บทที่ 9

ระบบกล้ามเนื้อ

Muscular system

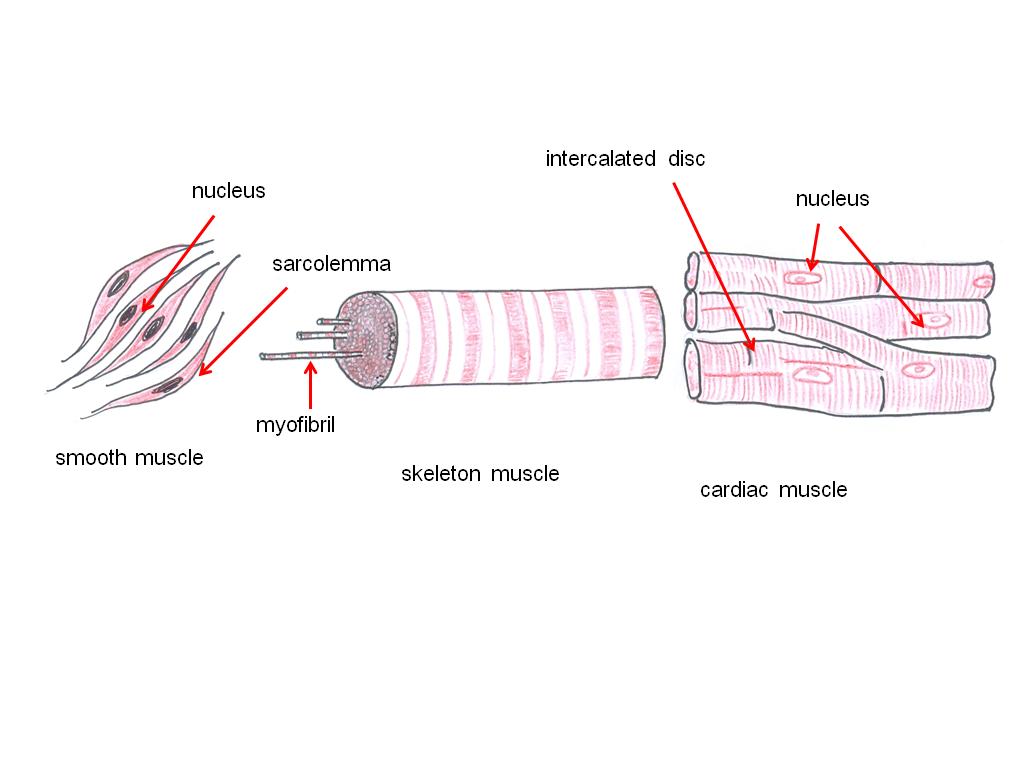
ระบบกล้ามเนื้อมีความสำคัญในการศึกษาด้านกายวิภาคศาสตร์ในสัตว์เลี้ยง เนื่องจากร้อยละ 50 ของน้ำหนักตัวสัตว์ หรือมากกว่า ประกอบไปด้วยส่วนของกล้ามเนื้อชนิดต่างๆได้แก่ กล้ามเนื้อลาย (striated muscle or striped muscle or skeleton muscle) กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle or visceral muscle) และ กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle) กล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อโครงร่างเป็นกล้ามเนื้อที่มีปริมาณมากที่สุดในร่างกายและมักเป็นกล้ามเนื้อที่เกาะกับกระดูกโครงร่าง กล้ามเนื้อทุกชนิดในร่างกายจะมีคุณสมบัติโดยทั่วไปหลายๆอย่างเหมือนกัน มีบางชนิดเท่านั้นที่มีคุณสมบัติพิเศษออกไป คุณสมบัติโดยทั่วไปของกล้ามเนื้อได้แก่ การไวต่อการตอบสนองต่อสิ่งเร้า (irritability or excitability) การหดตัว (contractility) การคลายตัวหรือยืดตัว (extensibility) และการมีความสามารถในการนำไฟฟ้า (conductibility and electrogenesis) เพื่อส่งกระแสประสาท หรือกระแสความรู้สึกได้เช่นเดียวกับเซลล์ประสาท กล้ามเนื้อทุกชนิดในร่างกายมีหน้าที่โดยตรงในการหดตัว (contraction) และการคลายตัว (relaxation) เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของอวัยวะหรือ การเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆของร่างกายไปในทิศทางต่างๆ เช่น การหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อลายที่เป็นส่วนประกอบของขาหน้าและขาหลัง จะทำให้ร่างกายมีการเคลื่อนไหวในทิศทางที่สัตว์ต้องการ ส่วนการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบของท่อทางเดินอาหารในระบบย่อยอาหาร จะมีผลให้อาหารที่กินเข้าไปเคลื่อนตัวไปตามส่วนต่างๆของท่อทางเดินอาหารได้ สำหรับการหดตัวและการคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจนั้น จะมีส่วนช่วยในการนำอาหาร และก๊าซออกซิเจนไปตามส่วนของร่างกายผ่านทางระบบการไหลเวียนของเลือดได้

1.ประเภทของกล้ามเนื้อ

ในร่างกายของสัตว์เลี้ยงสามารถแบ่งกล้ามเนื้อออกเป็นชนิดต่างๆได้ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน เช่น การแบ่งประเภทของกล้ามเนื้อตามตำแหน่งของร่างกาย การแบ่งกล้ามเนื้อตามรูปร่างของเซลล์ที่เห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ หรือการแบ่งตามการควบคุมการทำงานของร่างกาย ดังนี้

ก. การแบ่งตามตำแหน่งบนร่างกาย เช่น กล้ามเนื้ออก กล้ามเนื้อขาหน้า และกล้ามเนื้อท้อง

ข. การแบ่งตามรูปร่างของเซลล์ที่เห็นเมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์ สามารถแบ่งกล้ามเนื้อออกเป็นกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ



ภาพที่ 9.1 เซลล์กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อลายและกล้ามเนื้อหัวใจ

ค. การแบ่งตามหน้าที่ควบคุมการทำงานของร่างกาย สามารถแบ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ควบคุมการทำงานของร่างกายออกเป็น กล้ามเนื้อโครงร่าง หรือ กล้ามเนื้อลายที่เป็นกล้ามเนื้อที่ยึดเกาะติดกับกระดูกโครงร่างของร่างกายสัตว์ กล้ามเนื้อเรียบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในที่อยู่ภายในช่องอกและช่องท้อง และกล้ามเนื้อหัวใจที่ควบคุมการเต้นของหัวใจ โดยกล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อหัวใจจะเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ

1.1 กล้ามเนื้อเรียบ (smooth muscle)

กล้ามเนื้อเรียบเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานโดยไม่อยู่ในอำนาจจิตใจ หรือเรียกว่าอยู่นอกอำนาจจิตใจ (involuntary muscle) มักเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างของอวัยวะภายใน เช่น ผนังท่อทางเดินอาหาร ผนังท่อในระบบขับถ่าย ผนังของระบบสืบพันธุ์ และเป็นส่วนประกอบของผนังเส้นเลือดและต่อมต่างๆ กล้ามเนื้อเรียบจะถูกกระตุ้นหรือถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ เมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อลายและกล้ามเนื้อหัวใจแล้ว กล้ามเนื้อเรียบจะเป็นกลุ่มของกล้ามเนื้อที่มีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงน้อยกว่า จึงหดตัวได้ช้ากว่ากล้ามเนื้อลาย เนื่องจากมีการเรียงตัวที่ไม่เป็นระเบียบของโปรตีนแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) ในเซลล์กล้ามเนื้อ และมีซาร์โคพลาสมิกเร็คติกคูลั่ม (sarcoplasmic reticulum) ที่เจริญเติบโตไม่ดีเท่ากับเซลล์กล้ามเนื้อลาย จึงทำให้อิออนของแคลเซียม (Ca++) ที่จำเป็นต้องใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ต้องซึมผ่านซาร์โคเล็มม่าเข้ามาจากภายนอก แล้วจึงกระจายเข้าไปในซาร์โคพลาสซึม การทำงานของกล้ามเนื้อเรียบเกิดขึ้นจากการกระตุ้นของระบบประสาทอัตโนมัติ ทั้งแบบซิมพาทิติก (sympathetic) และพาราซิมพาทิติก (parasympathetic) โดยมีผลในทางตรงข้ามกัน กล้ามเนื้อเรียบสามารถตอบสนองต่อสารเคมี เช่น อโทรปินซัลเฟต (atropine sulfate) และรวมทั้งสารเคมีที่ผลิตจากเซลล์ประสาท เช่น อะเซททิวโคลีน (acetylcholine) และ ออพิเนพฟิน (epinephrine)

1. จุลกายวิภาคของกล้ามเนื้อเรียบ

เซลล์ของกล้ามเนื้อเรียบจัดเป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่มีรูปแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อนเท่ากับในเซลล์ของกล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อหัวใจ เซลล์มีรูปร่างยาวมีปลายทั้งสองข้างเรียวแหลม ตรงกลางเซลล์จะป่องออก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีนิวเคลียสอยู่ เซลล์จึงดูคล้ายรูปกระสวย (spindle) ภายในเซลล์จะเรียบและไม่มีลาย เนื่องจากโปรตีนแอกติน และไมโอซินไม่เรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบเช่นเดียวกับเซลล์กล้ามเนื้อลาย ความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบจะต่างกัน ๆ ไปขึ้นกับอวัยวะที่เป็นส่วนประกอบ เซลล์กล้ามเนื้อเรียบเป็นเซลล์ชนิดเดี่ยว ๆ มีนิวเคลียสรูปไข่เพียง 1 อันอยู่ตรงกลางเซลล์ ไซโตพลาสซึมของเซลล์เรียกว่า ซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) แต่ละเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ (muscle fiber) มีเยื่อหุ้มเซลล์ เรียกว่าซาร์โคเล็มม่า (sarcolemma) กล้ามเนื้อเรียบสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก. กล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะภายใน หรือวิสเซอร์รัลสมูทมัสเซิล (visceral smooth muscle) เป็นกล้ามเนื้อเรียบที่พบมากที่สุดในร่างกายของสัตว์เลี้ยง พบตามผนังอวัยวะภายในที่มีลักษณะเป็นท่อต่าง ๆ เช่น พบตามผนังท่อทางเดินอาหาร ผนังท่อทางเดินปัสสาวะและผนังท่อของระบบสืบพันธุ์ กล้ามเนื้อชนิดนี้จะมีการเรียงตัวกันแบบพิเศษ เนื่องจากส่วนหนึ่งของซาร์โคเล็มม่าของแต่ละเซลล์กล้ามเนื้อจะเชื่อมต่อกันโดยเน็กซัส (nexus or tight junction) ส่วนของเน็กซัส (nexus) จะเป็นส่วนที่มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำ จึงมีความสำคัญในการทำให้คลื่นไฟฟ้าจากเซลล์หนึ่งแผ่กระจายไปกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ ได้ง่าย ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์กล้ามเนื้อแบบนี้จึงทำให้มีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงน้อยมาก ซึ่งต่างจากเซลล์กล้ามเนื้อลาย

ข. มัลติยูนิตสมูทมัสเซิล (multiunit smooth muscle) กล้ามเนื้อเรียบชนิดนี้มีประมาณ 1 % ของกล้ามเนื้อเรียบทั้งหมดในร่างกาย เป็นกล้ามเนื้อเรียบชนิดที่ไม่มีส่วนของเน็กซัส (nexus) ทุกเซลล์ของกล้ามเนื้อเรียบจึงมีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงเช่นเดียวกับเซลล์กล้ามเนื้อลาย จึงมีลักษณะการหดตัวแบบเดียวกับกล้ามเนื้อลาย แต่ยังคงเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่นอกอำนาจจิตใจ กล้ามเนื้อเรียบชนิดนี้พบได้ที่ม่านตา และกล้ามเนื้อที่รูขุมขนบริเวณผิวหนัง เป็นต้น

1. สรีรวิยาของกล้ามเนื้อเรียบ

กล้ามเนื้อเรียบเป็นกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติเฉพาะ ได้แก่ การมีคุณสมบัติในการปรับตัวตามแรงยืด (plasticity or receptive relaxation) คุณสมบัตินี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงดัน หรือเมื่อกล้ามเนื้อเรียบได้รับการกดหรือทับผ่านจากสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น กระเพาะอาหารที่มีอาหารเข้าไปอยู่จนเต็ม หรือมดลูกที่มีตัวอ่อนอยู่ในขณะที่มีการตั้งท้อง กล้ามเนื้อเรียบจะคลายตัวทำให้มีขนาดเพิ่มขึ้น หรือเพิ่มขนาดได้ การมีคุณสมบัติหดตัวได้เอง (automaticity) เป็นคุณสมบัติพิเศษอีกอย่างหนึ่งของกล้ามเนื้อเรียบ เนื่องจากมีกลุ่มเซลล์พิเศษที่เรียกว่าเพทมารคเกอร์ (pace maker) ซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้ามากระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบหดตัวได้

