

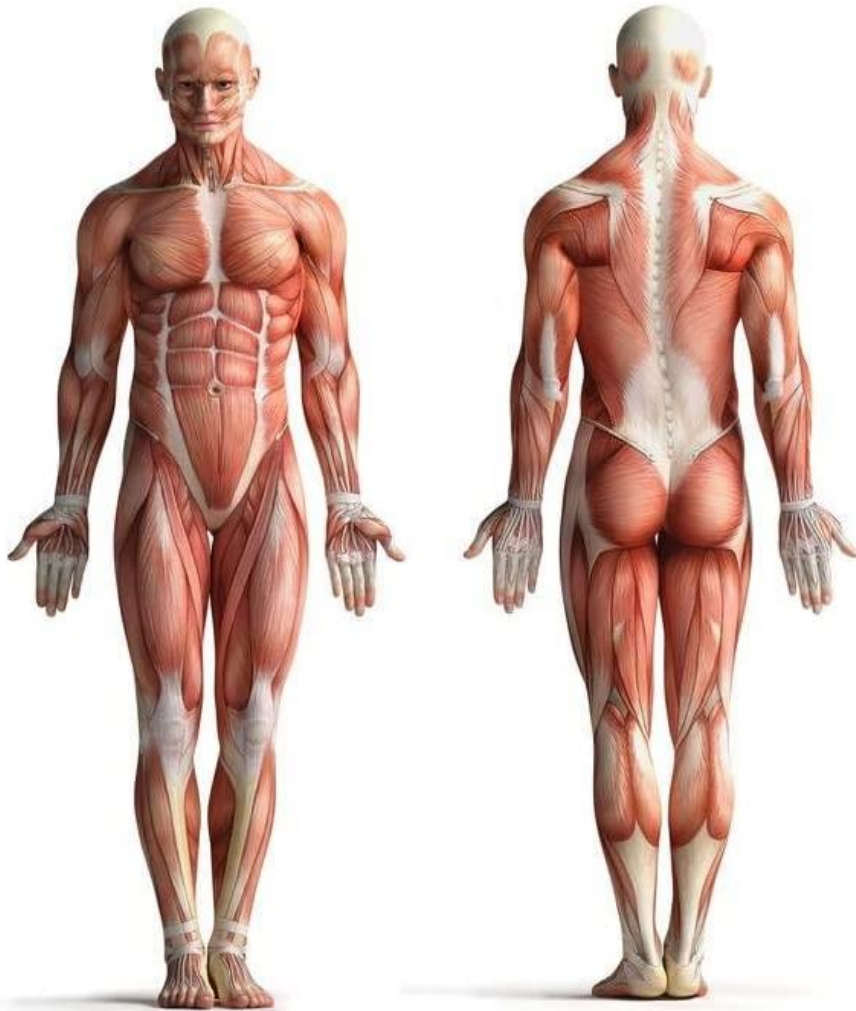


# บทที่ 5

## ระบบกล้ามเนื้อ

# Muscular System

## ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไป



Reusi dut ton

บ้านเรียนรู้หัตถบำบัด และการดูแลสุขภาพ

### ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไป

- ชนิด และคุณสมบัติของกล้ามเนื้อ
- จุลกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อ
- พังผืดหุ้มกล้ามเนื้อ
- จุดเกาะของกล้ามเนื้อ
- การประสานงานของกลุ่มกล้ามเนื้อ
- การจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อ
- การเรียกชื่อกล้ามเนื้อ



## ชนิด และคุณสมบัติของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อที่พบในอวัยวะเกือบทุกชนิดของร่างกาย และนับว่าเป็นเนื้อเยื่อที่มีปริมาณมากที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 40-50 ของน้ำหนักตัว การทำงานของกล้ามเนื้อ คือ การหดตัว (contraction) ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว (movement) ของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น ระบบกระดูก ระบบไหลเวียนของโลหิต ระบบหายใจ ระบบย่อยอาหาร และขับถ่าย ปัสสาวะ เป็นต้น

### ชนิดของกล้ามเนื้อ

ภายในร่างกายประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อลายพบทั่วไปตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย มีความเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว โดยทั่วไปมีจุดเกาะอยู่ที่กระดูก และมักหดข้ามข้อต่อ ดังนั้นเมื่อมันหดตัวจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น กล้ามเนื้อหัวใจพบที่หัวใจแห่งเดียว มีคุณสมบัติพิเศษในการส่งถ่ายสัญญาณไฟฟ้าซึ่งมีผลต่อการบีบตัวของหัวใจ ส่วนกล้ามเนื้อเรียบมักพบบุอยู่ตามอวัยวะภายใน เมื่อบีบตัวจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นคลื่น (peristalsis) พบว่ากล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบไม่สามารถควบคุมได้ด้วยอำนาจจิตใจ แต่ได้รับการควบคุมด้วยระบบประสาทอัตโนมัติ

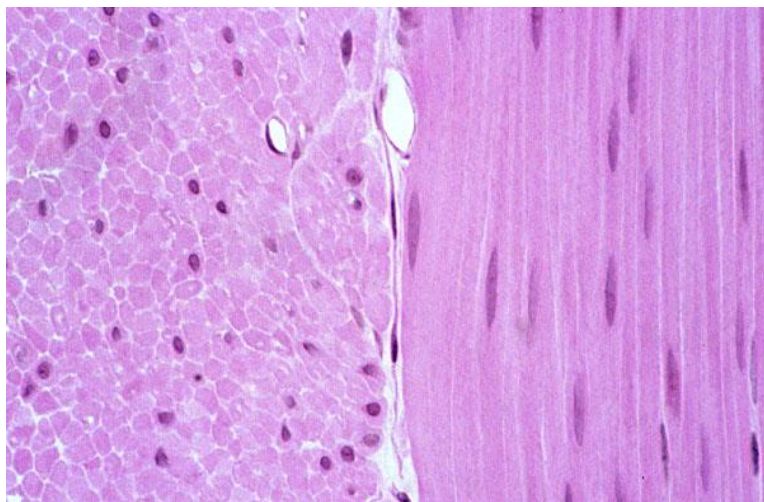
1. **กล้ามเนื้อลาย** (striated or skeletal muscle) ประกอบขึ้นเป็นกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของร่างกาย และเกาะอยู่กับกระดูก เป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง (somatic musculature) เช่น กล้ามเนื้อหน้า แขน ขา ลำตัว และที่เป็นโครงสร้างของส่วนนอกของร่างกายทั้งหมด
2. **กล้ามเนื้อเรียบ** (smooth or visceral muscle) ประกอบขึ้นเป็นผนังของอวัยวะภายใน เช่น กระเพาะอาหาร ลำไส้ มดลูก และผนังของหลอดเลือด เป็นต้น
3. **กล้ามเนื้อหัวใจ** (cardiac muscle) พบเฉพาะที่ผนังของห้องหัวใจ

