นไข่เซลล์เดียวจนกระทั่งเจริญเติบโตเป็นตัวสัตว์พร้อมที่จะออกจากท้องของแม่สัตว์ ขณะที่ลูกสัตว์อยู่ในท้องแม่เนื้อเยื่อของร่างกายจะเจริญและพัฒนาเป็นอวัยวะต่าง ๆ จนครบ เพื่อให้สัตว์สามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้ภายนอกร่างกายแม่หลังจากคลอด การเจริญเติบโตของสัตว์ระยะก่อนคลอด แบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ

### 1. การเจริญเติบโตระยะต้น (blastocyst stage หรือ ovum stage)

ไข่ที่ได้รับการผสมกับอสุจิแล้ว จะกลายเป็นคัพภะหรือไซโกต (zygote) ซึ่งเป็นเซลล์เพียงเซลล์เดียวมีขนาดใหญ่ ภายในมีอาหารหรือไข่แดง การเจริญเติบโตในระยะนี้จะเป็นการขยายตัวภายในเปลือกไข่ที่มีขนาดจำกัด เซลล์ภายในแบ่งตัวแบบไมโทซิส (mitosis) หลายครั้งจนได้กลุ่มเซลล์จำนวนมากและอัดกันแน่นคล้ายน้อยหน่าอยู่ภายในเซลล์ใหญ่ แต่ยังไม่แสดงลักษณะแตกต่างกัน เซลล์ในระยะนี้เรียกว่า ระยะมอรูลา (morula) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเซลล์ไข่ไม่มีไข่แดง การแบ่งเซลล์จึงเกิดตลอดทั้งเซลล์เหมือนกันทุกส่วน แต่ในสัตว์ปีกเซลล์ไข่มีไข่แดงมาก การแบ่งเซลล์จะเกิดเฉพาะบริเวณด้านบนของไข่ที่มีนิวเคลียสและไซโทพลาสซึมเท่านั้น ขบวนการแบ่งเซลล์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ค्लीเวจ (cleavage) จากนั้นจะมีของเหลวไหลเข้าไปภายในทำให้เซลล์เรียงตัวเป็นชั้น ๆ ภายในมีช่องว่าง ระยะนี้เรียก ระยะบลาสตูลา (blastula) ซึ่งเป็นระยะสุดท้ายของระยะต้น การเจริญเติบโตระยะนี้ในโคใช้เวลา 11 วัน ในสุกรใช้เวลา 10 วัน ในแกะใช้เวลา 10 วัน



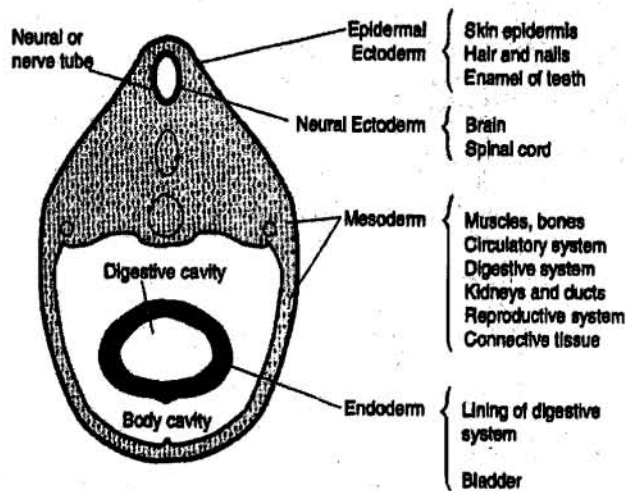
รูปที่ 11.1 ระยะต้น เป็นระยะที่เซลล์เพียงเซลล์เดียวมีการแบ่งตัวเป็นกลุ่มเซลล์จำนวนมากภายในเปลือกไข่ (Herren, 1994)

2. การเจริญเติบโตในระยะตัวอ่อน (embryonic stage) เริ่มจากตัวอ่อนเริ่มฝังตัวเข้ากับมดลูกของแม่ ระยะนี้เซลล์จะมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะ โดยการแบ่งเซลล์ เซลล์ได้รับอาหารจากน้ำเลือด เซลล์จะมีการเคลื่อนที่ในลักษณะต่าง ๆ เช่น มีการนุ่มตัวเข้าไปข้างใน มีการม้วนตัวของเซลล์ และการเคลื่อนที่ของเซลล์ด้านบนลงมาแผ่คลุมเซลล์ด้านล่างทำให้เกิดเป็นชั้นเนื้อเยื่อ 3 ชั้นคือ เนื้อเยื่อชั้นนอก (ectoderm) เนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) และเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm) เนื้อเยื่อแต่ละชั้นจะพัฒนาเป็นอวัยวะต่างชนิดกัน ขบวนการที่เซลล์พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ กัน นี้เรียกว่า morphogenesis การเจริญเติบโตในระยะนี้ในโคใช้เวลา 45 วัน ในสุกรใช้เวลา 36 วัน ในแกะ ใช้เวลา 34 วัน การพัฒนาจากเนื้อเยื่อไปเป็นอวัยวะต่าง ๆ คือ