การทำงานของวิสเซอร์รัลสมูทมัสเซิล (visceral smooth muscle) มีลักษณะการหดตัวแบบเดียวกับกล้ามเนื้อหัวใจ คือมีการหดตัวโดยไม่ต้องมีการกระตุ้นจากภายนอกได้ การหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบยังเกิดจากปฏิกิริยาตอบสนองต่อการยืด (stretching) เช่น ขบวนการเพอรีสทอลซีสหรือการขย่อน (peristalsis) ที่พบในท่อทางเดินอาหาร เมื่อมีอาหารอยู่ภายในท่อทางเดินอาหารกล้ามเนื้อบางส่วนจะตอบสนองด้วยการหดตัวอย่างรุนแรง ทำให้อาหารเคลื่อนที่ไปยังส่วนต่อไปของท่อทางเดินอาหาร ลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียบที่ตอบสนองต่อการยืดอาจพบได้ในส่วนของกระเพาะปัสสาวะ และมดลูกของสัตว์ขณะเกิดการตั้งท้อง ซึ่งร่างกายต้องผลิตฮอร์โมนมาควบคุมการหดตัว คือฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนจากรังไข่ โดยทั่วไปกล้ามเนื้อเรียบจะมีการหดตัวที่รุนแรงกว่ากล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบจะต่างกับกล้ามเนื้อลายที่มีเส้นประสาทมาหล่อเลี้ยงน้อย เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อไม่ต้องใช้การกระตุ้น หรือสั่งการจากระบบประสาทส่วนกลาง แต่เส้นประสาทที่มาที่กล้ามเนื้อเรียบเป็นเส้นประสาทอัตโนมัติเช่นเดียวกับเส้นประสาทที่มาหล่อเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจ แต่จะให้ผลตรงกันข้ามโดยการกระตุ้นจากเส้นประสาทซิมพาทิติกจะไปลดการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ แต่การกระตุ้นจากเส้นประสาทพาราซิมพาทิติกจะไปเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบแทน

การทำงานของมัลติยูนิตสมูทมัสเซิล (multiunit smooth muscle) จะมีการหดตัวที่ไม่รุนแรงเหมือนวิสเซอร์รัลสมูทมัสเซิล การหดตัวของกล้ามเนื้อไม่ได้เกิดขึ้นเอง แต่ต้องถูกกระตุ้น หรือได้รับคำสั่งจากกระแสประสาทที่จำเพาะจากระบบประสาทอัตโนมัติเพื่อให้เกิดการหดตัวเท่านั้น เนื่องจากการทำหน้าที่ของมัลติยูนิตสมูทมัสเซิลจะเกิดขึ้นเฉพาะที่ เช่น กล้ามเนื้อที่ม่านตา ซิลิอารีของตา ที่ผนังเส้นเลือดขนาดเล็กและท่อทางเดินหายใจขนาดเล็ก ๆ ที่พบได้ในเนื้อปอด ปฏิกิริยาของการทำงานของของมัลติ ยูนิตสมูทมัสเซิลจะมีลักษณะที่จำเพาะ และมีการควบคุมด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้สิ่งที่ควบคุมนั้นทำงานไปได้ด้วยดี เช่น การปรับขนาดรูของม่านตา การปรับขนาดเลนซ์ และเกี่ยวข้องกับปรับขนาดของเส้นเลือดเพื่อควบคุมการไหลเวียนของเลือดไปทั่วร่างกาย รวมทั้งการปรับขนาดของท่อทางเดินหายใจเพื่อให้การไหลเวียนของอากาศผ่านปอดเป็นไปอย่างทั่วถึง

1.2 กล้ามเนื้อหัวใจ (cardiac muscle)

กล้ามเนื้อหัวใจพบได้ที่เดียวในร่างกายคือที่หัวใจ กล้ามเนื้อนี้จะพัฒนามาจากเซลล์ชั้นกลาง (mesoderm) ของกลุ่มเซลล์ที่จะเจริญเป็นหัวใจ (primitive heart tube) จัดเป็นกล้ามเนื้อลายชนิดหนึ่ง เนื่องจากเซลล์เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีลายเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อลาย แต่กล้ามเนื้อหัวใจมีลักษณะหลายอย่างที่แตกต่างไปจากกล้ามเนื้อลายและมีลักษณะบางอย่างที่เหมือนกับกล้ามเนื้อเรียบ

1. จุลกายวิภาคของกล้ามเนื้อหัวใจ

เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจเป็นเซลล์ที่มีโครงสร้างภายในเซลล์เช่นเดียวกับเซลล์กล้ามเนื้อลาย แต่ละเซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจจะไม่แยกออกจากกันเป็นเซลล์เดี่ยว ๆ แต่จะมีส่วนเชื่อมต่อกันคล้ายตาข่าย (syncytial arrangement) ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของกล้ามเนื้อหัวใจ เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจมีขนาดเล็กกว่าเซลล์กล้ามเนื้อลาย ในแต่ละเซลล์มีนิวเคลียสเพียงหนึ่งอันเท่านั้น แต่มีไมโตคอนเดรียมากกว่า

1. สรีรวิยาของกล้ามเนื้อหัวใจ

กล้ามเนื้อหัวใจเป็นกล้ามเนื้อที่มีคุณสมบัติเฉพาะได้แก่ การมีคุณสมบัติหดตัวได้เองอย่างอัตโนมัติ (automaticity) เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อเรียบ การตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นจะมีลักษณะคล้ายกล้ามเนื้อลาย(refractory periods) กล้ามเนื้อหัวใจเป็นกล้ามเนื้อที่ไม่อยู่ในอำนาจจิตใจหรืออยู่นอกอำนาจจิตใจ ทำงานภายใต้การควบคุมของระบบประสาทอัตโนมัติ กล้ามเนื้อหัวใจมีการทำงานอย่างไม่มีการหยุดพัก มีทั้งการหดตัวและการคลายตัวสลับกันไป การหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเรียกว่าซีสโทร (systole) การคลายตัวเรียกว่าไดเอสโทร (diastole) กล้ามเนื้อหัวใจจะเรียกว่าไมโอคาเดียม (myocardium) ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจมีเส้นเลือดและเส้นน้ำเหลืองมาหล่อเลี้ยงมากมาย โดยเฉพาะระบบเลือดที่มาหล่อเลี้ยงหัวใจโดยตรงเรียกว่าโคโรนารี่เซอคิวเลชั่น (coronary circulation) เป็นระบบเส้นเลือดที่มีเลือดแดงที่บริสุทธิ์มากกว่าเส้นเลือดแดงในส่วนอื่นของร่างกาย เราสามารถตรวจสอบความสามารถของหัวใจได้จากการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) ซึ่งมีหน่วยเป็น ครั้ง/นาที

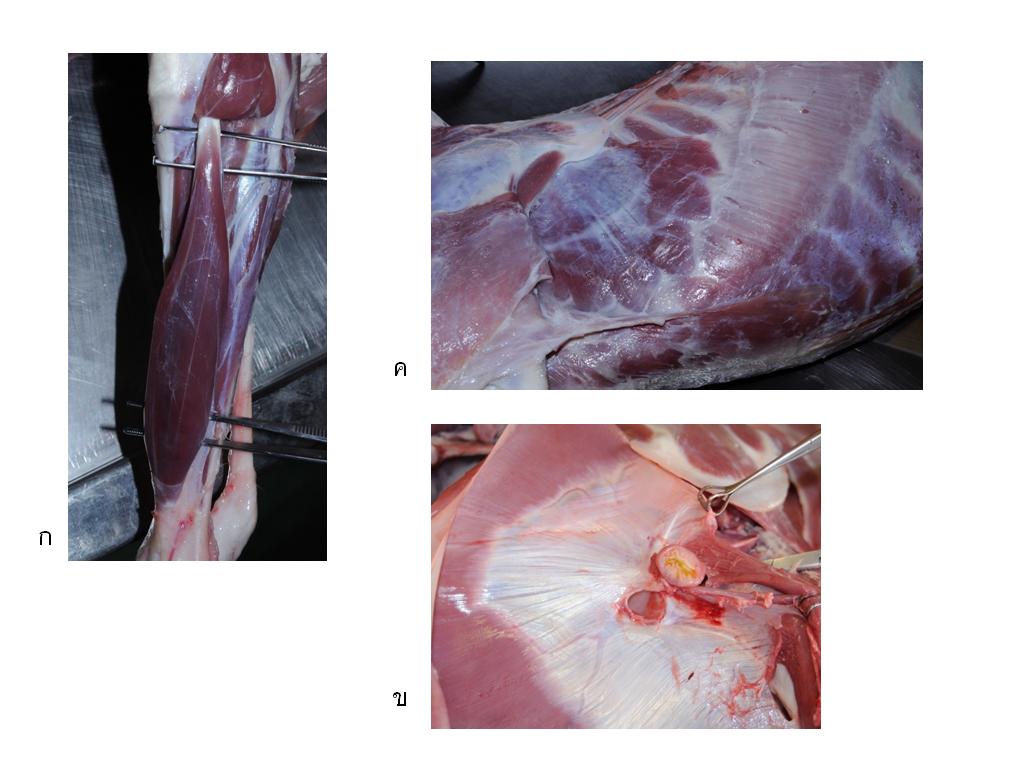
1.3 กล้ามเนื้อลาย (striated muscle)

กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่มีมากที่สุดในร่างกาย มักจะยึดติดกับกระดูกโดยมีเอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) ที่ใช้เป็นส่วนยึดเกาะ อาจเรียกกล้ามเนื้อลายอีกอย่างหนึ่งว่ากล้ามเนื้อโครงร่าง (skeleton muscle) เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อลายจะดึงกระดูกที่ยึดเกาะอยู่ให้เคลื่อนที่ไปด้วย จึงทำให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวตามไปด้วย

1. กายวิภาคของกล้ามเนื้อลาย (anatomy of striated muscle)

กล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อโครงร่างเป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่ยึดติดกับกระดูก กล้ามเนื้อลายแต่ละมัดจะมีรูปร่างต่างกันไป แต่ละมัดกล้ามเนื้อที่ยึดกับกระดูก เรียกว่า เบลลี (belly) ซึ่งถูกล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน 3 ชั้น ชั้นนอกสุดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสีขาวเหนียว เรียกว่าเอพิไมเซียม (epimysium or deep fascia) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดเนื้อแน่น (dense connective tissue) ชั้นเอพิไมเซียมจะเป็นชั้นที่มีเส้นเลือดและเส้นประสาทขนาดใหญ่ ซึ่งจะแทงทะลุผ่านเอพิไมเซียมเข้าไปเลี้ยงมัดกล้ามเนื้อย่อย ๆ ที่อยู่ด้านใน ภายในกล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่ล้อมรอบด้วยเอพิไมเซียมจะมีกล้ามเนื้อมัดย่อยๆหลายๆมัดรวมกัน แต่ละมัดกล้ามเนื้อเล็กนี้ เราเรียกว่า บันเดิล (bundle or fasciculi) โดยมีส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มาห่อหุ้มเรียกว่า เพอริไมเซียม (perimysium) กล้ามเนื้อมัดเล็กที่ห่อหุ้มด้วยเพอริไมเซียมนี้ยังประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือ เซลล์กล้ามเนื้อ (muscle fiber) หลายๆเซลล์มาเรียงต่อขนานกัน แต่ละเซลล์กล้ามเนื้อจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมาห่อหุ้ม เรียกว่า เอ็นโดไมเซียม (endomysium) ซึ่งเป็นชั้นบางๆของเส้นใยเรคติคิวล่าร์ (reticular fiber) ที่ห่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อไว้ ภายในเอ็นโดไมเซียมจะมีเส้นเลือดฝอยและเส้นประสาทขนาดเล็กแทรกตัวอยู่ โดยแทรกตัวตามผิวด้านนอก (outer surface) ของเซลล์กล้ามเนื้อ บางส่วนของเอ็นโดไมเซียม เพอริไมเซียม และเอพิไมเซียมจะมารวมกัน เกิดเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีลักษณะเป็นแถบสีขาวมีความเหนียวเรียกว่า เอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) ทำหน้าที่ยึดกล้ามเนื้อให้ติดกับกระดูก การเชื่อมต่อกันของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของมัดกล้ามเนื้อนี้ จะมีผลให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวได้พร้อม ๆ กัน เนื่องจากส่วนที่ห่อหุ้มกล้ามเนื้อนี้จะอยู่กันอย่างหลวม ๆ กล้ามเนื้อลายในแต่ละส่วนของร่างกายจะมีความเหนียว หรือนุ่มแตกต่างกันไป ขึ้นกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและเนื้อเยื่อไขมันที่เป็นส่วนประกอบ เช่น กล้ามเนื้อขาจะเหนียวกว่ากล้ามเนื้อสันหลัง เป็นต้น นอกจากนี้ความนุ่มความเหนียวของกล้ามเนื้อยังขึ้นกับอายุ เพศ ตำแหน่งและการทำงานของกล้ามเนื้อ

เมื่อพิจารณาถึงการเรียงตัวของแต่ละเซลล์กล้ามเนื้อลายจะเห็นว่า มีลักษณะการเรียงตัวของเซลล์กล้ามเนื้อที่แตกต่างกันไป เช่น กล้ามเนื้อท้อง หรือกล้ามเนื้อกระบังลม มีเซลล์กล้ามเนื้อที่เรียงตัวกันเป็นแผ่นบางๆ กล้ามเนื้อท้องจึงเป็นกล้ามเนื้อรูปร่างแบน ส่วนกล้ามเนื้อน่องเซลล์กล้ามเนื้อจะเรียงตัวเป็นรูปกระสวย (spindle) กล้ามเนื้อบางชนิดมีการเรียงตัวเป็นรูปแฉก (penni form) หรือ รูปขนนก (feather form) การเรียงตัวของเซลล์กล้ามเนื้อดังกล่าวนี้สามารถนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการเรียกชื่อกล้ามเนื้อ ในส่วนต่างๆของร่างกายสัตว์ได้เช่นกัน