## คุณสมบัติโดยทั่วไปของกล้ามเนื้อ

1. การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (irritability หรือ excitability) คือ สามารถที่จะตอบสนองต่อสิ่งที่มากระตุ้นซึ่งเป็นคำสั่งจากสมองที่มาตามเส้นประสาทและตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นนั้น
2. การหดตัว (contractility) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของกล้ามเนื้อทำให้เกิดการทำงานและการเคลื่อนไหวของร่างกาย
3. การยืดตัวหรือหย่อนตัว (extensibility) คือ การขยายตัวของกล้ามเนื้อป้องกันการฉีกขาดของกล้ามเนื้อเมื่อมีการกระตุ้น หรือการยืดตัวมาก ๆ
4. การมีคุณสมบัติคล้ายยางยืด (elasticity) เป็นความสามารถยืดหดกลับไปสู่สภาพเดิม

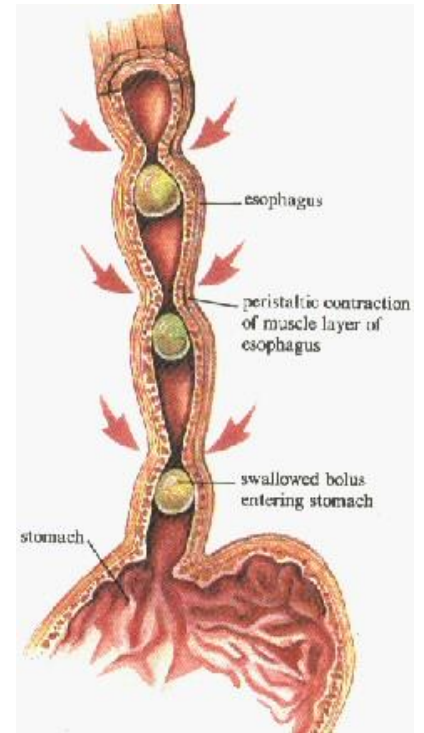
## จุลกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อ

### กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle)

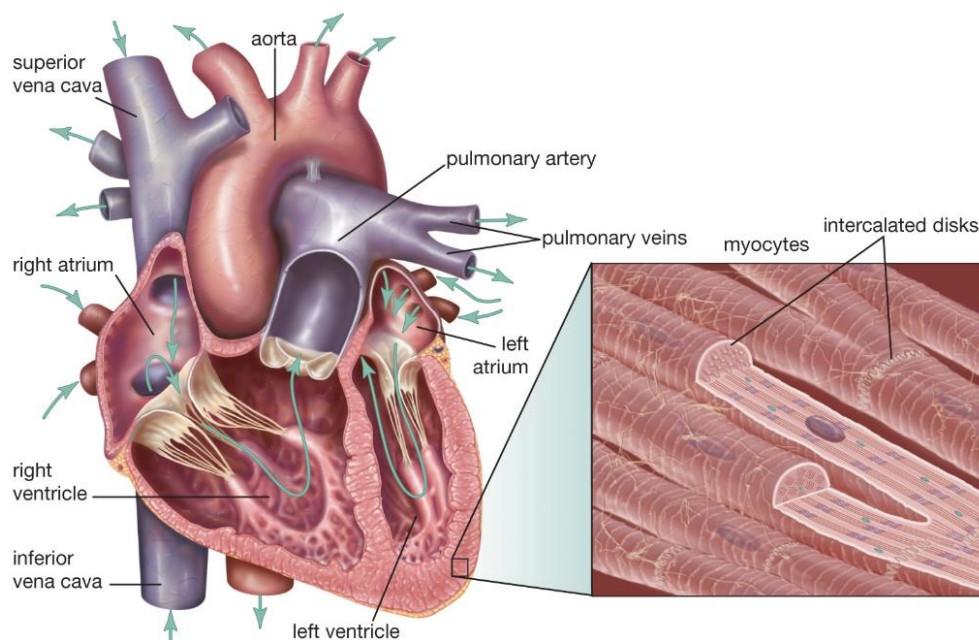


กล้ามเนื้อเรียบเป็นองค์ประกอบอยู่ที่ผนังอวัยวะภายในต่างๆ (ยกเว้นหัวใจ) กล้ามเนื้อนี้เป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอวัยวะที่มันบุอยู่ เซลล์ของกล้ามเนื้อเรียบมีลักษณะเล็กและรูปร่างคล้ายกระสวย (fusiform shape or spindle) มีนิวเคลียส 1 อัน อยู่ตรงกลางเซลล์ เส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบประมาณ 3-6 ไมโครเมตร (1 ไมโครเมตรเท่ากับ 0.001 มิลลิเมตร) มีความยาวประมาณ 100-500 ไมโครเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเซลล์กล้ามเนื้อลาย เมื่อศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์จะไม่เห็นลายที่กล้ามเนื้อนี้

กล้ามเนื้อเรียบมีเยื่อหุ้มใยกล้ามเนื้อเล็กน้อย เยื่อหุ้มดังกล่าวเป็นทางผ่านของหลอดเลือดและเส้นประสาทเพื่อส่งไปเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อ นอกจากนี้พบว่าเซลล์ของกล้ามเนื้อเรียบมักเรียงตัวเป็นแผ่น และการเรียงตัวของมันตามอวัยวะต่างๆ มีลักษณะทั้งตามยาวเป็นวง และเป็นแนวเฉียง อยู่รอบอวัยวะ เช่น อวัยวะในระบบหายใจ ระบบย่อยอาหาร เป็นต้น เมื่อกล้ามเนื้อเรียบหดตัวจะมีผลให้ช่องภายในอวัยวะมีการบีบตัวทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะเป็นคลื่นเรียกว่า peristalsis ทำให้มีการผสมของอาหารภายใน หรือมีการขับเคลื่อนสิ่งต่างๆ ที่อยู่ภายในอวัยวะนั้น