เนื้อเยื่อชั้นนอก จะพัฒนาไปเป็นหนัง ขน กีบ และระบบประสาท ได้แก่ ไขสันหลัง สมองและเส้นประสาทต่าง ๆ

เนื้อเยื่อชั้นกลาง จะพัฒนาไปเป็นโครงกระดูก กล้ามเนื้อ ระบบหมุนเวียนเลือด และระบบสืบพันธุ์

เนื้อเยื่อชั้นใน จะพัฒนาไปเป็นระบบหายใจ ระบบย่อยอาหาร และอวัยวะภายใน เช่น ตับ ไต ตับอ่อน ปอด เป็นต้น



รูปที่ 11.2 การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ เป็นเนื้อเยื่อ 3 ชั้น ซึ่งเนื้อเยื่อแต่ละชั้นจะพัฒนาเป็นอวัยวะต่างชนิดกัน

ระยะนี้ตัวอ่อนจะเริ่มฝังตัวกับผนังมดลูกของแม่ตัว เนื้อเยื่อของลูกจะยื่นเข้าไปเชื่อมกับเนื้อเยื่อของแม่กลายเป็นรก (placenta) ซึ่งทำหน้าที่ถ่ายเทก๊าซออกซิเจนและสารอาหารจากเส้นเลือดของแม่กับเส้นเลือดของตัวอ่อนโดยการแพร่ (diffusion) นอกจากนี้ยังมีการซึมผ่านของสารต่าง ๆ เช่น ภูมิคุ้มกันโรค ยา และแอลกอฮอล์ เป็นต้น ขณะเดียวกันก็จะมีการถ่ายเทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และของเสียจากตัวลูกมายังแม่ เพื่อระบายออกทางลมหายใจและปัสสาวะ เส้นเลือดจากรกจะเข้าสู่ตัวลูกทางสายสะดือ (umbilical cord)

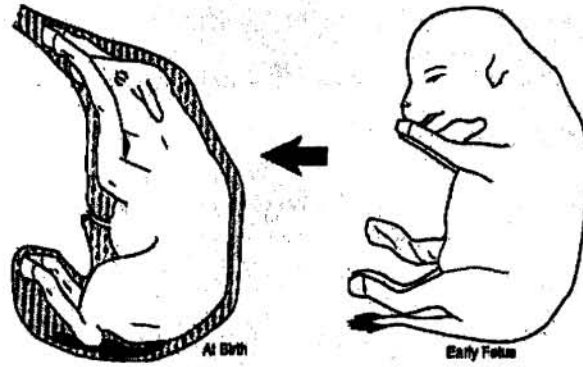
ตัวอ่อนจะมีเยื่อหุ้ม 2 ชั้นคือ แอมเนียน (amnion) และ โครีออน (chorion) นอกจากนี้ยังมี แอลแลนทอยส์ (allantois) และถุงไข่แดง (yolk sac) ด้วย

แอมเนียน เป็นเยื่อหุ้มตัวอ่อนชั้นใน ภายในมีน้ำ เรียกว่า น้ำคร่ำ (amniotic fluid) ช่วยป้องกันการกระแทกกระเทือน ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ช่วยให้ตัวอ่อนเคลื่อนไหวได้อย่างเป็นอิสระ และช่วยหล่อลื่นในระหว่างการคลอด

โครีออน เป็นเยื่อหุ้มตัวอ่อนชั้นนอก มีเส้นเลือดแนบชิดกับผนังมดลูกของแม่

แอลแลนทอยส์และถุงไข่แดง มีบทบาทเกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดงในระยะแรก แต่สัตว์ปีกมีความสำคัญมากกว่าคือ เป็นแหล่งอาหารเลี้ยงตัวอ่อนและช่วยในการหายใจรวมทั้งเก็บของเสียด้วย

**3. การเจริญเติบโตในระยะลูกอ่อน (fetal stage)** ระยะนี้รกของสัตว์จะเจริญขยายตัว และรับอาหารจากเลือดของแม่มาเลี้ยงลูกอ่อน อาหารที่แม่สัตว์ได้รับ ขนาดของแม่สัตว์ ขนาดของรก และจำนวนแป้นที่เกาะของรก (cotyledons) จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและขนาดของตัวอ่อน ระยะนี้ตัวอ่อนจะมีอวัยวะครบถ้วนแต่ยังไม่พร้อมที่จะทำงาน การพัฒนาของอวัยวะต่าง ๆ จะเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน อวัยวะที่มีบทบาทสำคัญคือ ตับ หัวใจ และไต จะทำงานก่อนถึงแม้ว่าตัวอ่อนจะยังได้รับสารอาหารและก๊าซออกซิเจนจากแม่โดยผ่านทางสายสะดือ อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายลูกสัตว์ในท้องจะเจริญเติบโตขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งสมบูรณ์พร้อมที่จะพึ่งตนเองเมื่อใกล้คลอด เมื่อครบกำหนดคลอดร่างกายของแม่จะหลั่งฮอร์โมนออกซีโทซินมากระตุ้นกล้ามเนื้อมดลูกให้บีบตัว ขณะเดียวกันกระดูกเชิงกรานและช่องคลอดจะขยายตัว เพื่อให้ลูกสัตว์คลอดออกมา ทันทีที่ลูกสัตว์ตกถึงพื้น ปอดของลูกสัตว์จะถูกกระตุ้นให้ทำงาน