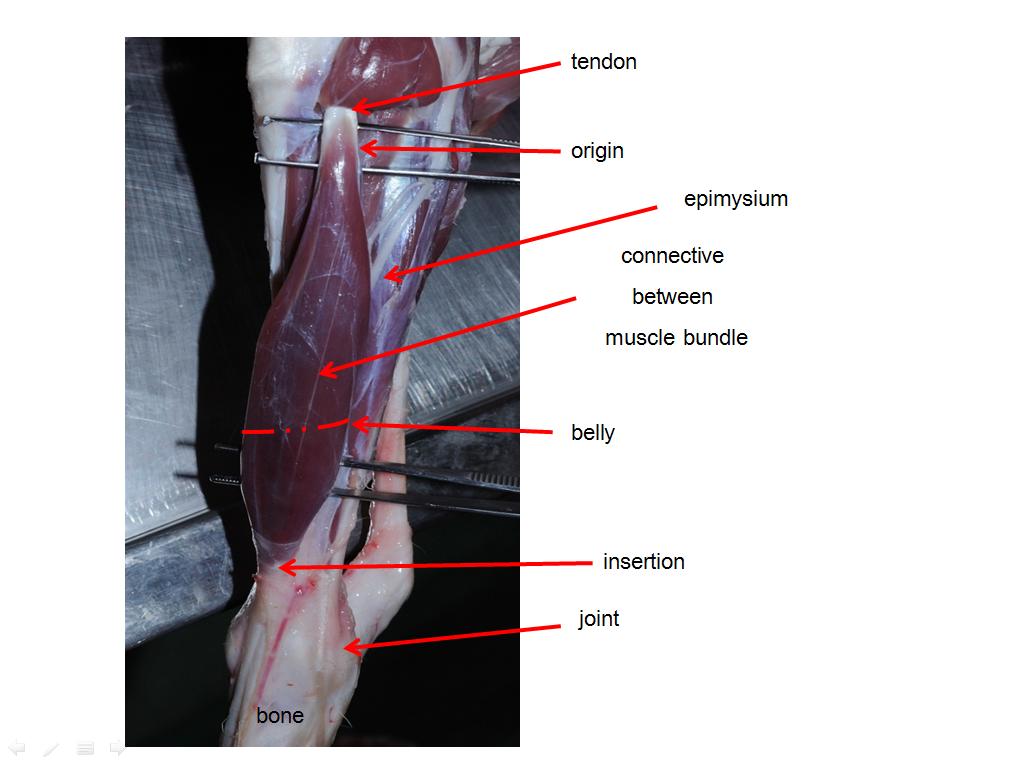
ภาพที่ 9.2 ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์กล้ามเนื้อที่แตกต่างกันไปในแพะ ก. กล้ามเนื้อน่อง

ข. กล้ามเนื้อกระบังลม ค. กล้ามเนื้อข้างลำตัว

1. การยึดเกาะของกล้ามเนื้อลาย

โดยทั่วไปมัดกล้ามเนื้อลายจะยึดติดกับปลายสองข้างของกระดูกโดยใช้เอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เหนียวใช้เป็นส่วนยึดเหนี่ยว แต่มีกล้ามเนื้อบางส่วนของร่างกายที่ใช้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่กว้างใช้ในการยึดเกาะกับกระดูก หรือมัดกล้ามเนื้ออื่นเรียกว่าอะโพนิวโรซีส (aponeurosis) เช่น ลิเนียแอลบา (linea alba) มองเห็นเป็นเนื้อเยื่อสีขาวเป็นแนวยาวระหว่างกล้ามเนื้อบนเส้นกลางตัวบริเวณด้านล่างของลำตัว ทำหน้าที่เชื่อมกล้ามเนื้อท้อง หรือกล้ามเนื้อผนังช่องท้องแต่ละข้างของลำตัว และเป็นตำแหน่งที่ใช้แบ่งซากเป็นด้านซ้ายและด้านขวา หรือเป็นตำแหน่งที่ใช้ในการผ่าตัดเปิดช่องท้อง

กล้ามเนื้อลายที่ยึดเกาะกระดูกจะมีจุดยึดเกาะอยู่ 2 แห่ง คือ จุดเกาะต้น (origin) และจุดเกาะปลาย (insertion) จุดเกาะต้น หมายถึงส่วนปลายมัดกล้ามเนื้อที่อยู่ใกล้กับแนวกลางตัวของร่างกายอาจเรียกว่า ส่วนต้น (proximal) ของกล้ามเนื้อ จุดเกาะต้นเป็นจุดที่ไม่มีการเคลื่อนไหวเมื่อกล้ามเนื้อมัดนั้นมีการหดตัว โดยทั่วไปปลายของกล้ามเนื้อนี้อาจเป็นแผ่นกว้าง หรือเกาะมาจากกระดูกหลายชิ้น หรือหลายตำแหน่งบนกระดูก ส่วนจุดเกาะปลายจะหมายถึงปลายมัดกล้ามเนื้อที่อยู่ไกลจากแนวกลางตัวของร่างกาย มักจะเป็นส่วนปลาย (distal) ของมัดกล้ามเนื้อ จุดเกาะปลายมักเป็นส่วนของเอ็น (tendon) หรือพังผืดที่หุ้มมัดกล้ามเนื้อ หรืออะโพนิวโรซีส (aponeurosis) ซึ่งเป็นจุดที่เคลื่อนไหวได้ กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ (voluntary muscle) จึงถูกควบคุมโดยรีเฟล็กซ์ (reflex) ของระบบประสาทส่วนกลางที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ



ภาพที่ 9.3 กล้ามเนื้อลาย และการยึดเกาะกระดูก

1. จุลกายวิภาคของกล้ามเนื้อลาย (microanatomy of muscle)

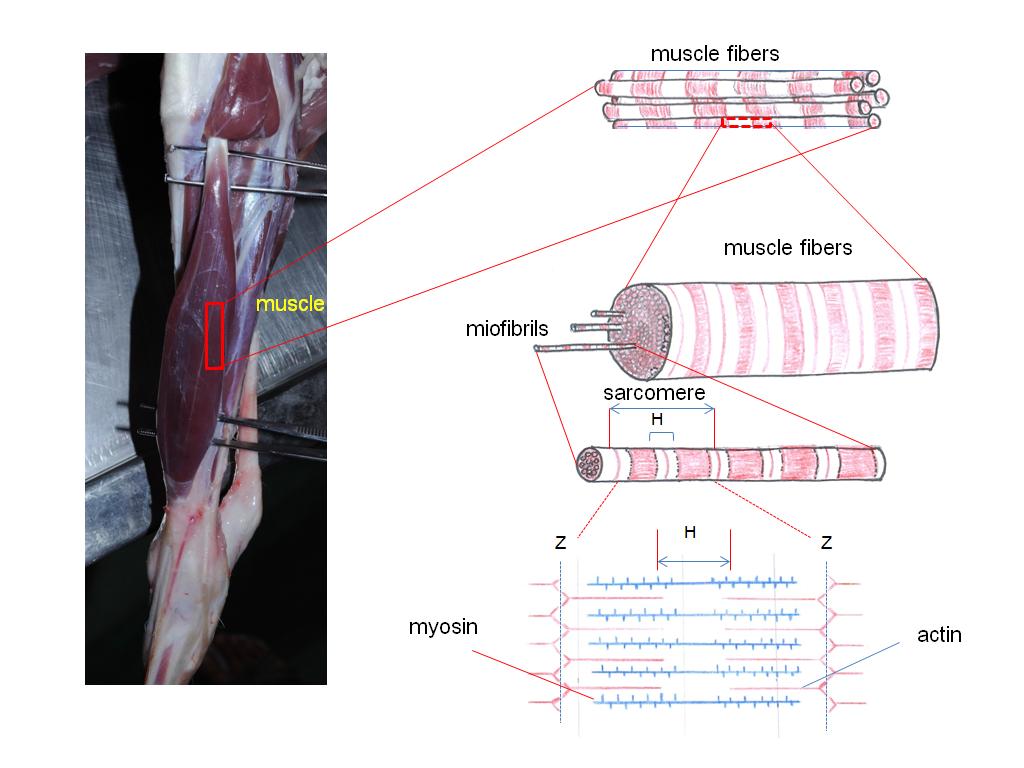
เซลล์กล้ามเนื้อลาย (muscle cell) เป็นเซลล์มีขนาดใหญ่ รูปร่างค่อนข้างยาวและแคบ จึงมองคล้ายกับเส้นใยกล้ามเนื้อ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่ามัสเซิลไฟเบอร์ (muscle fiber) ลักษณะสำคัญของเซลล์คือมีนิวเคลียสหลายอันอยู่ที่ขอบเซลล์ แต่ละเซลล์กล้ามเนื้อจะถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อหุ้มเซลล์ เรียกว่าซาร์โคเล็มม่า เซลล์กล้ามเนื้อลายทุกเซลล์จะมีเส้นประสาทมาควบคุม จึงสามารถหดตัวได้ เส้นประสาทที่มาควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อลายจะเรียกว่าโซมาติกมอเตอร์เนิฟ (somatic motor nerve) เป็นเส้นประสาทสั่งการที่ออกจากไขสันหลังซึ่งจะส่งเอ๊กซอนออกจากส่วนเนื้อสีเทาด้านล่าง (ventral gray horn)

กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยเซลล์กล้ามเนื้อลาย (muscle cell) หลายๆ เซลล์ แต่ละเซลล์จะเรียงตัวต่อกันเป็นเส้นยาวโดยไม่มีผนังกั้น จึงมองคล้ายกับเส้นใยกล้ามเนื้อและเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ามัสเซิลไฟเบอร์ (muscle fiber) เซลล์กล้ามเนื้อลายเป็นเซลล์มีขนาดใหญ่ รูปร่างค่อนข้างยาวและแคบ คล้ายทรงกระบอกแต่ปลายทั้งสองข้างแหลม เซลล์มีความยาวประมาณ 1-40 มม.แต่ละเซลล์มีหลายนิวเคลียส นิวเคลียสมีรูปไข่อยู่รอบ ๆ ใต้เยื่อหุ้มเซลล์หรือซาร์โคเล็มม่า (sarcolemma) หรือส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์ทั่ว ๆ ไปในร่างกาย ภายในซาร์โคเล็มม่าของแต่ละเซลล์กล้ามเนื้อจะประกอบด้วยเส้นใยเล็กๆมากมายประมาณ 100 หรือ 1,000 อัน เรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือไมโอไฟบริล (myofibril or muscle fiber) แต่ละเซลล์กล้ามเนื้อจะเรียงตัวขนานกันอย่างเป็นระเบียบ ซาร์โคเล็มม่าของเซลล์กล้ามเนื้อจะอยู่ติดกับส่วนของเอ็นโดไมเซียม ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นในสุด บริเวณซาร์โคเล็มม่าของทุกเซลล์กล้ามเนื้อจะมีปลายของประสาทสั่งการปรากฏอยู่ (motor nerve fiber) เรียกว่าบัตทอนเทอร์มินัล (button terminal) โดยบริเวณที่มีปลายประสาทมาสัมผัสนี้ จะทำหน้าที่ในการนำกระแสประสาทโดยใช้สารเคมีเป็นสื่อนำเช่น อะเซทิลโคลีน(acetylcholine) เซลล์กล้ามเนื้อลายทุกเซลล์จะมีเส้นประสาทมาควบคุมจึงสามารถหดตัวได้

เมื่อนำชิ้นกล้ามเนื้อลายมาย้อมสีแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้กำลังขยายสูง จะเห็นว่ามีลายตามขวางของแต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อหรือไมโอไฟบริล (myofibril) ลายที่เกิดขึ้นนี้จะเห็นเป็นแถบทึบแสงและแถบจางแสงสลับกันไปมา ซึ่งเกิดจากการเรียงตัวของไมโอฟิลาเมนต์ (myofilament) ที่ประกอบด้วยโปรตีนในกล้ามเนื้อ 2 ชนิด คือไมโอซิน (myosin) ที่เป็นโปรตีนชนิดหนา (thick filament) และแอกติน (actin) หรือโปรตีนชนิดบาง (thin filament) ทั้งแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) จะเรียงตัวซ้อนเหลื่อมกันไป บริเวณใดที่มีโปรตีนทั้งสองชนิดซ้อนกันอยู่จะเห็นเป็นสีเข้ม เรียกว่าดาร์ตแบน (dark band) หรือเอแบน (A-band, anisotropic band) ส่วนบริเวณที่มีเฉพาะโปรตีนแอกตินอย่างเดียวซ้อนกันอยู่จะเห็นเป็นสีจาง หรือสีขาวเรียกว่าไลท์แบน (light band) หรือไอแบน (I-band, isotropic band) ส่วนช่องที่อยู่ระหว่างปลายของแอกติน เรียกว่าเอชแบน (H-band) จะเห็นเป็นแถบสีจางอยู่กลางเอแบน (A-band) ระหว่างกึ่งกลางของไอแบน (I-band) จะมีเส้นติดสีทึบคั่นอยู่เรียกว่าซีไลน์ (Z-line) และระยะระหว่างซีไลน์ (Z-line) ทั้งสองเส้นจะเรียกว่า ซาร์โคเมียร์ (sarcomere) ซึ่งจัดเป็นโครงสร้างและหน่วยทำหน้าที่ของ ไมโอไฟบริล (myofibril) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวปลายของแอกตินที่อยู่ข้างเดียวกันจะหดตัวเข้าหากัน ทำให้ส่วนเอชแบน (H-band) หายไปและไอแบน (I-band) แคบลง แต่เอแบน (A-band) ยังคงเดิมและระยะระหว่างซีไลน์ (Z-line) หรือซาร์โคเมียร์ (sarcomere) จะแคบหรือหดเข้าหากัน (ซาร์โคเมียร์หดสั้นลง)