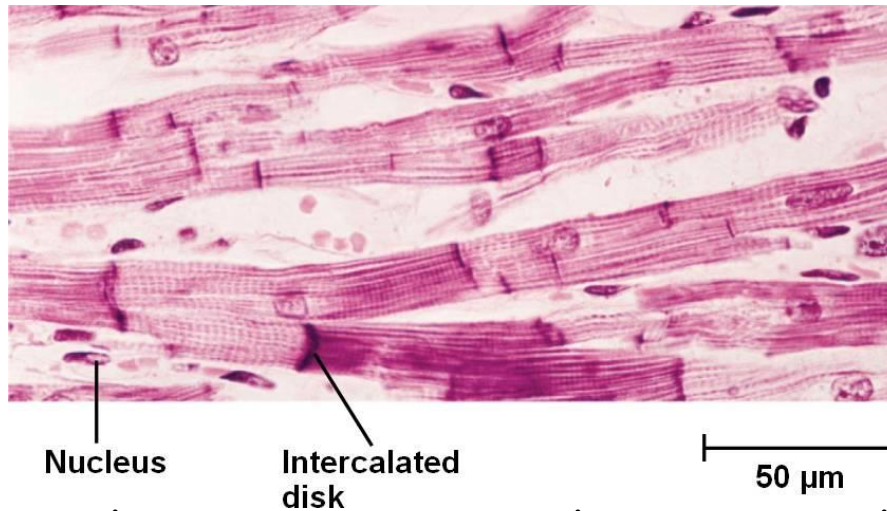


## กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)



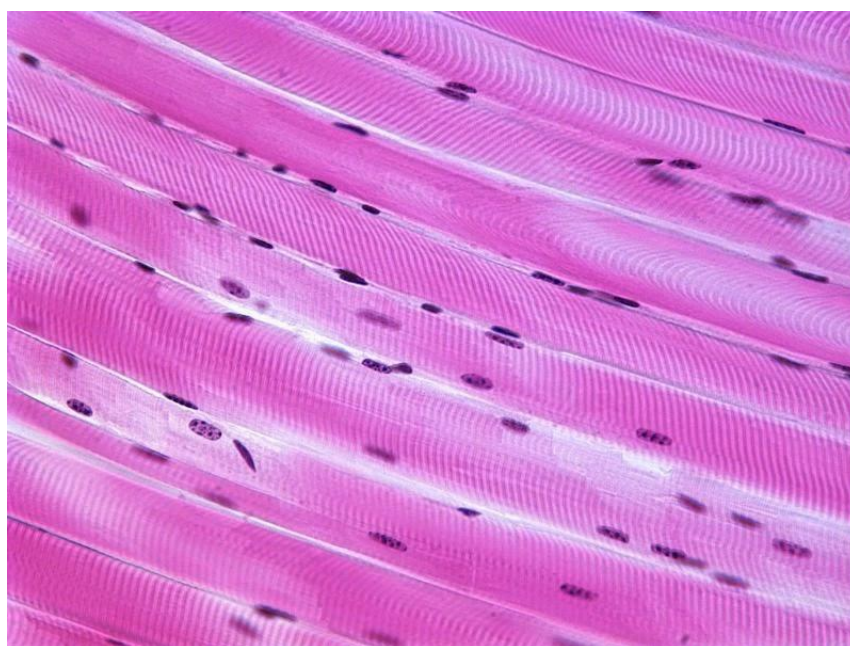
รูปร่างของเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกคล้ายเซลล์ของกล้ามเนื้อลาย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 9-22 ไมครอน แต่ละเซลล์จะถูกห่อหุ้มด้วย sarcolemma เหมือนกล้ามเนื้อลาย แต่นิวเคลียสจะมีเพียงอันเดียวอยู่ตรงกลางเซลล์ myofibril ประกอบด้วย myosin และ actin filament เรียงตัวเป็น sarcomere เหมือนกล้ามเนื้อลาย

mitochondria จะมีมากกว่าในกล้ามเนื้อลาย sarcoplasmic reticulum ส่วนใหญ่จะเป็นชนิด smooth sarcoplasmic reticulum

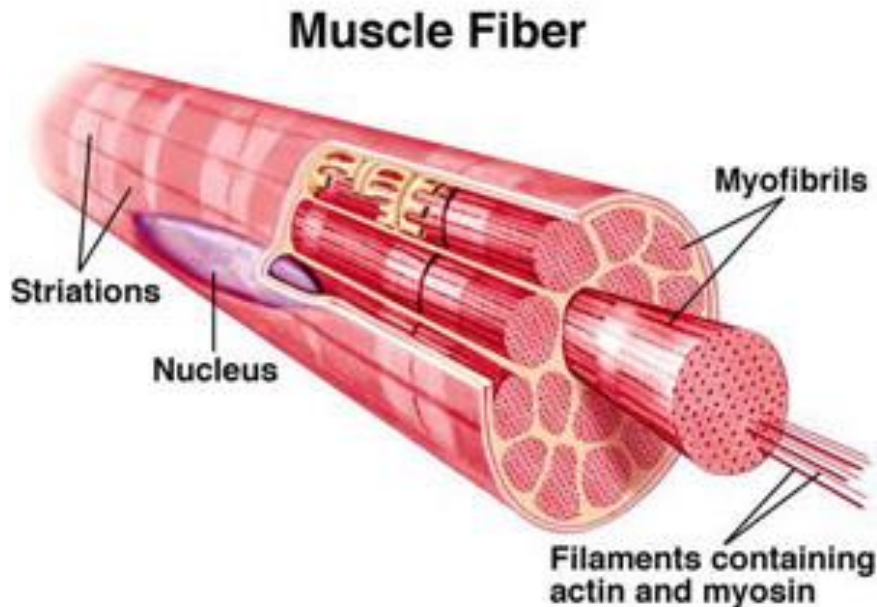


เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจจะแตกต่างจากเซลล์กล้ามเนื้อลาย คือ เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจแม้จะมีลักษณะเป็น cylindrical shape แต่พบว่ามีลักษณะเป็นแขนงหลายแขนง และแต่ละแขนงจะเชื่อมต่อกับแขนงของเซลล์ข้างเคียง ซึ่งเห็นเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า intercalated disk จากกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาจะเห็นเป็นแถบ ติดสีที่บดขยี้กับแนวแกนของเซลล์ ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนพบว่าบริเวณดังกล่าวจะเป็นส่วนของ junctional complex ที่ทำหน้าที่ติดต่อกันระหว่างเซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจ

### กล้ามเนื้อลาย (Striated or Skeletal Muscle)



เซลล์กล้ามเนื้อลาย เรียกว่า muscle fiber เซลล์กล้ามเนื้อลาย มีลักษณะเป็นเซลล์รูปทรงกระบอก (cylindrical shape) มีความยาวตั้งแต่ 2-3 มม. ไปจนถึง 10 ซม. เซลล์กล้ามเนื้อลายแต่ละเซลล์ประกอบด้วยโครงสร้างที่เรียกว่า myofibrill โดย myofibrill จะเรียงขนานกันอยู่ตามความยาวของเซลล์กล้ามเนื้อ