รูปที่ 11.3 อวัยวะที่สำคัญในร่างกาย เช่น ตมอง หัวใจ ปอด ตับ ถูกพัฒนาในระยะลูกอ่อน (Herren, 1994)

ดังนั้นการเจริญเติบโตในช่วงนี้จึงเป็นการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า เมื่ออายุมากขึ้นการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 11.4

อัตราการเจริญเติบโต



รูปที่ 11.4 อัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ภายในครรภ์

### 11.3 การเจริญเติบโตของสัตว์ในระยะหลังคลอด (postnatal growth)

การเจริญเติบโตของสัตว์หลังคลอด จะมีการเพิ่มขนาดของร่างกาย รวมทั้งมีการพัฒนาของระบบต่าง ๆ ให้สมบูรณ์ การเจริญเติบโตและการพัฒนาของอวัยวะต่าง ๆ เป็นไปในอัตราส่วนไม่เท่ากัน อวัยวะและส่วนของร่างกายที่มีความสำคัญมากกว่าต่อการดำรงชีวิตจะเจริญเติบโตก่อน

ลูกสัตว์ที่คลอดออกมาใหม่ ส่วนหัวจะมีการเจริญเติบโตและมีขนาดใหญ่กว่าส่วนอื่นของร่างกาย เพราะส่วนหัวประกอบด้วยสมอง ซึ่งมีความสำคัญในการควบคุมการทำงานของอวัยวะและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ส่วนขาแม้มิขนาดใหญ่ เพราะต้องใช้ในการยืนและเดินไปดูดนมแม่ และช่วยให้สามารถหลบหลีกศัตรูได้

ส่วนสมอง ศูนย์กลางระบบประสาท หัวใจ และระบบไหลเวียนเลือดของสัตว์ จะมีการพัฒนาอย่างดีแล้วตั้งแต่เกิด อวัยวะเหล่านี้มีความจำเป็น เพราะลูกสัตว์หลังจากถูกขับออกจากท้องแม่จะต้องดำรงชีวิตด้วยตัวของมันเอง

ระบบหายใจและระบบย่อยอาหารของสัตว์จะพัฒนาในระยะต้นหลังจากเกิด

ส่วนขนาดร่างกายของสัตว์จะเจริญเติบโตได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ โครงร่างของกระดูกและกล้ามเนื้อ ซึ่งเซลล์กล้ามเนื้อจะถูกกำหนดมาแล้วตั้งแต่เกิด

ส่วนเซลล์กระดูกจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นทั้งก่อนคลอดและหลังคลอด กระดูกเจริญเติบโต ขาวขึ้น โดยการทำให้เกิดการแข็งตัวของกระดูกอ่อน (cartilage) ในส่วนที่อยู่ด้านปลายของกระดูก กระดูกอ่อนเป็นเนื้อเยื่อที่อ่อนนุ่มกว่ากระดูก เรียก epiphysial plate ซึ่งจะแข็งตัวมากขึ้นเมื่อกระดูกแก่ตัวขึ้น เมื่อกระดูกอ่อนแข็งตัวจนถึงปลายสุด การเจริญเติบโตของกระดูกจะหยุด ขบวนการแข็งตัวของกระดูกอ่อนให้กลายเป็นกระดูกแข็ง (bone) เรียกว่า ออสซิฟิเคชัน (ossification) เมื่อกระดูกโตเต็มที่ประกอบด้วยแร่ธาตุและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ แร่ธาตุที่สำคัญคือ แคลเซียม และฟอสฟอรัส

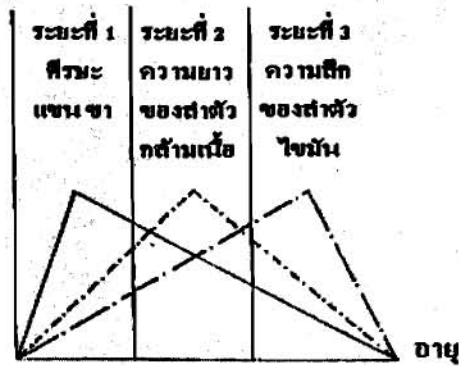
ในระยะตั้งแต่สัตว์อ่อนไปจนวัยหนุ่มสาว (puberty) จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อเลยวัยหนุ่มสาวเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (sexual maturity) การเจริญเติบโตจะค่อย ๆ ช้าลง และต่ำสุดเมื่อโตเต็มวัย (mature) การเจริญของกล้ามเนื้อและกระดูกจะหยุด หลังจากนั้นจะสะสมไขมัน การเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่ได้เป็นไปพร้อมกัน จึงแบ่งการเจริญเติบโตในช่วงนี้เป็น 3 ระยะคือ (รูปที่ 11.5)

ระยะที่ 1 ลูกสัตว์แรกเกิดและลูกสัตว์ในระยะเพ็งหย่านม จะมีการเจริญเติบโตของศีรษะ และขามาก ซึ่งเป็นส่วนของโครงร่างและกระดูก ระยะนี้มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ลูกสัตว์จึงต้องการแร่ธาตุในปริมาณสูง