โปรตีนไมโอซิน (myosin) ประกอบด้วยหน่วยเล็กๆหลายชนิดได้แก่ ไลท์เทนเมอรริโอไมโอซิน หรือแอลเอ็มเอ็ม (lighten meromyosin, LMM) และ เฮพวีเมอรริโอไมโอซินหรือเอชเอ็มเอ็ม (heavy meromyosin, HMM) ส่วนของเอชเอ็มเอ็ม (HMM) เป็นส่วนที่ยื่นโผล่ออกมาจากไมโอซินเมื่อดูจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอน เมื่อส่วนเอชเอ็มเอ็ม (HMM) จะยื่นไปเกี่ยวติดอยู่กับแอกติน (actin) ทำให้เกิดเป็นสารแอกโตไมโอซิน (actomyosin) ส่วนการเกี่ยวกันของไมโอซิน (myosin) และแอกติน (actin) จะเรียกว่า ครอสบริต (cross bridge) ส่วนนี้มีเอ็นไซม์ที่สำคัญคือเอทีพีแอส (ATPase) มาเกี่ยวข้อง ส่วนของแอกโตไมโอซิน (actomyosin) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการเกาะกันของไมโอซซิน และแอกติน โดยมีเอ็นไซม์เอทีพีแอส (ATPase) และ อิออนของแคลเซียม (Ca++) เป็นตัวเร่งปฏิกริยา สำหรับแอลเอ็มเอ็ม (LMM) เป็นโปรตีนที่ไม่มีคุณสมบัติทางชีวเคมี

ส่วนโปรตีนแอกตินเป็นโปรตีนในกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วย โกลบูล่าร์แอกติน หรือจีแอกติน (globular actin monomers, G-actin) เรียงกันเป็นวงรอบแท่งโปรตีน (filamentous protein) ที่เรียกว่า โปรตีนโทรไมโอซิน (tromyosin) และมีโปรตีนขนาดเล็ก ๆ เรียกว่าโปรตีนโทรโพนิน (troponin) แทรกตัวอยู่ระหว่างเกลียวของจีแอกติน (G-actin)

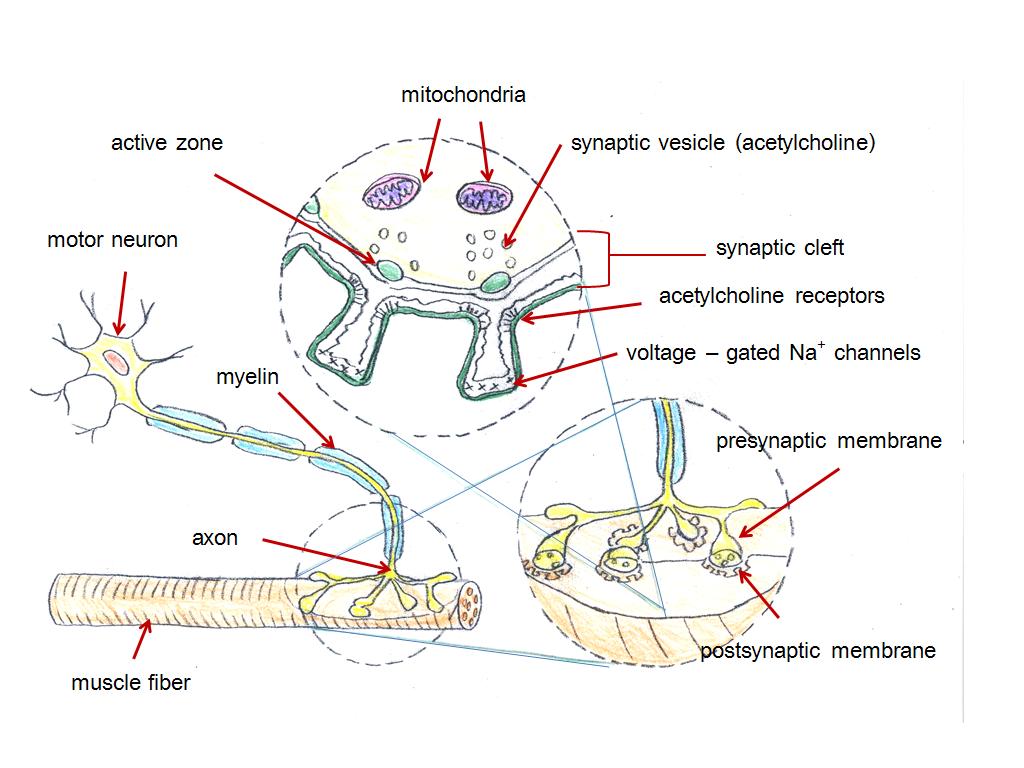


ภาพที่ 9.4 จุลกายวิภาคของกล้ามเนื้อลาย

ที่มา : ดัดแปลงจาก Klein and Cunningham (2013)

1. สรีรวิทยาของกล้ามเนื้อลาย

กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ โดยระบบประสาทส่วนกลางจะส่งคำสั่งหรือกระแสประสาทผ่านมาทางเส้นประสาทสั่งการ (motor neuron) มาที่เซลล์กล้ามเนื้อทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว โดยเส้นใยประสาทหนึ่งเส้นและเซลล์กล้ามเนื้อที่เส้นใยประสาทส่งกระแสประสาทมาสั่งการรวมกันเรียกว่ามอเตอร์ยูนิต (motor unit) เส้นใยประสาทแต่ละเส้นสามารถส่งกระแสประสาทไปยังเซลล์กล้ามเนื้อได้มากกว่าหนึ่งเซลล์ได้ เช่นกล้ามเนื้อที่ต้องมีการเคลื่อนไหวอย่างแรงและต้องใช้กำลังมากอาจต้องใช้เซลล์กล้ามเนื้อลายมากกว่า 100 เซลล์ต่อหนึ่งมอเตอร์ยูนิต แต่กล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวอย่างช้าๆและแผ่วเบา เช่นกล้ามเนื้อที่ตาอาจมีเซลล์กล้ามเนื้อลายเพียงสองถึงสามเซลล์เท่านั้นต่อหนึ่งมอเตอร์ยูนิต สำหรับส่วนปลายสุดของเส้นใยประสาทสั่งการที่มาอยู่ใกล้กับเซลล์กล้ามเนื้อลายจะเรียกว่านิวโรมาสคิวลาร์จังชั่น (neuromuscular junction) สำหรับช่องว่างเล็กๆที่เกิดขึ้นระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อลายหรือซาร์โคเล็มม่า (sarcolemma) และเยื่อหุ้มเซลล์ที่ปลายสุดของเส้นใยประสาท เรียกว่า ไซแนปส์ทิกสเปส (synaptic space) โดยทั่วไปส่วนปลายส่วนของเส้นใยประสาทจะโป่งออกเป็นกระเปาะหรือถุง ภายในมีถุงเล็กๆ (vesicles) ที่มีสารสื่อประสาท (neurotransmitter) บรรจุอยู่ภายใน เช่น อะเซทิลโคลีน (acetylcholine) เมื่อกระแสประสาทผ่านมาตามเส้นใยประสาทก็จะกระตุ้นให้อะเซทิลโคลีน (acetylcholine) ถูกปล่อยออกมาจากถุง แล้วออกจากเยื่อหุ้มของปลายประสาทมาที่ช่องว่างตรงไซแนปส์ทิกสเปส (synaptic space) จากนั้นอะเซทิลโคลีน (acetylcholine) จะไปจับกับตัวรับจำเพาะที่เยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อลาย ซึ่งจะเป็นการเริ่มต้นของการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อลายต่อไป



ภาพที่ 9.5 การทำงานของกล้ามเนื้อลายผ่านมาทางเส้นประสาทสั่งการ (motor neuron)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Klein and Cunningham (2013)

1. การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

ทฤษฎีที่ใช้อธิบายการหดตัวของกล้ามเนื้อ อาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าทฤษฏีการเลื่อนเข้าหากันของไมโอฟิลาเมนต์ (sliding filament theory) จัดเป็นทฤษฎีที่ได้จากการสังเกตการหดตัวของกล้ามเนื้อ (เซลล์กล้ามเนื้อ) พบว่า ส่วนของเอแบน (A-band) จะมีความยาวคงที่ แต่ไอแบน (I-band) และเอชแบน (H-band) มีความยาวที่ลดลง โดยที่ความยาวของไมโอซิน (thick filament) และแอกติน (thin filament ) ไม่เปลี่ยนแปลง แสดงให้เห็นว่าจะต้องมีการเลื่อน (sliding) ของแอกติน (thin filament) mujแทรกลึกลงไปในเอแบน (A-band) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการซ้อนหรือการโอเวอร์แลบ (overlap) ของไมโอซิน (thick filament) และแอกติน (thin filament) ซึ่งมีผลให้ซาร์โคเมียร์ (sarcomere) มีขนาดเล็กลง และกล้ามเนื้อเกิดการหดตัว กลไกในการหดตัวที่สำคัญคือ

เมื่อกล้ามเนื้ออยู่ในระยะพัก (resting stage) ATP จะจับอยู่กับเอทีพีแอส (ATPase site) ที่อยู่บนไมโอซิน (myosin head site) ทำให้เอทีพี (ATP) ไม่มีอิสระที่จะแตกตัวเพื่อให้พลังงานได้ เนื่องจากขบวนการแตกตัวเพื่อให้พลังงานนี้จะต้องการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (co-factor) คือ (myosin-actin interaction) การที่ไมโอซิน (myosin) กับแอกติน (actin) จับตัวกันไม่ได้ จะเกิดจากการที่จุดเกาะของไมโอซิน (myosin binding site) บนโมเลกุลของแอกติน (actin) มีโทรโพนิน (troponin) และโทรโพไมโอซิน (tropomyosin) มาขวางอยู่

กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้น เมื่อมีกระแสประสาทมาที่ปลายประสาทตรงมอเตอร์เอ็นเพลท (motor end plate) กระแสประสาทจะทำให้เกิดระยะไม่มีขั้ว (depolarization) ของซาร์โคเล็มม่า (sarcolemma) มีผลให้เกิดการปลดปล่อยแคลเซียมอิออน (Ca++) ที่อยู่ในซาร์โคพลาสมิคเรคติคิวลัม (sarcoplasmic reticulum) ออกมาที่ซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) แคลเซียมอิออน (Ca++) อิสระที่ออกมาจะจับตัวกับโทรโพนิน (troponin) มีผลทำให้โทรโพนิน (troponin) เกิดการเปลี่ยนแปลงและผลักให้เกิดการเคลื่อนที่ของไมโอซิน (myosin) ไมโอซินจึงไปจับกับ (binding site) ของจีแอกติน (G-actin) ได้ เอทีพี (ATP) จึงสามารถแตกตัวให้พลังงานได้ พลังงานนี้จะทำให้เกิดการหักงอของส่วนเอชเอ็มเอ็ม (HMM) ของไมโอซิน (myosin) ที่เป็นครอสบริต (cross bridge) กับแอกติน (actin) ทำให้เส้นใยของแอกติน (actin filament) เคลื่อนฝังตัวลงไปในเอแบน (A-band) และซีไลน์ (Z-line) ของแต่ละซาร์โคเมียร์ (sarcomere) ถูกดึงเข้าหากัน กล้ามเนื้อจึงเกิดการหดตัว แต่ละครั้งของการหดตัว จะเกิดขึ้นโดยครอสบริต (cross bridge) เป็นร้อยๆอันทำงานพร้อม ๆ กัน หลังจากที่เกิดการหักงอของการครอสบริต (cross bridge) ระหว่างแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) แล้ว เอทีพี (ATP) ที่ยังคงมีอยู่ภายในซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) จะทำให้การครอสบริต (cross bridge) ถูกทำลาย โดยส่วนหัว (head) ของไมโอซิน (myosin) จะถูกยกออกจากแอกติน (actin) เพื่อเตรียมพร้อมที่จะจับกับแอกติน (actin) โมเลกุลใหม่ที่เคลื่อนเข้ามาหา และเกิดวงรอบ (cycle) ใหม่ของการหดตัวของกล้ามเนื้อ การหดตัวของกล้ามเนื้อจะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันตราบใดที่ยังมีแคลเซียมอิออน (Ca++) และ เอทีพี (ATP) ภายในซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) เมื่อการหดตัวสิ้นสุดลงแคลเซียมอิออน (Ca++) จะถูกดึงกลับเข้าไปในซาร์โคพลาสมิคเรคติคิวลัม (sarcoplasmic reticulum) โดยวิธีกลไกการใช้พลังงาน (active transport) เมื่อไม่มี แคลเซียมอิออน (Ca++) ส่วนของสารประกอบโทรโพนิน-โทรโพไมโอซิน (troponin-tropomyosin complex) ก็จะกลับมายังจุดเกาะของไมโอซิน (myosin binding site) ของจีแอกติน (G-actin) อย่างเดิม ทำให้ไมโอซิน (myosin) จับกับแอกติน (actin) ไม่ได้ กล้ามเนื้อก็จะกลับเข้าสู่ระยะพักเช่นเดิม