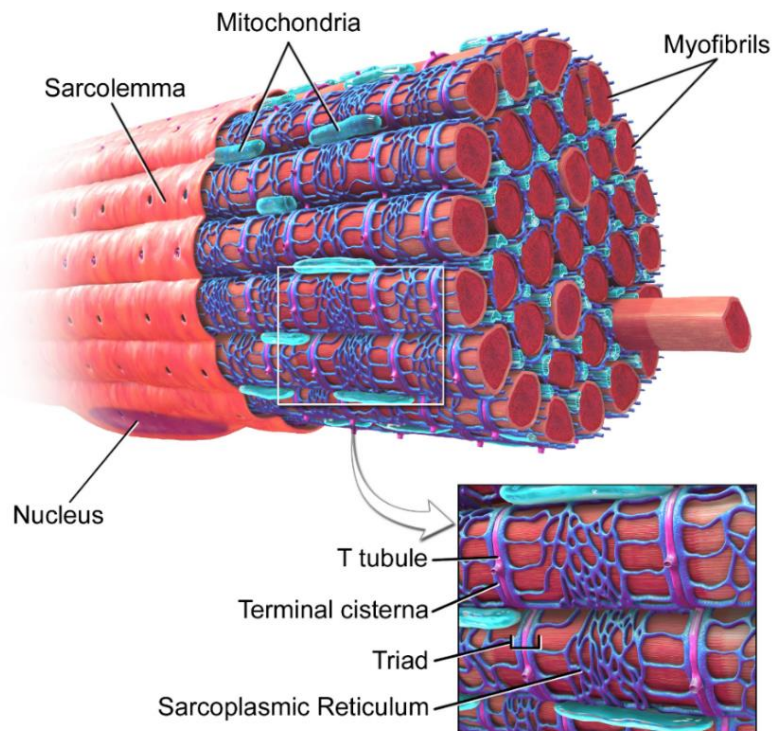


myofibrill แต่ละอันจะประกอบด้วยโครงสร้างขนาดเล็กลงไปอีก เรียกว่า myofilament โดย myofilament นี้ นับว่าเป็นโครงสร้างที่เล็กที่สุดของกล้ามเนื้อ โดยมีองค์ประกอบเป็นโปรตีน ในกล้ามเนื้อมี myofilament ที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นเส้นหนาที่บ (thick filament หรือ myosin) และชนิดที่เป็นเส้นบาง (thin filament หรือ actin)

**เซลล์กล้ามเนื้อลาย เป็นเซลล์ที่ไม่สามารถแบ่งตัวได้ หากมีการทำลายเซลล์กล้ามเนื้อ และเกิดการตายของเซลล์แล้วจะมีการแทนที่เซลล์ที่ตายด้วยพังผืด ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของมัดกล้ามเนื้อ**

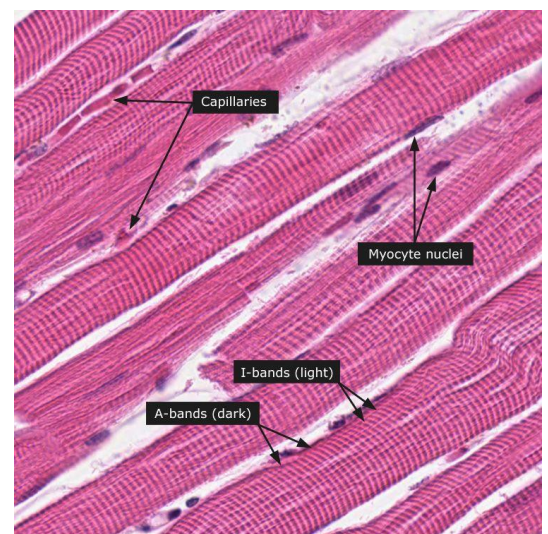
**กล้ามเนื้อลายสามารถทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นได้ด้วยการบริหาร และการออกกำลังกาย การที่กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขนาดขึ้น แต่ไม่มีการเพิ่มจำนวนของเซลล์กล้ามเนื้อ**

## เส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibril)



เซลล์กล้ามเนื้อ มีองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์เช่นเดียวกับเซลล์ทั่วไป แต่ชื่อที่เรียกองค์ประกอบนั้น ๆ อาจจะแตกต่างกันออกไป เช่น ผนังที่หุ้มเซลล์ เรียกว่า sarcolemma ส่วน cytoplasm ของเซลล์ เรียกว่า sarcoplasm ซึ่งมี myofibril เรียงตัวกันอยู่ ช่องว่างระหว่าง myofibril จะมี mitochondria และ endoplasmic reticulum (ER) ซึ่งในเซลล์กล้ามเนื้อ เรียกว่า sarcoplasmic reticulum เซลล์กล้ามเนื้อกลายเป็นเซลล์ชนิด multinucleated cell คือ 1 เซลล์มีหลายนิวเคลียส และจะพบนิวเคลียสเรียงตัวอยู่ชิดกับ sarcolemma

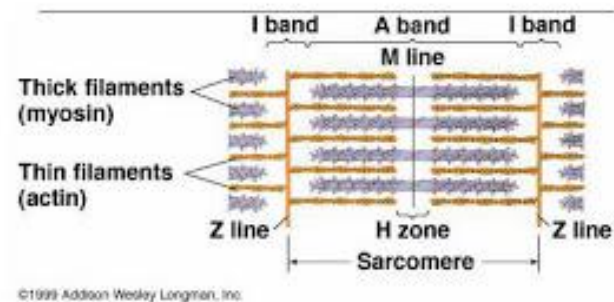
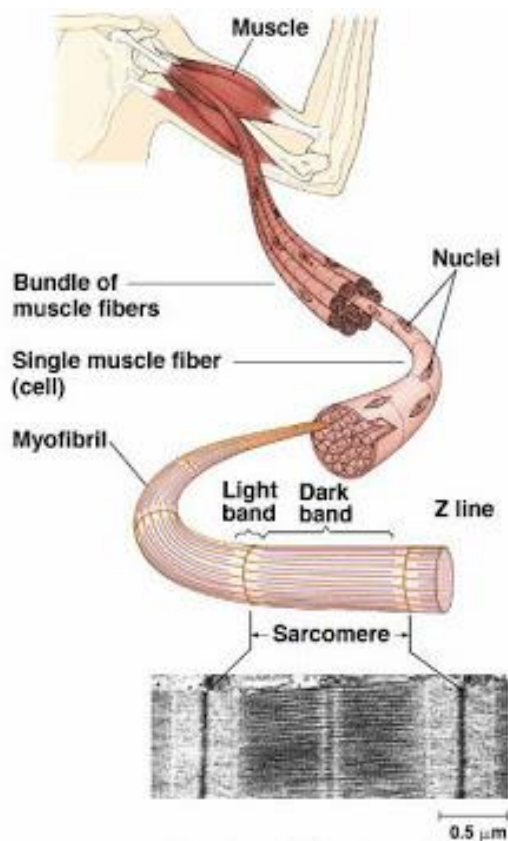
เส้นใยโปรตีนภายในเซลล์กล้ามเนื้อลาย (myofibril) มีปริมาณร้อยละ 80 ของปริมาตรกล้ามเนื้อ เส้นใยดังกล่าวช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยประกอบด้วยเส้นใย 2 ชนิด (myofilament) ได้แก่ ชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลเล็กเรียกว่า actin และชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลใหญ่ เรียกว่า myosin เส้นใยทั้งสองวิ่งขนานตามแกนยาวของเซลล์ โดยเมื่อสัญญาณจากเส้นประสาทมาสู่กล้ามเนื้อจะทำให้เกิดการปลดปล่อย calcium ion ที่อยู่ภายในทำให้ myofilament ทั้งสองเกิดการเคลื่อนที่ มีผลให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งหมด





เมื่อขยายเซลล์กล้ามเนื้อลายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจะเห็นลายตามขวางอย่างเป็นระเบียบโดยเห็นลักษณะเป็นแถบมืดสลับกับแถบสว่าง ซึ่งลายเหล่านี้เกิดจากการเรียงตัวของ myofibril นั่นเอง และเรียกแถบต่างๆ ดังนี้