ระยะที่ 2 สัตว์รุ่น จะมีการเจริญเติบโตทางด้านความยาวลำตัวและกล้ามเนื้อมาก ระยะนี้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ลูกสัตว์จึงต้องการโปรตีนในปริมาณสูง

ระยะที่ 3 สัตว์ขุน ระยะนี้มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จะมีการเจริญเติบโตทางด้านความหนาและความลึกของลำตัว ซึ่งเป็นการสะสมไขมันและกล้ามเนื้อ สัตว์จึงต้องการอาหารพลังงานสูง

**อัตราการเจริญเติบโต**



รูปที่ 11.5 การเจริญเติบโตของสัตว์และการเจริญเติบโตของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

**11.4 การเจริญของตัวอ่อนในสัตว์ปีก (chicken embryology)**

การเจริญของตัวอ่อน (embryo) ของสัตว์ปีก เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นภายหลังจากการปฏิสนธิระหว่างอสุจิกับไข่ ซึ่งจะเกิดที่จุดปฏิสนธิ (germinal disc) หรือบลาสโตเดิม (blastoderm) ภายในท่อปากแตร ก่อนที่ไข่แดงจะถูกห่อหุ้มด้วยไข่ขาว (ดูเรื่องการสร้างไข่ของสัตว์ปีก บทที่ 9) การเจริญเติบโตเริ่มจากเซลล์เพียงเซลล์เดียว มีการเพิ่มจำนวนและขนาดของเซลล์ มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและรวมตัวกันของเนื้อเยื่อกลายเป็นอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งเกิดขึ้นภายนอกตัวไก่ และอาศัยอาหารที่อยู่ภายในฟองไข่ ภายหลังจากปฏิสนธิแล้ว 24 ชั่วโมง จะมีการพัฒนาเป็นเส้นเลือดเชื่อมต่อระหว่างตัวอ่อนกับไข่แดง ซึ่งเป็นอาหารสำหรับตัวอ่อน เส้นเลือดนี้จะทำหน้าที่แทนรก ในการนำอาหารมาเลี้ยงตัวอ่อนและถ่ายเทของเสียออกไป

เชื้อลูกไก่หรือตัวอ่อน (embryo) ในไข่นั้นจะประกอบด้วยเยื่อเซลล์ 3 ชั้น คือ เยื่อเซลล์ชั้นนอก (ectoderm) เยื่อเซลล์ชั้นกลาง (mesoderm) และเยื่อเซลล์ชั้นใน (endoderm) เยื่อเซลล์ทั้ง 3 ชั้นนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของการเจริญต่อไปเป็นอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายลูกไก่

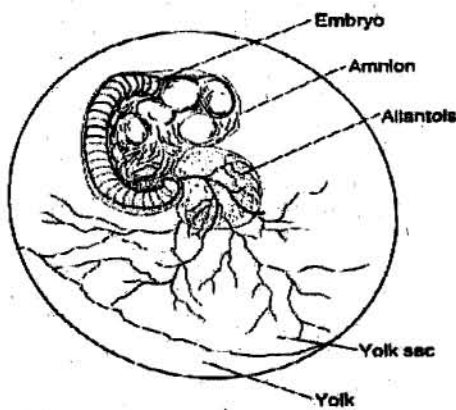
เยื่อเซลล์ชั้นนอก จะพัฒนาไปเป็นผิวหนัง ขน ปาก เล็บเท้า ระบบประสาท เยื่อบุปากไก่ และปากทวาร เลนส์และจอภาพของลูกตา

เยื่อเซลล์ชั้นกลาง จะพัฒนาไปเป็นกระดูก กล้ามเนื้อ อวัยวะสืบพันธุ์ และระบบขับถ่าย

เยื่อเซลล์ชั้นใน จะพัฒนาไปเป็นอวัยวะหายใจ อวัยวะกลั่นฮอร์โมนหรือต่อมไร้ท่อต่าง ๆ และเยื่อในระบบทางเดินอาหาร

เมื่อมีการจัดกลุ่มเซลล์ของอวัยวะต่าง ๆ เสร็จแล้ว รูปร่างของจุดกำเนิดจะเปลี่ยนแปลงไป จากเดิมที่เป็นรูปจานกลายเป็นรูปแพร์ (pear shaped) ทำให้เห็นส่วนหน้า (anterior) และส่วนหลัง (posterior) โดยส่วนหน้าจะมีขนาดกว้างกว่าส่วนหลัง ระยะนี้ตัวอ่อนจะมีอายุฟักได้ 15 ชั่วโมง