กรณีที่ขาดเอทีพี (ATP) ภายในกล้ามเนื้อในส่วนซาร์โคพลาสซึม (sarcoplasm) ครอสบริต (cross bridge) ระหว่างแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) จะคงตัวไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ทำให้กล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัว หรือกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพหดตัวตลอดเวลาไม่สามารถคลายตัวได้ เช่น เกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) หลังจากที่สัตว์ตายแล้ว

2.ในสัตว์เลี้ยงสามารถแบ่งชนิดของกล้ามเนื้อลายออกตามส่วนของร่างกาย ดังนี้

2.1 กล้ามเนื้อในส่วนลำตัว คอ และหัว (muscles of the truck neck and head)

1) กลุ่มกล้ามเนื้อที่ยึดส่วนลำตัว คอ และหัวของสัตว์ มักเป็นกล้ามเนื้อที่วางตัวอยู่ด้านบนแต่ละข้างของส่วนยื่นทางด้านบน (spinal processes) ของกระดูกสันหลัง ในสัตว์เลี้ยงกล้ามเนื้อสันหลังที่ใหญ่ที่สุด คือ กล้ามเนื้อสันนอก (longisimus dorsi) กล้ามเนื้อนี้ประกอบด้วยมัดกล้ามเนื้อเล็ก ๆ ที่ยึดเกาะจากส่วนยื่นด้านข้าง (transverse process) ของกระดูกสันหลังไปยังส่วนยื่นทางด้านบน (spinal processes) ของกระดูกสันหลัง หรือยึดระหว่างส่วนยื่นทางด้านบน (spinal processes) ของกระดูกสันหลังไปยังส่วนยื่นทางด้านบน (spinal processes) ของกระดูกสันหลังที่อยู่ติดกัน หรืออาจยึดระหว่างส่วนยื่นด้านข้างของกระดูกสันหลังแต่ละข้อ กล้ามเนื้อกลุ่มนี้จะทำหน้าที่ในการยืดและงอกระดูกสันหลังแต่ละข้อ (spinal column) ให้ไปทางด้านข้าง นอกจากนี้ยังอาจทำให้เกิดการบิดของลำตัวได้ กล้ามเนื้อส่วนสันหลังอาจเรียกชื่อแยกตามตำแหน่งของร่างกายที่เกาะอยู่ได้ เช่น ลองกิสซิมัสลัมบอรัม (longissimus lumborum) ยึดบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbra) ลองกิสซิมัสเซอวิกคัล (longissimus cervical) ที่ยึดบริเวณกระดูกสันหลังที่ส่วนคอ กล้ามเนื้อที่ช่วยยกคอ หรือส่วนหัวของสัตว์จะเป็นกล้ามเนื้อที่มีการพัฒนามาก หรือเป็นกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากต้องรับน้ำหนักของหัวและยังเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของหัว กล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุดของหัวมีจุดเกาะต้นจากกระดูกสันหลังส่วนอกตรงส่วนตะโหนก (wither) และลอดเข้าไปเกาะที่กระดูกออกซิพิทัล (occipital bone) ของกระดูกศีรษะ กล้ามเนื้อที่ไม่ได้มีจุดเกาะที่กระดูกสันหลังและอยู่ด้านบน คือ กล้ามเนื้อสเพ็นนัส (splenius muscle) ส่วนที่อยู่ด้านล่างคือ กล้ามเนื้อคอมเพล็กซัส (complexus muscle) กล้ามเนื้อทั้งสองเป็นกล้ามเนื้อเล็ก ๆ ที่ยึดกระดูกสันหลังแต่ละอันให้ติดกัน นอกจากนี้ยังมีแผ่นเอ็น (ligamentum nuchae) ซึ่งเป็นพวกอิลาสติกแบน (eleastic band) 2 ข้าง ช่วยในการยกคอและหัว

2) กล้ามเนื้อที่ส่วนหัว ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคี้ยวอาหาร (muscles of mastication) คือกลุ่มของกล้ามเนื้อที่เกาะกับกระดูกขากรรไกรล่าง ที่เกี่ยวข้องกับการทำให้กรามมีการเคลื่อนไหวและเกิดการเคี้ยว กล้ามเนื้อนี้จะถูกควบคุมโดยเส้นประสาทสมองคู่ที่ 5 (trigeminal nerve) ได้แก่กล้ามเนื้อเท็มพอรารีส (temporatis muscle) กล้ามเนื้อมาสเซ็ทเตอร์ (masseter muscle) กล้ามเนื้อไพรีกอยเดส (pterygoideus muscle) และกล้ามเนื้อไดกาสทริกัส (digastricus muscle) สำหรับกล้ามเนื้อใบหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแสดงอารมณ์ (muscles of facial expression or mimetic muscles) ได้แก่ กล้ามเนื้อออริคิวลาร์ (auricular muscles) กล้ามเนื้อออบิคูลารีสออกคิวไร (orbicularis oculi muscle) และกล้ามเนื้อออบิคูลารีสออรีส (orbicularis oris muscle) เป็นต้น

3) กล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอลำตัว หัว และคอ ในสัตว์เลี้ยงจะมีการงอหัว และคอ เนื่องจากแรงดึงดูดของโลกร่วมกับการงอตัวของกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านล่างของคอ เช่น กล้ามเนื้อสเตอโนเซฟาลิคัส (sternocephalicus muscle) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอส่วนคอและหัวในม้า จะยึดระหว่างกระดูกหน้าอก (sternum) และกระดูกขากรรไกรล่าง ในสัตว์เคี้ยวเอื้องกล้ามเนื้อนี้จะยึดระหว่างกระดูกอก และกระดูกขากรรไกรล่าง ที่ช่วยยึดเกาะคอกับส่วนมาสติออสโพรเซส (mastoid process) ของกะโหลกศีรษะด้วย นอกจากนี้ยังมีกล้ามเนื้อสแตนโนไทรอยด์เดียส (sternothyroideus muscle) กล้ามเนื้อสแตนไฮออยเดียส (sternohyoideus muscle) กล้ามเนื้อลองกีสซิมัสโคลิ (longissimus colli) และกล้ามเนื้อลองกัสคาพิทีส (longus capitis muscle) ที่ช่วยในการงอส่วนลำตัวด้วย

2.2 กล้ามเนื้อขาหน้า (muscle of the front limb) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ยึดขาหน้าทั้งสองข้างให้ติดกับลำตัว กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อศอก กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อเท้าหน้า และกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของนิ้วเท้าขาหน้า เป็นต้น

1) กล้ามเนื้อที่ช่วยยึดขาหน้าทั้งสองข้างให้ติดกับลำตัว ได้แก่ กล้ามเนื้อทราพาเซียส (trapezius muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนรูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม มีจุดเกาะต้นที่แนวลำตัวจากศีรษะไปถึงเอว จุดเกาะปลายของกล้ามเนื้อนี้อยู่ที่กระดูกสะบัก (scapular) ช่วยทำให้กระดูกสะบักยึดติดกับลำตัว และเคลื่อนไหวไปข้างหน้าและข้างหลังได้ กล้ามเนื้อรอมบอยเดียส (rhomboidius muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ใต้กล้ามเนื้อทราพาเซียส มีขนาดกล้ามเนื้อใหญ่กว่า มีจุดเกาะต้นที่แนวลำตัว (dorsal midline) และมีจุดเกาะปลายอยู่ที่กระดูกสะบักด้านใน กล้ามเนื้อเซอร์ราทัสเวนทราลีส (serratus ventralis muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในส่วนกล้ามเนื้อขาหน้า ทำหน้าที่ยึดขาหน้าให้ติดกับลำตัว กล้ามเนื้อมีรูปร่างคล้ายพัด มีจุดเกาะต้นที่ส่วนยื่นด้านข้าง (transverse process) ของกระดูกสันหลังส่วนคอ ตามส่วนโค้งของกระดูกซี่โครงที่กระดูกหน้าอก และกระดูกซี่โครงอ่อน (costal cartilage) คู่ที่ 10 จุดเกาะปลายอยู่ที่ผิวด้านในของกระดูกสะบัก กล้ามเนื้อโอโมทรานเวอร์ซาเรียส (omotransversarius muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่พบในสัตว์เลี้ยงทุกชนิดยกเว้นในม้า จุดเกาะต้นของกล้ามเนื้อเริ่มจากส่วนยื่นด้านข้าง (transverse process) ของกระดูกสันหลังส่วนคอและจุดเกาะปลายอยู่ที่ยอดของกระดูกสะบัก มีหน้าที่ในการดึงส่วนล่างของกระดูกสะบัก

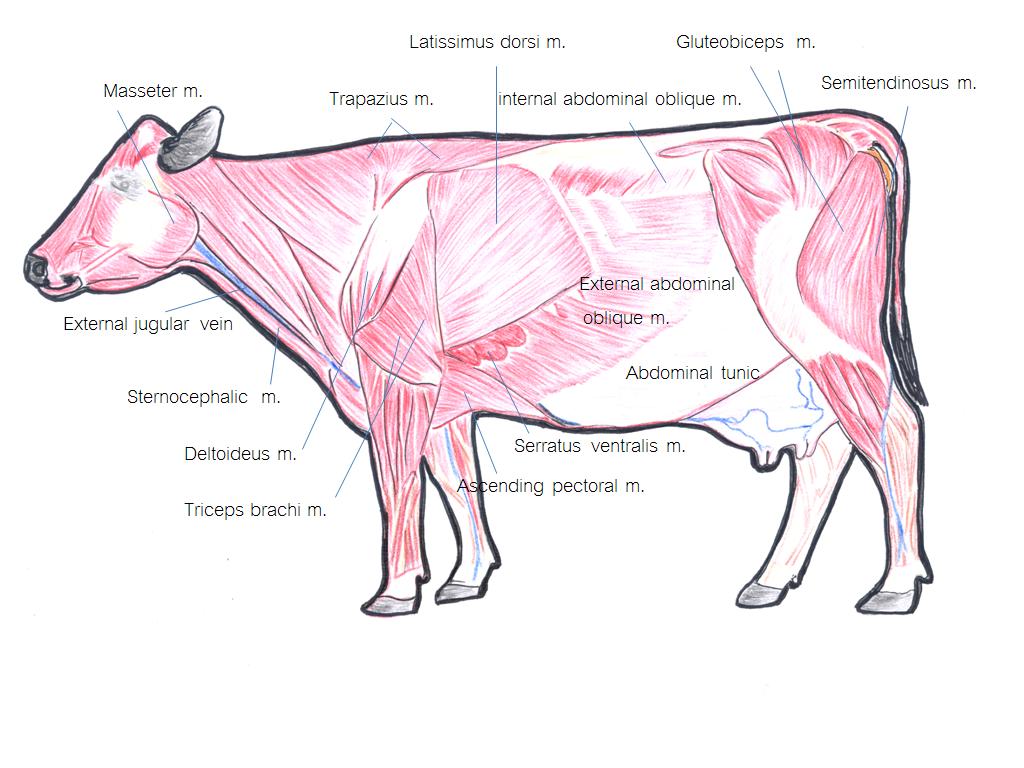
2) กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของหัวไหล่ โดยการงอและยืดหัวไหล่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ยึดหัวไหล่ กล้ามเนื้อที่งอหัวไหล่ กล้ามเนื้อที่หุบหัวไหล่และกล้ามเนื้อที่กางหัวไหล่

กล้ามเนื้อที่ยืดหัวไหล่ ได้แก่ กล้ามเนื้อเบรคิโอเซฟาลิคัส (brachiocephalicus muscle) มีจุดเกาะต้นที่กะโหลกศีรษะส่วนกระดูกออกซิพิทัล (occipital bone) และส่วนยื่นด้านข้าง (transverse process) ของกระดูกสันหลังส่วนคอ จุดเกาะปลายเกาะกับด้านข้างของส่วนบนของกระดูกต้นขาหน้า (humerus) ทำหน้าที่ในการยกไหล่และดึงไหล่ไปข้างหน้า นอกจากนี้มีกล้ามเนื้อซูพปราสไปนาทัส (supraspinatus muscle) ที่มีจุดเกาะต้นที่เอ็นคาลวิคูลัส (claviculus tendon) และจุดเกาะปลายอยู่ที่กระดูกต้นขาหน้า

กล้ามเนื้อที่งอหัวไหล่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเทอเรสเมเจอร์ (teres major muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการงอของข้อต่อหัวไหล่ มีจุดเกาะต้นอยู่ที่ส่วนบนของขอบกระดูกสะบัก และจุดเกาะปลายอยู่ที่เทอเรสเมเจอร์ทูเบอร์โรซิติ้ (teres major tuberosity) ทางด้านในของตัวกระดูกโคนขาหน้า (humerus) กล้ามเนื้อลาทีสซิมัสดอร์ซิ (latissimus dorsi muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเป็นแผ่นกว้างรูปสามเหลี่ยม ทำหน้าที่ในการงอหัวไหล่ช่วยดึงขาหน้ากลับไปข้างหน้า มีจุดเกาะต้นที่ส่วนยื่นด้านบน (spinous processes) ของกระดูกสันหลังส่วนอกและเอว มีจุดเกาะปลายร่วมกับกล้ามเนื้อเทอเรสเมเจอร์ (teres major muscle) กล้ามเนื้ออินทริสไปนาทัส (intrespinatus muscle) และกล้ามเนื้อเทอเรสไมเนอร์ (teres minor muscle) เป็นกล้ามเนื้อในการกาง (abduct) การงอ และการหมุนหัวไหล่ออกไปข้างนอก