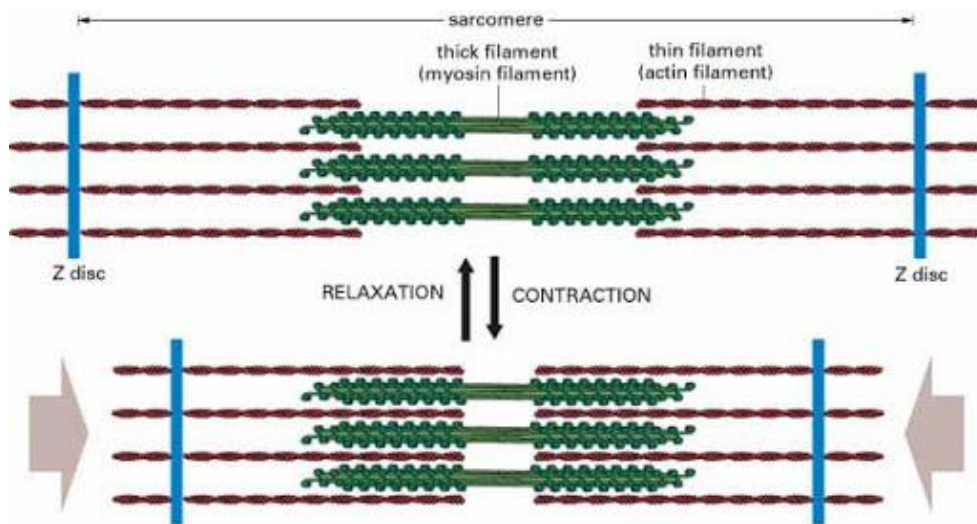
- แถบมืด เรียกว่า A - Band ประกอบด้วยเส้นใย myosin และ actin
- แถบสว่าง เรียกว่า I - Band ประกอบด้วยเส้นใย actin
- แถบจางกลางแถบมืด เรียกว่า H - Zone (band) ประกอบด้วยโปรตีน myosin
- ตรงกลาง H - Zone (band) มีเส้นทึบ เรียกว่า M - Line
- แถบบางกลางแถบสว่าง เรียกว่า Z - Line เป็นที่เกาะของ myofibrils



แถบมืดหรือ A Band มาจากคำว่า “Anisotropic (แปลว่า มีคุณสมบัติที่ต่างกันทางกายภาพ)” ประกอบไปด้วยเส้นใย myosin และ actin ส่วนแถบสว่าง หรือ I Band มาจากคำว่า “Isotropic (แปลว่า มีคุณสมบัติที่เหมือนกันทางกายภาพ)” ประกอบไปด้วยเส้นใย actin เพียงชนิดเดียว อย่างไรก็ตามบริเวณตรงกลางของแถบมืดจะพบเป็นแถบสว่างปรากฏอยู่ เรียกว่า H band บริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีเส้นใย myosin เพียงชนิดเดียว และ H band จะหายไป

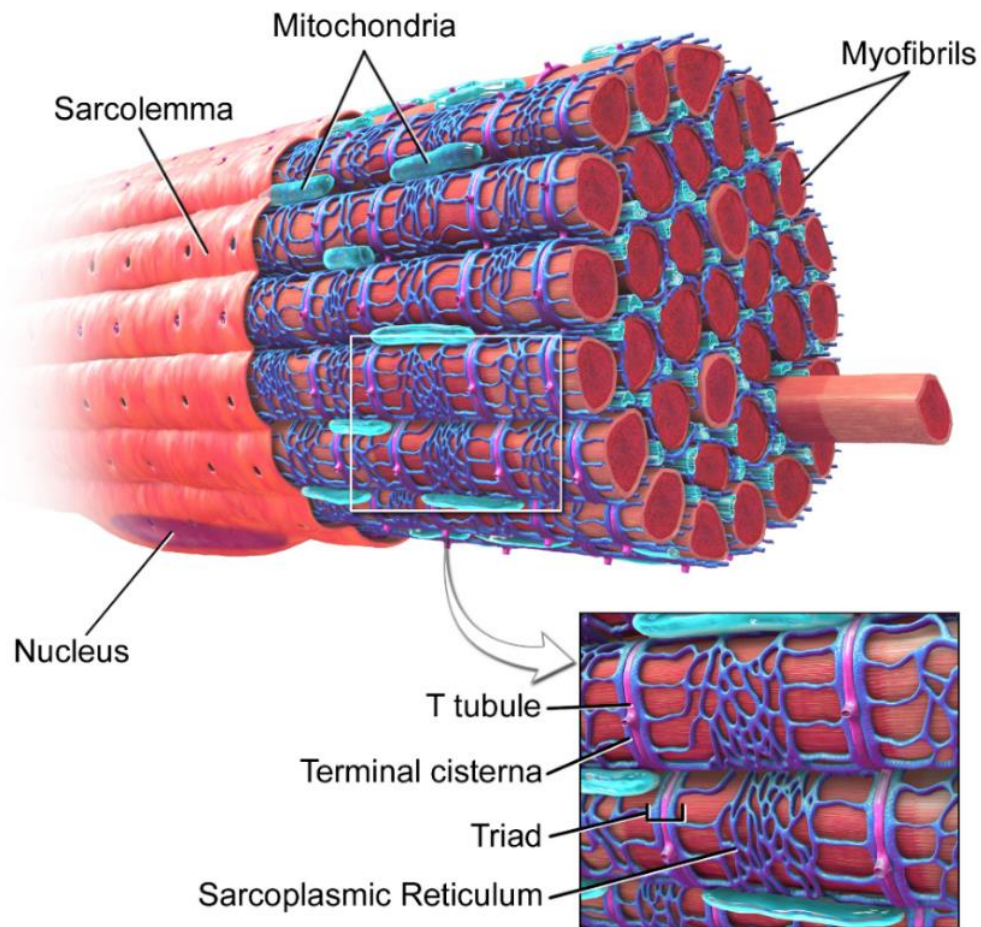
เมื่อก้ามเนื้อมีการหดตัว พบว่าตรงกลางของ H band มีเส้นสีดำพาดแบ่ง H band ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เรียกเส้นดังกล่าวว่า M Line

ตรงกลางของ I band มีเส้นสีดำพาดแบ่ง เรียกว่า Z Line โดยระหว่าง Z Line สองเส้น เรียกว่า 1 Sacromere มีความยาวประมาณ 2 ไมโครเมตร และความยาวของเส้น Z Line จะสั้นลงในขณะที่ก้ามเนื้อมีการหดตัว เนื่องจากมีการซ้อนกันของเส้นใย actin และ myosin ส่งผลให้ H band และ I band แคบลง แต่ A band คงที่