ในระยะ 24 ชั่วโมงแรกของการฟักตัวอ่อนจะมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จุดกำเนิดขยายใหญ่และครอบคลุมไข่แดงทั้งหมด จะเริ่มเห็นส่วนหัวของลูกไก่ ระบบประสาท ระบบย่อยอาหาร และระบบเส้นเลือด ในวันที่ 2 หัวใจเริ่มเต้น ในวันที่ 3 จมูก ขา และปีกเริ่มปรากฏ ในวันที่ 4 อวัยวะต่าง ๆ ครบถ้วน ตัวอ่อนจะมีเยื่อหุ้ม 2 ชั้นคือ แอมเนียน (amnion) และ โครีออน (chorion) ส่วนเยื่อแอลแลนทอยส์ (allantois) ในช่วงแรกจะเป็นที่เก็บของเสีย แต่ภายหลังจะรวมกับโครีออน เป็น chorioallantios ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มไข่ที่อยู่ติดกับเปลือก เยื่อนี้ทำหน้าที่เสมือนอวัยวะหายใจแทนปอด อวัยวะขับถ่ายของลูกไก่ โดยดูดซึมก๊าซออกซิเจนเข้ามาภายในเพื่อเลี้ยงตัวอ่อนและขับถ่ายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป นอกจากนี้ยังดูดซึมสารอาหารจากไข่ขาวและแคลเซียมจากเปลือกมาหล่อเลี้ยงตัวลูกไก่ และเป็นที่เก็บของเสียจากไตด้วย ส่วนถุงไข่แดง (yolk sac) จะเป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวอ่อน เนื่องจากตัวอ่อนไม่มีรกที่จะนำอาหารจากแม่มาเลี้ยง ไข่แดงจะถูกเก็บไว้ในช่องท้องและใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนในวันแรกที่ออกจากไข่ จึงทำให้สามารถขนส่งลูกไก่ไปได้ไกล ๆ โดยไม่จำเป็นต้องรีบให้อาหารแก่ลูกไก่ในวันแรก ในวันที่ 5 ระบบสืบพันธุ์เริ่มพัฒนาเป็นเพศผู้และเพศเมีย จนถึงวันที่ 18-19 ลูกไก่เจริญสมบูรณ์เตรียมพร้อมที่จะเจาะเปลือกไข่ออกมา พอวันที่ 21 ลูกไก่จะเปลือกไข่ทางด้านป้านจนเกือบรอบแล้วคันทัวออกมาจากเปลือกไข่ ใช้เวลาประมาณ 10-20 ชั่วโมง



รูปที่ 11.6 ตัวอ่อนของไก่อายุ 5 วัน (Herren, 1994)



## 11.5 การเจริญเติบโตของกระดูก

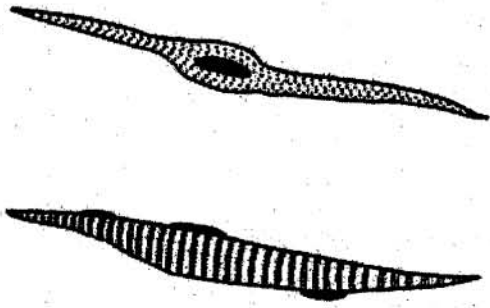
กระดูกเป็นเนื้อเยื่อที่มีการเจริญเติบโต มีเซลล์เกิดและตายตลอดชีวิต การเจริญเติบโตของกระดูกมี 2 ระยะดังนี้

1. การเจริญเติบโตของกระดูกในระยะก่อนคลอด กระดูกเจริญขึ้นมาจากเซลล์เนื้อเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) โดยเซลล์จะแยกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เซลล์กระดูก (osteoblasts) ซึ่งเป็นเซลล์สร้างกระดูก เซลล์ทำลายกระดูก (osteoclasts) และเซลล์รักษาคูมครองกระดูก (osteocytes) ผลของการทำงานของเซลล์ทั้ง 3 กลุ่มนี้ ทำให้กระดูกเจริญต่อเนื่องกันจนประกอบเป็นกระดูกตามแนวแกนนอน (axial) ได้แก่ กระดูกสันหลังตั้งแต่คอถึงหาง กระดูกซี่โครง กระดูกอก และกะโหลก อีกส่วนหนึ่งเป็นกระดูกตามแนวขวาง (appendicular) ได้แก่ กระดูกไหล่ กระดูกก้นกบ กระดูกแขน และกระดูกขา

2. การเจริญเติบโตของกระดูกในระยะใกล้คลอด เมื่อลูกอ่อนใกล้คลอดการเจริญของกระดูกตอนปลายของกระดูกยาวทั้งหมด เช่น กระดูกแขนและกระดูกขา จะมีการเจริญเติบโตต่อไป โดยมีกระดูกอ่อนเป็นเบาะรองแทรกกลาง