กล้ามเนื้อที่หุบหัวไหล่ (adduction of the shoulder) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อเพกทอรัล (pectoral muscle) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อส่วนหน้าอกมี 2 มัด คือกล้ามเนื้อซูเปอร์ฟิเชียล (superficial muscle) และกล้ามเนื้อดีพเพกทอรัล (deep pectoral muscle) ส่วนกล้ามเนื้อโคราโคบราเชียอาลีส (coracobrachialis muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ยึดข้อต่อหัวไหล่ให้อยู่กับที่ กล้ามเนื้อซับสแคบพูลารีส (subscapularis muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยให้ข้อต่อหัวไหล่อยู่กับที่และช่วยหุบข้อต่อหัวไหล่ กล้ามเนื้อที่กางหัวไหล่ ได้แก่กล้ามเนื้อเดลทอยดัส (deltoidus muscle) ทำหน้าที่กางหัวไหล่และงอข้อต่อหัวไหล่

ค. กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อศอก กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการงอข้อศอกจะเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหน้าข้อศอก แต่กล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหลังของข้อศอกจะเกี่ยวข้องกับการยืดข้อศอก โดยกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหลังข้อศอกจะมีความแข็งแรงกว่า เนื่องจากเป็นส่วนที่ทำให้ขาทั้ง 4 ข้างอยู่ในท่าที่ยืดตรงหรือสัตว์อยู่ในท่ายืนตลอดเวลา และรับน้ำหนักร่างกายไว้ กล้ามเนื้อที่สำคัญในการงอข้อศอก ได้แก่กล้ามเนื้อไบเซบบราชิไล (biceps brachii muscle) และกล้ามเนื้อแอนโคเนียส (anconeus muscle) ส่วนกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการยืดข้อศอกได้แก่ กล้ามเนื้อไตรเซบบราชิไล (triceps brachei muscle) และ กล้ามเนื้อโพรนาทอร์เทอเรส (pronator teres muscle)



ภาพที่ 9.6 แสดงกล้ามเนื้อโครงร่างในโค

ง. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของข้อเท้าขาหน้า กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการงอข้อเท้าจะเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหน้าของข้อเท้าได้แก่ กล้ามเนื้อฟลิกเซอร์คาร์พริเรดิอารีส (flexor carpi radialis) และกล้ามเนื้อฟลิกเซอร์คาร์พริอัลนารีส (flexor carpi ulnaris) เกี่ยวข้องกับการงอข้อเท้าขาหน้าและการยืดข้อศอก ส่วนกล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการยืดข้อเท้าจะอยู่ด้านหลังข้อเท้า ได้แก่กล้ามเนื้อเอกเท็นเซอร์คาร์พริอัลนารีส (extensor carpi ulnaris) (ชื่อเดิมคือ ulnaris lateralis) เป็นกล้ามเนื้อยืดข้อเท้าขาหน้าที่อยู่ด้านข้างของขาหน้า และการงอของกระดูกข้อเท้าขาหน้า (carpus)

จ. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของนิ้วเท้า ได้แก่ กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการยืดและการงอของนิ้วเท้า กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการยืดนิ้วเท้าประกอบด้วยเอ็นยึดกระดูก (common digital extensor tendon) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ยืดนิ้วเท้าทั้งหมดของขาหน้า รวมทั้งข้อต่อขาหน้า (fetlock joint) และยืดส่วนกระดูกข้อเท้าขาหน้า (capus) และงอข้อศอก นอกจากนี้ยังมีกล้ามเนื้อแลดเทอรัลดิจิทัลเอ็กเท็นเซอร์ (lateral digital extensor) กล้ามเนื้อมีเดียนดิจิทัลเอ็กเท็นเซอ (median digital extensor) และกล้ามเนื้อเอ็กเท็นเซอคาร์พิออพลีก (extensor carpi obligue) เป็นต้น

ฉ. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการงอนิ้วเท้าขาหน้า ได้แก่ กล้ามเนื้อดีพดิจิทัลฟลิกเซอร์ (deep digital flexor muscle) กล้ามเนื้อซูพเปอร์ฟิเชียสดิจิทัลฟลิกเซอร์ (superficial digital flexor muscle) และเอ็น (suspensory ligament) เป็นส่วนที่ยึดส่วนกระดูกเม็ดงาที่หัวเข่า (proximal sesamoid bones) และข้อต่อ (fetlock joint) รวมถึงแผ่ขยายไปทางด้านบนของนิ้วแต่ละนิ้ว เพื่อยึดกับเอ็นคอมมอนดิจิทัลเอกเทนเซอร์ (common digital extensor tendon)

2.3 กล้ามเนื้อขาหลัง (muscle of the hind limb) ในสัตว์เลี้ยงประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของข้อสะโพก กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของหัวเข่า กล้ามเนื้อที่ทำให้ข้อเข่า (hock joint) เคลื่อนที่ และกล้ามเนื้อที่ทำให้นิ้วเท้าเคลื่อนที่

1) กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของข้อสะโพก ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ยืดข้อสะโพก กล้ามเนื้อที่งอสะโพก กล้ามเนื้อที่กางข้อสะโพก และกล้ามเนื้อที่หุบข้อสะโพก กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของข้อสะโพก (extensor of the hip) ได้แก่ กล้ามเนื้อมิดเดิลกูลเทียล (middle gulteal muscle) และกล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstring muscle) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 3 มัด คือกล้ามเนื้อไบเซบสฟิมอรีส (biceps femoris muscle) กล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (semitendinous muscle) และ กล้ามเนื้อเซมิเมมบราโนซัส (semimembranous muscle)

ก. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการงอสะโพก เป็นกล้ามเนื้อที่เกาะอยู่ทางด้านหน้าของกระดูกต้นขาหลัง หรือกระดูกโคนขาหลัง (femur) ได้แก่ กล้ามเนื้ออิลลิออพโซอาส (Iliopsoas muscle) และกล้ามเนื้อสตาร์ทอเรียส (sartorius muscle) โดยกล้ามเนื้ออิลลิออพโซอาส (Iliopsoas muscle) เป็นกล้ามเนื้อ 2 มัดประกอบด้วยกล้ามเนื้ออิลลิเอคัส (Iliacus muscle) และกล้ามเนื้อพอสอาส (psoas major) ส่วนกล้ามเนื้อสตาร์ทอเรียส (sartorius muscle) เป็นแผ่นกล้ามเนื้อบางๆ ที่เกี่ยวข้องกับการงอข้อสะโพก

ข. กล้ามเนื้อที่กางข้อสะโพก เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ด้านหน้าของกระดูกสะโพกเหนือข้อต่อสะโพก ได้แก่กล้ามเนื้อดีพกูลเทน (deep gluten muscle) กล้ามเนื้อซูบเปอร์ฟิเชียสกูลเทน (superficial gluten muscle) และกล้ามเนื้อเทนวอร์ฟาสเซียอิลาเทอิ (tensor fasciae latae muscle) สำหรับกล้ามเนื้อเทนวอร์ฟาสเซียอิลาเทอิ (tensor fasciae latae muscle) นอกจากจะทำหน้าที่ช่วยกางข้อสะโพกแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการงอข้อต่อสะโพก และ การยืดหัวเข่าด้วย (stifle joint) ด้วย

ค. กล้ามเนื้อที่หุบข้อสะโพก เป็นกล้ามเนื้อที่เกาะอยู่ด้านในของโคนขาหลัง ทำหน้าที่หุบให้ข้อสะโพกเข้าหาแนวกลางลำตัว ประกอบด้วยกล้ามเนื้อกลาซิลิส (gracilis muscle) ที่เกาะอยู่ด้านในของโคนขา กล้ามเนื้อเพคทีเนียส (pectineus muscle) เป็นกล้ามเนื้อรูปกระสวยที่มีขนาดเล็กที่สุด ถูกปกคลุมด้วยกล้ามเนื้อเพคทีเนียส (pectineus muscle) เกี่ยวข้องกับการหุบและงอข้อสะโพก กล้ามเนื้อเอพดักเตอร์ (adductor muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ใหญ่ที่สุดทางด้านในของโคนขา ช่วยในการหุบข้อสะโพก กล้ามเนื้อคว๊อทดราทัส (quadratus femoris muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ทำให้โคนขากางออกและหมุนออกไปด้านนอกได้ สำหรับกล้ามเนื้อที่ทำให้โคนขาหมุนออกข้างนอก ได้แก่กล้ามเนื้ออินเทอร์นัลและเอกเทอร์นัลออบทูราเตอร์ (internal and external obturator muscle) และกล้ามเนื้อเกเมอลิ (gemelli muscle)

2) กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของหัวเข่า ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ยืดและงอหัวเข่า โดยกล้ามเนื้อที่งอหัวเข่า ได้แก่กล้ามเนื้อคว๊อทไดรเซพสฟิมอรีส (quadriceps femeris muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่ทำให้ยืดหัวเข่าได้มาก มีกล้ามเนื้อใหญ่ๆประกอบอยู่ 4 มัด คือกล้ามเนื้อเรคตัสฟิมอรีส (rectus femeris muscle) กล้ามเนื้อวาสทัสมิดิเอลีส (vastus medialis muscle) กล้ามเนื้อวาสทัสอินเทอร์มิดิอาส (vatus intermedius muscle) และ กล้ามเนื้อวาสทัสแลทเทอร์ลารีส (vastus lateralis muscle) ส่วน (rectus femeris muscle) เป็นมัดกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กมีรูปร่างยาวที่สุด จุดเกาะต้นอยู่ที่กระดูกอิเลียม (ilium) ต่อกับเบ้ากระดูกต้นขาหลัง (acetabulum) ส่วนกล้ามเนื้อ 3 มัดที่เหลือ มีจุดเกาะต้นบริเวณกระดูกโคนขาหลัง (femur) และมีจุดเกาะปลายที่กระดูกสะบ้า (knee cap or patella)

กล้ามเนื้อที่งอหัวเข่า (flexor of the stifle) กล้ามเนื้อที่สำคัญ คือกล้ามเนื้อแก๊สทร๊อกนิเมียส (gastrocnemius muscle) กล้ามเนื้อซูพเปอร์ฟิเชียลดิจิทัฟลิกเซอร์ (superficial digital flexor muscle) และ กล้ามเนื้อโพพลีทเทียส (popliteus muscle) กล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstring muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่งอหัวเข่าและช่วยยืดสะโพก (hip) นอกจากนี้กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการยืดส้นเท้า (hock) โดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่มีจุดเกาะต้นจากด้านท้ายของปลายล่างของกระดูกโคนขาหลัง (femur) อาจเกี่ยวข้องกับการงอหัวเข่าด้วย กล้ามเนื้อโพพลีทเทียส (popliteus muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กมีตำแหน่งอยู่ด้านหลังของหัวเข่า มีหน้าที่สำคัญในการงอหัวเข่า และเกี่ยวกับการหมุนกระดูกขาส่วนกระดูกทิเบีย (tibia) และฟิบิวลา (fibula) ในด้านในด้วย

ข. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของส้นเท้า (hock) ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ยืด และงอส้นเท้า (hock) ได้แก่ กล้ามเนื้อทิเบียอาลีสเครเนียลลิส (tibialis cranialis muscle) และกล้ามเนื้อเพอโรเนียล (peroneal muscle) สำหรับกล้ามเนื้อเพอโรเนียสลองกัส (peroneus longus muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่พบได้ในโค แกะ แพะ สุนัขและสุกร ส่วนกล้ามเนื้อเพอโรเนียสลเทอร์ทิอาส (peroneus tertius muscle) พบได้เฉพาะในม้า นอกจากนี้กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการยืดนิ้วเท้าอาจจะเกี่ยวข้องกับการงอส้นเท้าด้วย ส่วนกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการยืดส้นเท้า (hock) ได้แก่ กล้ามเนื้อแก๊สทร๊อกนิมัสดิจิทัลฟลิกเซอร์ (gastrocnemius digital flexor muscle) และกล้ามเนื้อซูพเปอร์ฟิเชียลดิจิทัฟลิกเซอร์ (superficial digital flexor muscle) มีจุดเกาะต้นที่ปลายล่างของกระดูกโคนขาหลัง (femur) กล้ามเนื้อทั้งสองนี้เชื่อมต่อกับส่วนของ กล้ามเนื้อไบเซบสฟิมอรีส (biceps femoris muscle) กล้ามเนื้อกลาซิลิส (gracilis muscle) และกล้ามเนื้อเซมิเทนดิโนซัส (semitendinous muscle) นอกจากนี้ยังมีกล้ามเนื้อดีพดิจิทัลฟลิกเซอร์ (deep digital flexor muscle) ด้วย

ง. กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของนิ้วเท้าขาหลัง ทำหน้าที่เหมือนกับกล้ามเนื้อนิ้วเท้าขาหน้า กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการยืดนิ้วเท้า ได้แก่กล้ามเนื้อลองดิจิทัลเอกเทนเซอร์ (long digital extensor muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีจุดเกาะต้นที่ปลายล่างของกระดูกโคนขาหลัง และมีจุดเกาะปลายอยู่ที่ เอกเทนเซอร์โพร์เสส (extensor process) ของข้อนิ้วเท้าอันปลายสุด กล้ามเนื้อแลทเทอร์รัลดิจิทัลเอกเทนเซอร์ (lateral digital extensor muscle) เกี่ยวข้องในการเคลื่อนไหวของนิ้วเท้าด้วย กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการ งอนิ้วเท้า ได้แก่กล้ามเนื้อซูพเปอร์ฟิเชียลฟลิกเซอร์ (superficial flexor muscle) และกล้ามเนื้อดีพฟลิกเซอร์ (deep flexor muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีอยู่ทั้งขาหน้าและขาหลัง