เซลล์กล้ามเนื้อลาย เมื่อทำการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าบริเวณรอยต่อระหว่าง A-band และ I-band จะพบลักษณะของ sarcolemma ที่ยื่นเข้ามาหุ้มรอบ myofibril มีลักษณะเป็นท่อตามขวาง เรียกว่า transverse tube (T-tube) ระหว่าง T-tube จะพบโครงสร้างของ sarcoplasmic reticulum เชื่อมต่อกันเป็นร่างแห และบริเวณปลายของ sarcoplasmic reticulum ใกล้กับ T-tube จะมีลักษณะเป็นท่อขนาดใหญ่ เรียกว่า terminal cistern ทอดขนานกับ T-tube ทั้งสองข้าง และเรียกโครงสร้างทั้งสามที่ประกอบด้วย terminal cistern 2 อัน และ T-tube นี้ว่า triad โดยทั่วไปแล้วเราจะพบ triad ได้ 2 triad ต่อ 1 sarcomere

การกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยระบบประสาท เกิดขึ้นโดยปลายประสาทจะมีการปล่อยสารสื่อประสาท มายัง synaptic cleft และจับกับ receptor บน sarcolemma และส่งผลต่อ sarcolemma ที่พORMเป็น T-tube ไปกระตุ้น terminal cistern ให้เกิดการปล่อย calcium ion ที่สะสมอยู่ออกมาใน sarcoplasm ของเซลล์กล้ามเนื้อ free calcium ion ที่ถูกปล่อยออกมาจะไปกระตุ้นให้เกิดการจับกันของ thick และ thin filament ซึ่งต่อมาจะส่งผลให้เกิด sliding myofibril mechanism ทำให้ก้ามเนื้อเกิดการหดตัว (contraction) ได้ในที่สุด



กล้ามเนื้อลาย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

### 1. Red muscle (Slow twitch)

ในสภาวะสดๆ จะมองเห็นเป็นสีแดง เพราะมีส่วนประกอบของ myoglobin และ เส้นเลือด เป็นจำนวนมาก เซลล์มีขนาดเล็ก ภายในเซลล์บรรจุ mitochondria เป็นจำนวนมาก ใช้พลังงานจากออกซิเจน **หดตัวได้ช้า แต่ทนทาน** ทำงานได้เรื่อยๆ เพิ่มจำนวนได้ดี ตัวอย่างกล้ามเนื้อ เช่น กล้ามเนื้อของแขนและขา เป็นต้น

### 2. White muscle (Fast twitch)

ในสภาวะสดๆ เห็นเป็นสีขาว เพราะมี glycogen จำนวนมาก มีเส้นเลือดมาเลี้ยงน้อย เซลล์ของกล้ามเนื้อนี้มีขนาดใหญ่และภายในเซลล์มี mitochondria ขนาดเล็ก และจำนวนน้อย การทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้ ใช้พลังงานหลักคือพลังงานสำรองในเซลล์ กล้ามเนื้อชนิดนี้ **หดตัวเร็ว แรง** แต่ทำงานได้ไม่นานนัก เพิ่มขนาดได้ดี เช่น กล้ามเนื้อหน้าอก เป็นต้น

### 3. Intermediate muscle

มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างกล้ามเนื้อลายทั้ง 2 ชนิด ส่วนใหญ่มีโครงสร้างคล้าย red muscle แต่มี sarcomere ที่เล็กกว่า

การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 2 แบบ

- **Isometric contraction** การหดตัวแบบความยาวกล้ามเนื้อเท่าเดิม เช่น การเกร็ง แต่ไม่เคลื่อนไหว สิ่ง que เปลี่ยนแปลงคือความตึงตัวของกล้ามเนื้อ
- **Isotonic contraction** การหดตัวแบบความตึงตัวเท่าเดิม เช่น การยกของขึ้นลง มีการเคลื่อนไหว สิ่ง que เปลี่ยนแปลงคือความยาวของกล้ามเนื้อ
  - Concentric contractions (กล้ามเนื้อหด สั้นเข้า)
  - Eccentric contractions (กล้ามเนื้อหด ยาวออก)

## พังผืดหุ้มกล้ามเนื้อลาย (Fascia of Skeletal Muscle)

กล้ามเนื้อลายทั้งมัด (muscle bundle) ประกอบด้วยกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อเป็นจำนวนมากเรียกว่า fasciculus (แต่ละ fasciculus มีการเรียงตัวที่ขนานกันตามแกนยาวของมัดกล้ามเนื้อ) ภายใน fasciculus ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อเรียกว่า muscle fiber อย่างหนาแน่น พบว่า muscle fiber ถูกหุ้ม