## 11.6 การสร้างกล้ามเนื้อหรือเนื้อแดง

กล้ามเนื้อเป็นเซลล์ที่มีคุณสมบัติหดตัวได้ เซลล์กล้ามเนื้อจึงมีลักษณะยาวไม่ใช่เซลล์กลม เซลล์กล้ามเนื้อต่างจากเซลล์ประเภทอื่นคือ มีรูปร่างค่อนข้างยาว ภายในมีนิวเคลียสมากกว่าหนึ่ง (รูปที่ 11.7) เซลล์กล้ามเนื้อเกิดจากเยื่อชั้นกลาง (mesoderm) ซึ่งแยกตัวออกตั้งแต่ระยะตัวอ่อน เซลล์กล้ามเนื้อถูกกำหนดมาตั้งแต่เกิด จำนวนเซลล์กล้ามเนื้อทั้งร่างกายสัตว์เป็นลักษณะทางพันธุกรรมและมีจำนวนคงที่ ภายหลังจากคลอดเซลล์กล้ามเนื้อจะเจริญเติบโตในลักษณะเพิ่มขนาดของเซลล์ แต่แทบจะไม่เพิ่มจำนวนเซลล์ แต่การที่สัตว์บางตัวมีขนาดของมัดกล้ามเนื้อใหญ่มากกว่าปกติ เป็นเพราะมีการเจริญเติบโตของใยกล้ามเนื้อไม่ใช่เกิดจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ ดังนั้นการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สัตว์ที่มีความสามารถทางพันธุกรรม สำหรับการพัฒนาเซลล์กล้ามเนื้อที่ให้จำนวนเซลล์กล้ามเนื้อมาก จึงมีความสำคัญในสัตว์ที่ให้เนื้อ



รูปที่ 11.7 เซลล์กล้ามเนื้อต่างจากเซลล์ประเภทอื่นคือ มีรูปร่างค่อนข้างยาว ภายในมีนิวเคลียสมากกว่าหนึ่ง (Herren, 1994)

หน้าที่ของกล้ามเนื้อ คือ การหดตัว ทำงานร่วมกับเนื้อเยื่อพังผืด (connective tissue) ซึ่งห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อ การหดตัวของใยกล้ามเนื้อต้องใช้พลังงาน กล้ามเนื้อจึงมีเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก เพื่อส่งอาหารและนำของเสียออกนอกร่างกาย

สัดส่วนของเนื้อเยื่อพังผืดกับกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับคามเหนียวนุ่ม (tenderness) ของเนื้อสัตว์ กล้ามเนื้อที่ทำงานมากจะมีเนื้อเยื่อพังผืดมาก ทำให้มีความเหนียวมากตามสัดส่วนของเนื้อเยื่อพังผืด การเจริญของกล้ามเนื้อจะแตกต่างกันตามวัย (สัตว์ที่มีอายุมากจะมีเนื้อเยื่อพังผืดมาก ทำให้เนื้อเหนียว) อาหารที่กิน ตำแหน่งของกล้ามเนื้อ การทำงานของกล้ามเนื้อ พันธุ์ เพศ และกรรมพันธุ์

### 11.7 ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของร่างกายสัตว์อยู่ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมนหลายชนิด ที่สำคัญที่สร้างฮอร์โมนเกี่ยวกับการเจริญเติบโต ได้แก่ ต่อมใต้สมอง (pituitary) ต่อมไทรอยด์ (thyroid) อัณฑะ (testis) รังไข่ (ovary) และต่อมหมวกไต (adrenal gland) ดังตารางที่ 11.1 หากฮอร์โมนเหล่านี้มีมากหรือน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตได้

ผู้เลี้ยงสัตว์สามารถนำฮอร์โมนสังเคราะห์มาใช้ในการผลิตสัตว์ โดยการฝัง (implant) เข้าไปในตัวสัตว์ เช่น ที่ใบหู หรือท้ายทอย ฮอร์โมนที่ฝังจะค่อย ๆ ปล่อยออกมา เพื่อกระตุ้นการเจริญเติบโตและทำให้คุณภาพซากดีขึ้น

การตอนสัตว์เพศผู้โดยการตัดอัณฑะออก เช่น ไนโค แกะ และสุกร มีผลทำให้การเจริญเติบโตช้าลงและเพิ่มไขมันสะสม ดังตารางที่ 11.1 เนื่องจากอัณฑะผลิตฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนมากกระตุ้นการเจริญเติบโตในระดับที่แน่นอน เมื่ออัณฑะถูกตัดออกไป ผลผลิตของฮอร์โมนจะหยุด จึงมีผลกระทบต่อเจริญเติบโตและปริมาณเนื้อแดงและไขมันในร่างกายสัตว์ ผลกระทบ

อย่างน้อยแค้โหนขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ ตารางที่ 11.2 แสดงให้เห็นว่า โคและแกะเพศเมียมีอัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมันต่ำสุด ร่างกายส่วนใหญ่ประกอบด้วยไขมันมากกว่าเนื้อแดง สัตว์เพศผู้ไม่ตอน (uncastrated male) มีอัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมันสูงสุดและสัตว์เพศผู้ตอนรองลงมา อย่างไรก็ตามก็ตามสุกรเพศผู้ตอน (barrow) มีอัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมันน้อยกว่าสุกรสาว เพราะว่ามันโตเต็มที่เร็วและมีการสะสมไขมันมากกว่าสุกรสาว สัตว์ที่มีอัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมันสูงที่สุดจะมีไขมันแทรกตามกล้ามเนื้อ (marbling) น้อยที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โคตัวผู้