2.4 กล้ามเนื้อท้อง (abdominal muscle)

กล้ามเนื้อท้องทำหน้าที่เป็นผนังท้องช่วยค้ำจุน และป้องกันอันตรายให้แก่อวัยวะย่อยอาหาร และอวัยวะสืบพันธุ์ โดยเฉพาะในขณะที่สัตว์เพศเมียมีการตั้งท้อง นอกจากนี้ยังมีหน้าที่เกี่ยวกับการขับถ่ายอุจจาระ (defecation) และการขับปัสสาวะ (urination) รวมทั้งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการคลอด และยังเกี่ยวกับการขยอกอาหาร การอาเจียน และการจาม กล้ามเนื้อท้องจะเป็นกล้ามเนื้อชนิดเป็นแผ่นแบน เรียงตัวเป็นแผ่นซ้อนๆ กัน เส้นใยของกล้ามเนื้อแต่ละชั้นจะเรียงตัวกันแบบไขว้กันและสานกันไปมา บางชั้นจะเรียงตัวกันคล้ายรูปพัด กล้ามเนื้อท้องแต่ละมัดในแต่ละข้างของลำตัว จะมีจุดเกาะปลายที่เส้นแนวกลางลำตัวด้านล่าง โดยแผ่นเหนียวสีขาวเรียกว่า ลิเนียแอลบา (linea alba or white line) กล้ามเนื้อท้องที่สำคัญได้แก่ กล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก (external abdominal oblique) เป็นกล้ามเนื้ออยู่ด้านบนสุด กล้ามเนื้ออินเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก (internal abdominal oblique) กล้ามเนื้อทรานส์เวิร์สแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก (transversus abdominal oblique) และกล้ามเนื้อเร็กตัสแอ๊บโดมินิส (rectus abdominalis muscle) อยู่ด้านในสุด

1. กล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีกเป็นชั้นที่อยู่ด้านบนสุด เป็นกล้ามเนื้อที่มีลักษณะเป็นแผ่นกว้าง มีเส้นใยกล้ามเนื้อที่วิ่งเฉียงลงด้านล่างและไปทางหลัง มีจุดเกาะต้นจากซี่โครงซี่ที่ 2 และ 3 นับจากซี่โครงซี่สุดท้าย และ บริเวณเหนือส่วนหลังและสะโพก (lumbodorsal) กล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก แต่ละข้างจะมีปลายของกล้ามเนื้อที่แผ่ออกเป็นแผ่นเอ็น (aponeurosis) ที่ไปยึดต่อกับกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีกอีกข้างหนึ่งที่ลิเนียแอลบา (linea alba) ตรงกลางลำตัว
2. กล้ามเนื้ออินเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก (internal abdominal oblique) เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ใต้ชั้น กล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก เส้นใยกล้ามเนื้อจะทอดตัวผ่านเฉียงๆไปทางด้านล่างของลำตัวและไปทางข้างหน้า ส่วนทางกับกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก จุดเกาะปลายของกล้ามเนื้อนี้จะแผ่ออกเป็นแผ่นและเชื่อมต่อกับกล้ามเนื้ออีกด้านหนึ่งที่ลิเนียแอลบา (linea alba) เช่นเดียวกัน ในสัตว์บางชนิดกล้ามเนื้อนี้ทางด้านท้ายจะประกอบเป็นผนังด้านในของช่องขาหนีบ (inguinal canal) และรูของช่องขาหนีบ (internal inguinal ring) เส้นใยกล้ามเนื้อด้านท้ายส่วนใหญ่ของกล้ามเนื้ออินเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก (internal abdominal oblique) จะทอดยาวผ่านส่วนช่องขาหนีบ (inguinal canal) ร่วมไปกับสายรั้งลูกอัณฑะ (spermatid cord) ไปยึดติดกับเนื้อเยื่อที่หุ้มอัณฑะส่วนทูนิกาวาจีนาลีสคอมมิวนีส (tunica vaginalis communis) กล้ามเนื้อที่แยกตัวออกมานี้เรียกว่ากล้ามเนื้อเอ็กเทอนัลครีมาสเตอร์ (external cremaster muscle) ซึ่งทำหน้าที่ในการดึงลูกอัณฑะมาที่ช่องขาหนีบ
3. กล้ามเนื้อทรานส์เวิร์สแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก (transverse abdominal oblique) เป็นกล้ามเนื้อท้องชั้นที่ลึกที่สุด เส้นใยกล้ามเนื้อจะวิ่งตรงดิ่งขวางลงมาทางด้านล่างลำตัวและเชื่อมต่อกับลิเนียแอลบา (linea alba)

4) กล้ามเนื้อเร็กตัสแอ๊บโดมินิส (rectus abdominalis muscle) เป็นกล้ามเนื้อแบนที่เป็นส่วนพื้นของกล้ามเนื้อผนังช่องท้อง มีจุดเกาะต้นที่ปลายกระดูกอ่อนซี่โครงและกระดูกอก เส้นใยกล้ามเนื้อจะวิ่งตรงไปทางด้านท้ายลำตัวเป็นแนวขนานกับส่วนหลัง จุดเกาะปลายอยู่ที่กระดูกพิวบีส (pubis) ของกระดูกเชิงกราน โดยใช้เอ็นพรีพิวบีส (prepubis tendon)

2.5 กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องการหายใจ ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจเข้า ซึ่งเป็นการเพิ่มขนาดของทรวงอกทำให้มีอากาศเข้าสู่ปอดได้ และกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจออกที่เป็นการลดขนาดของทรวงอก เพื่อขับอากาศออกจากร่างกาย กล้ามเนื้อกระบังลม (diaphram) คือ กล้ามเนื้อหลักที่ช่วยในการหายใจเข้า โดยกระบังลมเป็นกล้ามเนื้อชนิดแบนที่มีรูปร่างคล้ายโดม (dome-shape) วางตัวกั้นระหว่างช่องอกและช่องท้อง มีส่วนนูนหรือส่วนที่เป็นรูปโดมจะยื่นเข้าไปในช่องอก การหดตัวของกล้ามเนื้อกระบังลม มีผลให้ช่องอกขยายขนาดเพิ่มขึ้น และอากาศจากภายนอกร่างกายจะถูกดูดเข้าไปในปอด เนื่องจากความดันของอากาศในช่องอกต่ำกว่าภายนอก และกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลอินเตอรฺคลอสทัล (external intercostal muscle) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ยึดระหว่างด้านหลังของกระดูกซี่โครงแต่ละอัน เส้นใยกล้ามเนื้อจะทอดตัวลงด้านล่างเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลแอ๊บโดมินัลอ๊อบลีก กล้ามเนื้อนี้เมื่อหดตัวจะช่วยดึงให้ซี่โครงแต่ละซี่ขยายออก ทำให้เกิดการขยายขนาดของช่องอก

กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจออก ประกอบด้วยกล้ามเนื้อท้อง กล้ามเนื้ออินเทอร์นัลอินเตอรฺคลอสทัล (internal intercostal muscle) กล้ามเนื้อรีแทรคเตอร์คลอสทัล (retractor costal muscle) และกล้ามเนื้อทรานส์เวิร์สทอแรกวิก (transverse thoracic muscle) ในการหายใจออกการหดตัวของกล้ามเนื้อท้อง จะดันให้อวัยวะภายในช่องท้องดันกระบังลมเข้าไปในช่องอก ซึ่งจะช่วยลดขนาดของช่องอกได้ ส่วนกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลอินเตอรฺคลอสทัลซึ่งวางตัวอยู่ด้านกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลอินเตอรฺคลอสทัล เมื่อเกิดการหดตัวจะดึงกระดูกซี่โครงให้หมุนไปทางด้านหลังและลดขนาดของช่องอกลง กล้ามเนื้อนี้จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อที่วิ่งลงด้านล่างและไปข้างหน้า สวนทางกับกล้ามเนื้อเอ็กเทอร์นัลอินเตอรฺคลอสทัล ส่วนกล้ามเนื้อรีแทรคเตอร์คลอสทัล (retractor costal muscle) เป็นกล้ามเนื้อที่มีรูปหลายเหลี่ยมขนาดเล็กวางตัวด้านหลังกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย เมื่อหดตัวจะดึงกระดูกซี่โครงซี่สุดท้ายเข้ามา กล้ามเนื้อทรานส์เวิร์สทอแรกวิก (transverse thoracic muscle) เป็นกล้ามเนื้อชนิดแบนที่เส้นใยกล้ามเนื้อวิ่งขวางกับพื้นด้านในของช่องอก วางตัวอยู่บนกระดูกอกและกระดูกอ่อนซี่โครง (costal cartilage) เมื่อหดตัวจะดึงซี่โครงและกระดูกอ่อนซี่โครงเข้าไปข้างในและด้านหลัง

**3. การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อหลังจากสัตว์ตาย**

ทางสัตวศาสตร์การศึกษาที่เกี่ยวกับการหดตัว และคลายตัวของกล้ามเนื้อจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากกล้ามเนื้อลายหรือกล้ามเนื้อโครงร่างคือกลุ่มกล้ามเนื้อหลักของร่างกาย หรือเนื้อสัตว์ส่วนที่เราใช้บริโภคและทำผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของร่างกาย ในขณะที่สัตว์มีชีวิตส่วนของกล้ามเนื้อลายถูกใช้ในการเคลื่อนไหวของร่างกาย แต่เมื่อสัตว์ตายเราอาจเรียกส่วนของกล้ามเนื้อลายนี้ว่า เนื้อหรือเนื้อแดง (meat) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของซากสัตว์ (carcass) โดยซากสัตว์จะหมายถึงส่วนของร่างกายของสัตว์หลังจากที่ถูกฆ่า ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ กล้ามเนื้อ กระดูก และไขมัน

โดยทั่วไปหลังจากที่สัตว์ตายแล้วระยะเวลาหนึ่ง ส่วนของกล้ามเนื้อจะเกิดการเกร็งตัวขึ้นมา การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อหลังจากสัตว์ตายหรือถูกฆ่า (rigor mortis) จะหมายถึง ปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวอย่างถาวร กล้ามเนื้อหรือเนื้อสัตว์ในช่วงนี้จะมีความเหนียวมากกว่าปกติ การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นเนื่องจากในกล้ามเนื้อไม่มีเอทีพี (ATP) หรือ ไม่มีพลังงานเพียงพอในการแยกหัวของไมโอซินออกจากแอกติน (thin filament) หรือ ไม่มีเอทีพี (ATP) ในการทำลายครอสบริต (cross bridge) ระหว่างแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) (การรวมกันของแอกติน และไมโอซิน เรียกว่าสารประกอบแอกโตไมโอซิน (actomyosin) จึงทำให้เกิดการครอสบริต กล้ามเนื้อจะเกิดการเกร็งตัว หรือเนื้อสัตว์เกิดการแข็งตัวหรืออาจเรียกว่าเนื้อตาย นอกจากนี้ยังพบว่าแคลเซียมอิออน จะไม่สามารถกลับเข้าไปสะสมในซาร์โคพลาสมิคเรคติคิวลัม (sarcoplasmic reticulum) ได้ ในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่ลักษณะการแข็งตัวของกล้ามเนื้อเช่นนี้จะเกิดขึ้นจนกว่าจะมีเอทีพี (ATP) เพียงพอในการที่จะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการคลายตัว แต่เมื่อสัตว์ตายลงยังผลให้เมตาโบลิซึมที่เกี่ยวกับการสร้างเอทีพี (ATP) ในกล้ามเนื้อหมดไป เอทีพี (ATP) ที่มีอยู่จะถูกใช้ไปเรื่อยๆ จึงทำให้ไม่มีเอทีพี (ATP) เพียงพอในการทำลายครอสบริต (cross bridge) ระหว่างแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin)

การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อหลังจากสัตว์ตาย (rigor mortis) ที่เกิดขึ้นจะใช้เวลาประมาณไม่กี่ชั่วโมง (9-12 ชั่วโมง)หลังจากที่สัตว์ตาย ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น อุณหภูมิของอากาศ สุขภาพของสัตว์ก่อนนำมาฆ่า อายุของสัตว์ และระยะเวลาในการขนส่งสัตว์ หรือระยะเวลาในการพักสัตว์ก่อนฆ่าเป็นต้น ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการเกร็งตัวในลักษณะนี้เราไม่ควรนำเนื้อไปบริโภคเนื่องจากเนื้อจะเหนียวมาก แต่การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อหลังจากที่สัตว์ตายแล้วหรือหลังจากถูกฆ่า จะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งจนกระทั่งเซลล์กล้ามเนื้อเกิดขบวนการย่อยตัวเอง หรือ เกิดการออโตไลซีส (autolysis) โดยไลโซโซม (lysosome) ที่อยู่ในไซโตพลาสซึมจะหลั่งเอ็นไซม์คาลเทพซิน (calthesin or lysosome proteinase) และยังมีเอ็นไซม์คาลเพน (calpain or calcium-activated proteinase) ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งจะทำให้เนื้อนิ่มหรือนุ่มกว่าเดิม ดังนั้นในทางเทคโนโลยีเนื้อสัตว์จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาใช้ประกอบในการทำให้เนื้อที่อยู่ในสภาวะเกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ มีความนุ่มขึ้น ด้วยวิธีการบ่มซาก (ageing or ripening) เพื่อให้เอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อทำงานย่อยโปรตีนให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง โดยการนำซากไปแขวนซากไว้บนราวแขวนภายในห้องเย็นแช่ซาก (chilling room) โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มซากมี 2 ระดับด้วยกันได้แก่ การเก็บซากไว้ในห้องเย็นเก็บซากที่มีอุณหภูมิระหว่าง 0-5 องศาเซลเซียส (cold temperature ageing) และการเก็บซากไว้ในห้องเย็นเก็บซากที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 5 องศาเซลเซียส (high temperature ageing) สำหรับวิธีนี้ต้องระวังการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเสียด้วย ด้านระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มซากสัตว์แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป ซากโคแช่บ่มในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 1-2 องศาเซลเซียสจะใช้เวลา 8-14 วัน แต่ซากสุกรในเวลาแช่ซากเพียง 1 วันก็เพียงพอที่จะทำให้เนื้อนุ่มได้ สำหรับการแช่บ่มซากโคแช่บ่มในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียสจะใช้เวลาเพียง 2-3 วันเท่านั้น



**ภาพที่ 9.7** การนำซากสุกรไปแขวนไว้บนราวแขวนภายในห้องเย็นแช่ซาก (chilling room)

**4. การตัดแต่งซากและกล้ามเนื้อที่ใช้บริโภค**

การตัดแต่งซากสัตว์เป็นขั้นตอนที่กระทำกับซากหลังจากการฆ่าสัตว์ โดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์เพื่อการจำหน่ายเนื้อสัตว์และส่วนประกอบต่าง ๆ ของซาก ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการตัดแต่งซากจำเป็นต้องมีความรู้ด้านกายวิภาคของร่างกายสัตว์แต่ละชนิด นอกจากนี้ยังต้องมีทักษะ และความชำนาญเฉพาะ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการตัดแต่งและทำให้เกิดการสูญเสีย (มีเศษเนื้อ) น้อยที่สุด การตัดแต่งซากแบบพื้นบ้านหรือแบบไทยเป็นวิธีการตัดแต่งเพื่อแยกเนื้อแดง (กล้ามเนื้อโครงร่าง) ออกจากกระดูก รวมทั้งแยกส่วนของไขมัน เอ็น พังผืด และเส้นเลือดออกจากซากด้วย นับเป็นวิธีการตัดแต่งซากที่ง่ายที่สุด และเป็นวิธีการที่นิยมทำกันในแถบทวีปอาเซียและทวีปแอฟริกา ที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคเนื้อสัตว์จากสัตว์ที่ถูกฆ่าใหม่ ๆ หรือเนื้อที่ยังอุ่น ๆ อยู่ วิธีการนี้จะกระทำทันทีหลังจากที่เอาเครื่องในออกจากช่องอกและช่องท้อง ซากที่ใช้ในการตัดแต่งนี้อาจเรียกว่าซากร้อน (hot carcass) ส่วนการตัดแต่งซากแบบสากล (standard cutting) เป็นการตัดแต่งซากสำหรับประเทศที่ผู้บริโภคนิยมบริโภคเนื้อสัตว์เป็นอาหารหลัก ซากสัตว์ที่นำมาตัดแต่งจะเป็นซากที่ผ่านการแช่เย็นซากหรือการบ่มซาก (ageing or chilling) มาแล้วระยะเวลาหนึ่ง หรือตัดแต่งซากขณะเป็นซากเย็น (cold carcass) ซากสุกรจะผ่านการบ่มซากมาแล้วเป็นเวลา 24 ชั่วโมง สำหรับซากโคอาจใช้ระยะเวลาบ่มซากที่แตกต่างกันไปขึ้นกับว่าสายพันธุ์โคที่นำมาฆ่าเพื่อตัดแต่งเป็นสายพันธุ์อะไร หากเป็นสายพันธุ์บราห์มันอาจต้องใช้เวลาในการบ่มซากนานกว่าสายพันธุ์อื่น เช่น มากกว่า 7 วัน การตัดแต่งซากแบบสากลสำหรับซากสุกรและซากโคประกอบด้วยมี 2 ขั้นตอน คือการตัดแต่งชิ้นส่วนใหญ่ (wholesale cuts or primal cut) การตัดแต่งชิ้นส่วนย่อย (retail cuts)

**ตารางที่ 9.1** ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากสุกรและซากโคแบบไทย

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชิ้นส่วนซากในสุกร** | | **ชิ้นส่วนซากในโค** | |
| เนื้อแดง | เนื้อสันนอก เนื้อสันใน เนื้อไหล่ และเนื้อสะโพก | เนื้อแดง | เนื้อสันนอก เนื้อสันใน เนื้อไหล่ และเนื้อสะโพก |
| สันคอ | เนื้อที่มีไขมันแทรกสูงอยู่บริเวณไหล่บนติดกับเนื้อสันนอก | เนื้อสะโพก | กล้ามเนื้อมัดใหญ่ๆที่สะโพกมีประมาณ 5 ชิ้น ชื่อเรียกแตกต่างกันไป |
| สามชั้น | เนื้อพื้นท้องส่วนใต้ซี่โครงประกอบด้วยเนื้อแดง ไขมันและหนัง อาจรวมทั้งส่วนคางหมูด้วย | เนื้อลูกมะพร้าว | กล้ามเนื้อ *Quadtriceps* |
| ขาหมู | ส่วนขาหน้าและขาหลังประกอบด้วยเนื้อแดง ไขมัน กระดูกและหนัง รวมทั้งกีบเท้า | เนื้อหางตะเข้ | กล้ามเนื้อ *Semimembranosus* |
| ซี่โครงหมู | เนื้อที่ติดส่วนซี่โครง รวมทั้งกระดูกอ่อนบริเวณอก | เนื้อลูกดิ่ง | กล้ามเนื้อ *Semotendinosus* |
| กระดูกหมู | กระดูกชิ้นใหญ่เช่นกระดูกขาหน้าขาหลังรวมทั้งกระดูกสันหลังที่เลาะเอาเนื้อออกหมดแล้ว | เนื้อใบพาย | กล้ามเนื้อ *Biceps femoris* |
| หนังหมู | หนังที่เลาะออกจากมันทุกส่วนของร่างกาย | เนื้อสันใน | กล้ามเนื้อ *Psoas major* |
| มันแข็ง | ไขมันใต้ผิวหนังตามแนวกระดูกสันหลัง ไขมันหุ้มสะโพก หุ้มไหล่และอก | เนื้อสันนอก | กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* |
| มันเปลว | ไขมันในช่องท้อง ไขมันหุ้มไต | เนื้อน่อง | กล้ามเนื้อจากน่องทั้งสี่ข้าง |
|  |  | เนื้อพื้นอก | เนื้อใต้ซี่โครง |
|  |  | เนื้อเสือร้องไห้ | เนื้อติดมันบริเวณยอดอก |
|  |  | เศษเนื้อ | เอเศาจากการตัดแต่งมีลักษณะไม่เป็นก้อนเป็นชิ้น |
|  |  | เอ็นพังผืด | เนื้อที่ปนเอ็นและพังผืด |

**ที่มา:** ดัดแปลงจาก สัญชัย (2547)

**5. สีของเนื้อ (meat color)**

สีของเนื้อเกิดจากสารให้สีในกล้ามเนื้อซึ่งเป็นโปรตีนเรียกว่าฮีมโปรตีน (heam protein) ส่วนใหญ่สารให้สีในเนื้อ คือไมโอโกลบิน (myoglobin) ประมาณ 80-90% ที่เหลือคือเฮโมโกลบิน (heamoglobin) สีของเนื้อสัตว์จะแตกต่างกันไปขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น ชนิด เพศ อายุ และตำแหน่งของเนื้อบนร่างกาย เนื้อจะมีสีแดงสด แต่เนื้อสุกรจะมีสีชมพูเทา เนื้อจากสัตว์เพศผู้จะมีสีเข้มกว่าเนื้อจากสัตว์เพศเมีย เนื้อจากโคที่มีอายุมากจะมีสีเข้มหรือแดงกว่าเนื้อโคที่มีอายุน้อย และเนื้อขาหน้าหรือเนื้อขาหลังจะมีสีเข้มกว่าเนื้อสันนอก เป็นต้น เนื่องจากสีของเนื้อสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อเนื้อสัตว์เพื่อนำไปบริโภค ผู้บริโภคจึงควรทราบถึงสีของเนื้อสัตว์ที่ผิดปกติใน 2 ลักษณะคือ เนื้อสัตว์ที่มีสีซีดหรือจางกว่าปกติหรือเรียกว่าเนื้อพีเอสอี (PSE-pale soft exudative) ซึ่งมักพบในเนื้อสุกรมากกว่าเนื้อโค เป็นเนื้อที่มีสีซีด เนื้ออ่อนนุ่ม และมักมีน้ำซึมเยิ้มออกมาจากชิ้นเนื้อเมื่อกดชิ้นเนื้อ เนื่องมาจากโปรตีนในเนื้อเปลี่ยนแปลงทำให้ไม่สามารถอุ้มน้ำในเนื้อได้มาก รวมทั้งน้ำที่มีอยู่อย่างอิสระมีกระจายอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าน้ำที่อยู่ภายในเซลล์สำหรับเนื้อสัตว์ที่มีสีคล้ำกว่าปกติหรือเนื้อดีเอฟดี (DFD-dark firm dry) เป็นเนื้อที่มีสีคล้ำ เนื้อแน่น และผิวของเนื้อแห้ง เนื้อประเภทนี้โปรตีนในเนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จึงเก็บน้ำไว้ในเซลล์ได้มากทำให้มีการดูดกลืนแสงมาก และสะท้อนแสงสีขาวออกมาได้น้อย สีเนื้อจึงดูว่าคล้ำกว่าปกติ ทั้งเนื้อที่มีสีซีดและเนื้อที่มีสีคล้ำนอกจากทำให้เนื้อไม่ชวนให้ผู้บริโภคซื้อไปบริโภคแล้ว เนื้อดังกล่าวยังมีคุณค่าทางอาหารลดลงเนื่องจากมีการสูญเสียโภชนะบางอย่าง เช่นไวตามินบีหนึ่งและธาตุเหล็กแล้ว ยังไม่เหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ด้วย

**6. กล้ามเนื้อที่ใช้ในการฉีดยา**

ในการผลิตสัตว์เมื่อเกิดปัญหาด้านสุขภาพซึ่งมีผลทำให้สัตว์ป่วย ผู้เลี้ยงก็มีความจำเป็นต้องฉีดยาทั้งยาบำรุง ยาแก้อักเสบรวมทั้งยารักษาโรคต่าง ๆ เพื่อป้องกันและรักษาปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้น การฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อจัดเป็นวิธีการหนึ่งในการให้การรักษาสัตว์ แต่การฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อเราจำเป็นต้องเลือกกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่หรือหนาพียงพอที่ยาที่ฉีดจะมีการสะสมได้ รวมทั้งอยู่ในตำแหน่งที่เข้าฉีดยาได้ง่าย และไม่มีผลกระทบต่อโครงสร้างอื่นที่อยู่ใกล้เคียงกับกล้ามเนื้อ เช่นเส้นประสาท เป็นต้น สำหรับกล้ามเนื้อบนร่างกายที่ใช้ในการฉีดยาในสัตว์เศรษฐกิจ เช่น สุกร โค กระบือ แพะ แกะ และไก่ ที่นิยมใช้ในการฉีดยาเข้ากล้ามเนื้อแสดงในตารางที่ 9.1

**ตารางที่ 9.2** แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อบนร่างกายที่ใช้ในการฉีดยาสัตว์

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ชนิดสัตว์** | **ตำแหน่งกล้ามเนื้อ**  **บนร่างกาย** | **ชื่อกล้ามเนื้อ** |
| สุกร | คอ  ตอนท้ายของต้นขาหลัง | กล้ามเนื้อบราคิโอเซฟาลิคัส  (brachiocepalicus muscle)  กล้ามเนื้อเซมิเท็นดิโนซัส (semitendinosus muscle) |
| โค กระบือ แพะ แกะ | คอ  ตอนท้ายของต้นขาหน้า  สะโพก  ตอนท้ายของต้นขาหลัง | กล้ามเนื้อทราพีเซียส (trapezius muscle)  กล้ามเนื้อไทรเซ็บส์บราคิไอ  (triceps brachi muscle)  กล้ามเนื้อกลูเทล (gluteal muscle)  กล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstring muscle) ได้แก่  กล้ามเนื้อไบเซ็บส์ฟิเมอรีส (biceps femoris muscle)  กล้ามเนื้อเซมิเท็นดิโนซัส (semitendinosus muscle)  กล้ามเนื้อเซมิเมมบราโนซัส  (semimembranosus muscle) |
| ไก่ | หน้าอก | กล้ามเนื้อซูปราโคลาคอยเดียส  (supracoracoideus muscle)  กล้ามเนื้อเพคทอรารีส (pectoralis muscle) |

**ที่มา :** ดัดแปลงจาก C0lville and Barssert (2002)