ด้วยพังผืดเรียกว่า endomysium ส่วน

fasciculus ถูกหุ้มโดยพังผืด

เรียกว่า perimysium และ

พังผืดที่หุ้มกล้ามเนื้อทั้งมัด

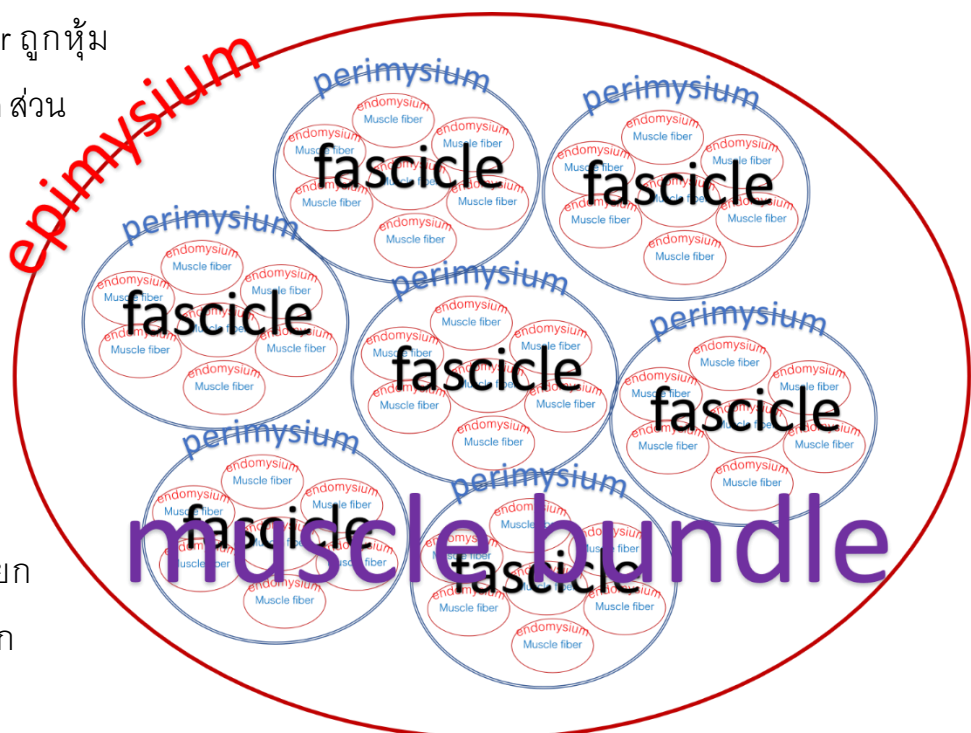
เรียกว่า epimysium พบว่า

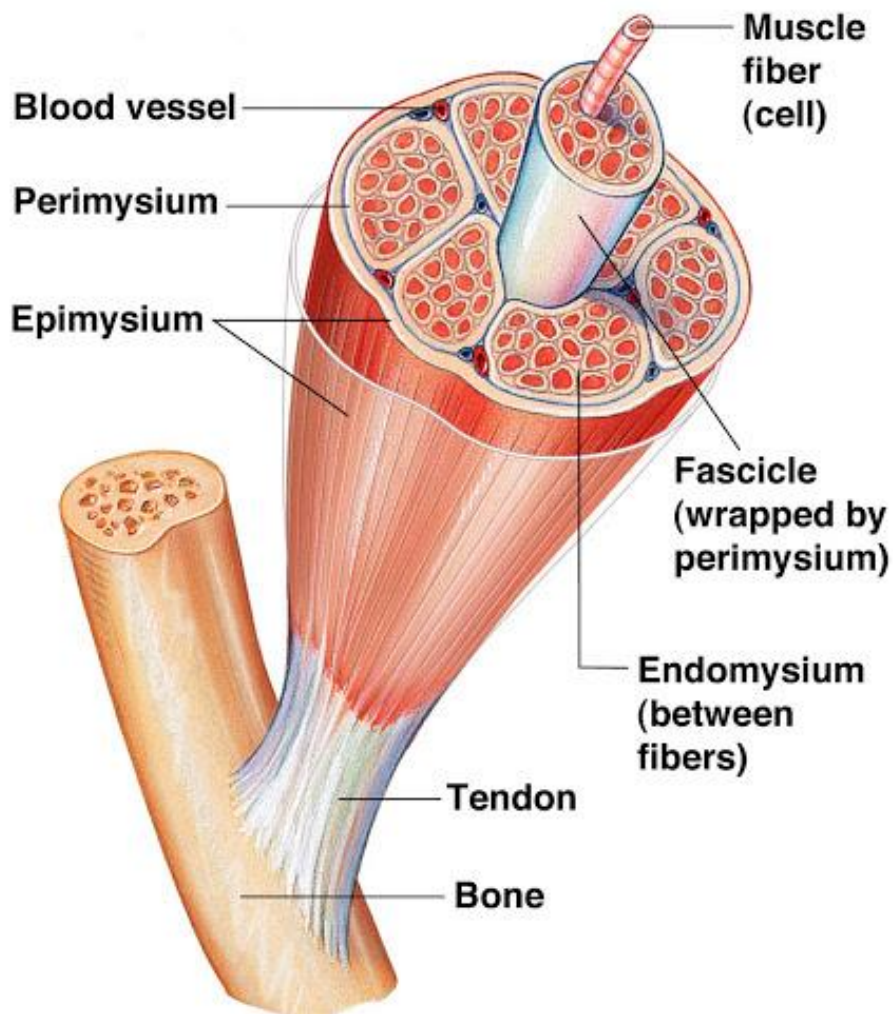
epimysium ติดต่อกับ

tendon ของกล้ามเนื้อและไปยึด

กับกระดูก โดย epimysium แยก

เป็น 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นตื้น กับ ชั้นลึก





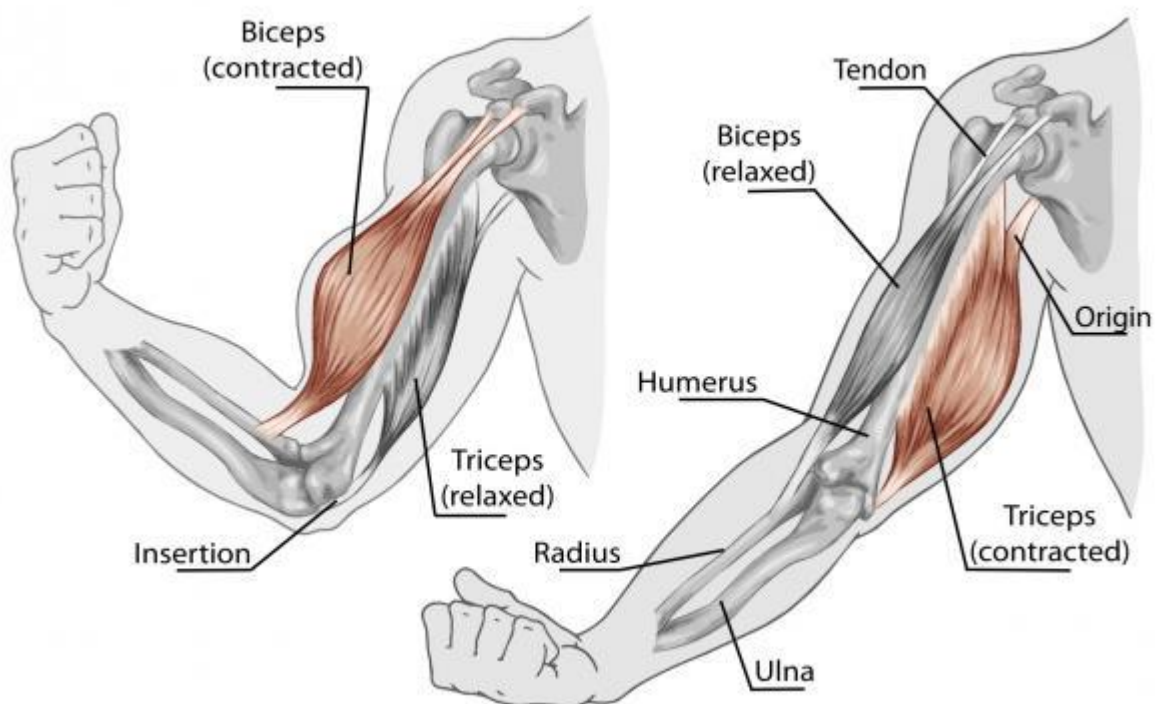
Myofibril                      ถูกหุ้มด้วย **endomysium**                      รวมเป็น Muscle fiber  
 (thick filament หรือ myosin และ thin filament หรือ actin)

Muscle fibers                      หลาย muscle fibers ถูกหุ้มด้วย **perimysium**                      รวมเป็น Fascicle

Fascicle                      หลาย fascicle ถูกหุ้มด้วย **epimysium**                      รวมเป็น Muscle bundle

## จุดเกาะของกล้ามเนื้อ (Attachment of the Muscle)

กล้ามเนื้อลายมีการยึดเกาะจากกระดูกหนึ่งและข้ามข้อต่อไปเกาะอีกกระดูกหนึ่ง ดังนั้นเมื่อกกล้ามเนื้อมีการหดตัวจะทำให้เกิดการดึงและเหนี่ยวรั้งกระดูกให้มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น จุดเกาะของกล้ามเนื้อมีทั้งที่เป็นจุดเกาะต้น (origin) และจุดเกาะปลาย (insertion) โดยในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวจุดเกาะต้นมักเป็นจุดที่อยู่นิ่งกับที่ ส่วนจุดเกาะปลายเป็นจุดที่กระดูกมีการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตามพบว่ากล้ามเนื้อมัดเดียวกันอาจจะมีการสลัจุดทั้งสองได้เมื่อมีการเคลื่อนไหวที่ต่างออกไป สาเหตุเนื่องจากการเปลี่ยนแรงดึงของกล้ามเนื้อเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม (reverse action)