ตารางที่ 11.1 ฮอร์โมนสำคัญที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของสัตว์

| ฮอร์โมน                                     | แหล่ง                                    | หน้าที่หลัก  |
|---|--|--|
| Growth hormone (GH) หรือ Somatotropin (STH) | Anterior pituitary (ต่อมใต้สมองส่วนหน้า) | ควบคุมการเจริญเติบโตทั่วไปของร่างกาย กระตุ้นการแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์โปรตีน และการสร้างกระดูก ทำให้เนื้อเยื่อต่าง ๆ มีจำนวนและขนาดของเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น |
| Glucocorticoids                             | Adrenal cortex (ต่อมหมวกไตชั้นนอก)       | ควบคุมเมตาบอลิซึมของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต กระตุ้นการเปลี่ยนโปรตีนและไขมันเป็นคาร์โบไฮเดรต ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูง  |
| Thyroxin                                    | Thyroid (ต่อมธัยรอยด์)                   | ควบคุมเมตาบอลิซึมของร่างกาย กระตุ้นการเจริญของกระดูกอ่อนขาว จำเป็นต่อการเจริญและการพัฒนาการของร่างกาย โดยเฉพาะสมอง   |
| Estrogen                                    | Follicle และ Placenta (รังไข่และรก)      | การเจริญเติบโตของอวัยวะเพศเมีย ลักษณะทางเพศเมีย การเจริญของต่อมน้ำนม ยับยั้งการเจริญของกระดูก และช่วยสร้างและสะสมโปรตีน  |
| Testosterone                                | Testicles (อัณฑะ)                        | เร่งการสะสมกล้ามเนื้อ ลักษณะทางเพศผู้ และการสร้างอสุจิ   |

ตารางที่ 11.2 เพศของสัตว์มีผลกระทบต่ออัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมันของร่างกาย

| อัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมัน | โค (cattle)         | แกะ (sheep)           | สุกร (swine)      |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| สูงที่สุด                 | โคตัวผู้ (bull)     | แกะตัวผู้ (ram)       | สุกรตัวผู้ (boar) |
| ปานกลาง                   | โคตัวผู้ตอน (steer) | แกะตัวผู้ตอน (wether) | สุกรสาว (gill)    |
| ต่ำสุด                    | โคสาว (heifer)      | แกะตัวเมีย (ewe)      | สุกรตอน (Barrow)  |

ที่มา : Herren (1994)

## 11.8 การสร้างไขมัน

การสร้างไขมันเริ่มที่ระยะตัวอ่อน (embryonic stage) โดยมีเซลล์กลุ่มหนึ่งแยกตัวแสดงความแตกต่างจากเซลล์ทั่วไป เซลล์ไขมันมีสีขาว มีเม็ดไขมันอยู่ภายในเซลล์รูปทรงกลม เมื่อเซลล์ไขมันอยู่ในเซลล์แล้วจะไม่มี การแบ่งเซลล์อีกต่อไป หลังจากสัตว์คลอดแล้ว การสะสมไขมันจะเพิ่มขึ้น โดยการขยายตัวของเซลล์ไขมันและขยายส่วนเก็บไขมันให้ใหญ่ขึ้น จนกลายเป็นเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ต่อไป สัตว์เพศผู้และเพศเมียจะมีการสะสมไขมันแตกต่างกัน เช่น โคเพศเมียสะสมไขมันได้มากที่สุด โคเพศผู้ตอนจะสะสมไขมันได้มากกว่าโคเพศผู้ไม่ตอน สุกรเพศเมียจะสะสมไขมันได้น้อยกว่าสุกรเพศผู้ตอน ไขมันในตัวสัตว์จะเกิดขึ้นเป็นจุด ๆ และขยายตัวออกไปหลายแห่งดังนี้

1. ไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) ใต้ผิวหนังเป็นตำแหน่งที่มีไขมันสะสมมากที่สุด ไขมันใต้ผิวหนังจะสะสมอยู่เป็นชั้น ๆ โดยมีเยื่อหุ้มคั่นอยู่ระหว่างชั้นไขมัน ไขมันใต้ผิวหนังมีอยู่ 3 ชั้นคือ ไขมันชั้นนอกสุดเกิดก่อนชั้นอื่นและมีความหนาไม่มากนัก ไขมันชั้นกลางจะมีความหนามาก และไขมันชั้นในเกิดขึ้นในระยะหลังสุดและจะหุ้มอยู่รอบเนื้อสัน สุกรประเภทเนื้อจะมีไขมันชั้นกลางและชั้นในน้อยกว่าสุกรประเภทมัน

2. ไขมันรอบไต (kidney fat) เป็นไขมันที่เกิดขึ้นในขณะที่ตัวยังเล็ก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามการเจริญเติบโต ปริมาณไขมันรอบไตเป็นเครื่องบ่งชี้ว่าสัตว์มีการสะสมไขมันในร่างกายมากน้อยเพียงใด

3. ไขมันระหว่างกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) เป็นไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อใหญ่ โดยเฉพาะในส่วนของอวัยวะที่มีการเคลื่อนไหวมาก และระหว่างกระดูกกับกล้ามเนื้อ

เนื้อ ไขมันชนิดนี้ถ้ามีอยู่มากเกินไปจะทำให้คุณภาพของเนื้อสัตว์ต่ำลง โดยเฉพาะคอนไหล่ของสุกรและตอนอกของเนื้อโค (chuck)

**4. ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat)** เป็นไขมันที่แทรกอยู่ในใยกล้ามเนื้อ (marbling) เป็นไขมันที่ทำให้เนื้อมีรสชาติ ไขมันนี้เกิดขึ้นในระยะหลังเมื่อทำการขุนสัตว์ให้อ้วนหรือเกิดตั้งแต่สัตว์ระยะเล็กที่ได้รับอาหารสมบูรณ์

### 11.9 ช่วงอายุของสัตว์ (Aging in Animal)

ช่วงอายุ (aging) เป็นช่วงเวลาจากเกิดถึงตาย สัตว์ที่มีอายุมากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงในทางถดถอยจนในที่สุดก็ตาย เมื่อสัตว์ยังเล็กจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจนถึงระยะเจริญพันธุ์ (puberty) อัตราการเจริญเติบโตจะช้าลงเป็นลำดับ จนกระทั่งระยะโตเต็มวัย (mature) ร่างกายจะหยุดเจริญเติบโต คือ ไม่มีการสะสมโปรตีนเพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการสะสมไขมัน กระดูกจะเปลี่ยนจากกระดูกอ่อน (cartilage) เป็นกระดูกแข็ง (bone) การบอกรอายุสัตว์สามารถบอกได้จากการวัดการเปลี่ยนแปลงของกระดูกภายหลังสัตว์ถูกฆ่า เรียกว่า physiological age ส่วนอายุจริงของสัตว์ เรียกว่า chronological age

เมื่อสัตว์ย่างเข้าสู่วัยชรา ลักษณะทางกายภาพจะเปลี่ยนแปลงไป ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความเร็วจะค่อย ๆ เสื่อมสมรรถภาพลง ระบบประสาทเสื่อมลง อวัยวะสืบพันธุ์จะหลังฮอร์โมนน้อยลง ความต้านทานโรคลดลง ผลผลิตลดลง และเกิดรอยเหี่ยวย่นจากการที่คอลลาเจนและโปรตีนมีความยืดหยุ่นน้อย ตามปกติสัตว์จะถูกคัดทิ้ง (cull) เมื่อมีอายุมากขึ้น เช่น โคนมที่อายุ 10-11 ปี สุกรแม่พันธุ์ที่อายุ 2-3 ปี แกะตัวเมียที่อายุ 7-8 ปี ปัจจัยที่มีผลต่อความยาวของชีวิตสัตว์หรือการให้ผลผลิตของสัตว์ อาจเนื่องมาจากพันธุกรรมหรือสภาพแวดล้อม

### 11.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์

การเจริญเติบโตของสัตว์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างคือ

1. ความสามารถทางพันธุกรรม (heridity) มีขนาดตามที่พ่อแม่ถ่ายทอดมา
2. สิ่งแวดล้อม (environment) ได้แก่ อากาศ โรงเรือน เป็นต้น
3. อาหาร (nutrition) สัตว์แต่ละชนิดและแต่ละระยะมีความต้องการสารอาหารต่างกัน

## คำถามท้ายบท

### ข้อความต่อไปนี้กล่าวถูกหรือผิด

- .....1. prenatal กล่าวถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นก่อนสัตว์คลอด ส่วน postnatal กล่าวถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังคลอด
- .....2. การเจริญเติบโตก่อนคลอดแบ่งเป็น 3 ระยะคือ ovum, embryonic และ trimester
- .....3. รก มีประโยชน์ในการดูดซึมสารอาหารและป้องกันการกระทบกระเทือนให้ตัวอ่อน
- .....4. ฮอร์โมนกระตุ้นการทำงานของอวัยวะและควบคุมขบวนการของร่างกาย
- .....5. อัตราส่วนเนื้อแดงต่อไขมันต่ำ หมายถึง ร่างกายของสัตว์มีไขมันมากกว่าเนื้อแดง
- .....6. หลังจากที่ไขมันถูกสะสมภายในกล้ามเนื้อแล้ว ไขมันที่เหลือจะถูกสะสมระหว่างกล้ามเนื้อ และสุดท้ายไขมันจะสะสมในช่องท้อง
- .....7. อวัยวะภายใน เช่น ตับและระบบย่อยอาหารถูกพัฒนาจากเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm)
- .....8. สัตว์แต่ละชนิดจะมีการเจริญเติบโตในอัตราใกล้เคียงกัน
- .....9. จำนวนเซลล์กล้ามเนื้อทั้งร่างกายสัตว์มีจำนวนคงที่ ภายหลังจากคลอดเซลล์กล้ามเนื้อจะเจริญเติบโตในลักษณะเพิ่มขนาดของเซลล์ไม่เพิ่มจำนวน
- ..... 10. การเจริญเติบโตของกระดูกมาจากขบวนการแข็งตัวของกระดูกอ่อน

## บรรณานุกรม

คณาจารย์ภาควิชาสัตวบาล. 2525. หลักการเลี้ยงสัตว์เบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตร-  
ศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. พื้นฐานสัตวศาสตร์. ภาควิชา  
สัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุวรรณ พรหมทอง. 2536. อาหารและการให้อาหารสัตว์. คณะเกษตรศาสตร์บางพระ  
(พระนครศรีอยุธยา หันตรา) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, พระนครศรีอยุธยา.

Herren, R.V. 1994. The Science of Animal Agriculture. Delmar Publishers Inc., New York.