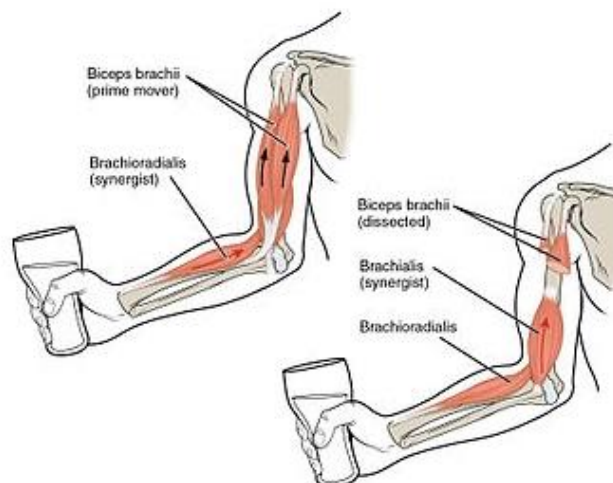


มัดกล้ามเนื้อที่อยู่ระหว่างจุดเกาะต้นและจุดเกาะปลาย เรียกว่า “body หรือ belly หรือ bundle” เป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่มีหลอดเลือดและเส้นประสาทมาเลี้ยงค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามพบว่ากล้ามเนื้อบางมัดอาจจะมีจุดเกาะต้นได้หลายจุด เช่น biceps brachii มีจุดเกาะต้น 2 จุด เป็นต้น ส่วนปลายของกล้ามเนื้อมักกลายเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เรียกว่า เส้นเอ็น (tendon) ซึ่งมันเป็นตัวยึดกล้ามเนื้อให้ติดกับกระดูก กระดูกอ่อน แผ่นพังผืด หรือผิวหนัง เส้นเอ็นดังกล่าวนี้จะเชื่อมต่อกับเยื่อหุ้มกระดูก (periosteum) เส้นเอ็นของกล้ามเนื้อมีหลอดเลือดส่งเข้ามาเลี้ยงค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงมักพบว่าเส้นเอ็นมีการติดเชื่อก่อนข้างง่าย

## การประสานงานของกลุ่มกล้ามเนื้อ

เมื่อกกล้ามเนื้อมีการหดตัว พบว่าความยาวของกล้ามเนื้อจะสั้นลง ทำให้มันดึงรั้งจุดเกาะปลายของกระดูกเข้าหาจุดเกาะต้น มีผลทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น การเคลื่อนไหวต่างๆ เช่น การงอ การเหยียด การกาง การหุบ เป็นต้น อย่างไรก็ตามในแต่ละการเคลื่อนไหวของร่างกาย จำเป็นต้องมีกล้ามเนื้อหลายมัดทำงานร่วมกัน เพื่อให้การเคลื่อนไหวบรรลุจุดมุ่งหมาย ดังนั้นในขณะมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น สามารถแบ่งกล้ามเนื้อออกตามหน้าที่การทำงานได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (Primover หรือ Agonist) เป็นกล้ามเนื้อมัดหลักที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขึ้น
2. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist) เป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานตรงข้ามกับกล้ามเนื้อหลัก ดังนั้นถ้ากล้ามเนื้อหลักหดตัว กล้ามเนื้อนี้จะคลายตัว ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อ triceps brachii ที่เป็น antagonist กับกล้ามเนื้อ biceps brachii เป็นต้น นอกจากนี้กล้ามเนื้อ antagonist ยังช่วยในการป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อ primover มีการเคลื่อนไหวที่มากเกินไป และช่วยทำให้การเคลื่อนไหวรวดเร็วขึ้นดังนั้นจะเห็นว่ากล้ามเนื้อที่เป็น antagonist มักมีตำแหน่งอยู่ตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อที่เป็น primover
3. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ช่วยเหลือ (Synergist) ทำหน้าที่ช่วย primover ทำงานเพื่อให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างราบรื่น เช่น กล้ามเนื้อ latissimus dorsi ที่ทำหน้าที่ในการเหยียด หุบ และหมุนแขนเข้าทางด้านใน จะได้รับการช่วยเหลือจากกล้ามเนื้อ teres major ที่ช่วยเริ่มให้เกิดการเคลื่อนไหวดังกล่าว เป็นต้น



4. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยึดจุดเกาะต้น (Fixator) ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวของ primover เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อ synergist โดยกล้ามเนื้อชนิด Fixator จะช่วยยึดจุดเกาะต้นของ primover ให้อยู่นิ่งในขณะที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อ การยึดดังกล่าวจะทำให้จุดเกาะปลายมีการเคลื่อนไหวเพียงจุดเดียวเท่านั้น

## การจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อ (Muscle Architecture)

กล้ามเนื้อลายภายในร่างกายแต่ละบริเวณมีการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกันออกไปเพื่อความเหมาะสมในการทำงาน มีการแบ่งกล้ามเนื้อลายตามลักษณะการจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อออกได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

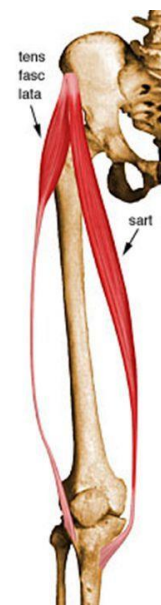
### 1. กล้ามเนื้อที่มีใยกล้ามเนื้อเรียงตัวตามแนวยาว

พบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่เรียงตัวตามยาวมีลักษณะเป็นแถบและมีจำนวนไม่มากนัก โดยมีการทำงานที่ทนต่อน้ำหนักได้น้อย กล้ามเนื้อชนิดนี้ปลายของมันกลายเป็นเส้นเอ็นและไปยึดกับกระดูก โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

- 1.1. กล้ามเนื้อที่มีลักษณะเป็นแถบ (Strap) มีอยู่ทั่วไปภายในร่างกาย ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อกลุ่มที่อยู่ใต้กระดูก hyoid กล้ามเนื้อ sartorius และกล้ามเนื้อ rectus abdominis เป็นต้น กล้ามเนื้อดังกล่าวประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวขนาดกันอย่างเป็นระเบียบและส่วนใหญ่ไปเกาะที่กระดูกโดยตรง

### Sartorius

- **Origin** Anterior superior iliac spine
- **Insertion** Superior aspect of the medial surface of the tibial shaft near the tibial tuberosity
- **Action** Flexes and laterally rotates the hip joint and flexes the knee
- **Innervation** Femoral nerve





1.2. กล้ามเนื้อที่มีลักษณะหัวแหลมท้ายแหลม (Fusiform) คล้ายกระสวย ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อ flexor carpi radialis และ digastric เป็นต้น กล้ามเนื้อดังกล่าวมักกลายเป็นเส้นเอ็นก่อนที่จะไปเกาะที่กระดูก

## FLEXOR CARPI RADIALIS

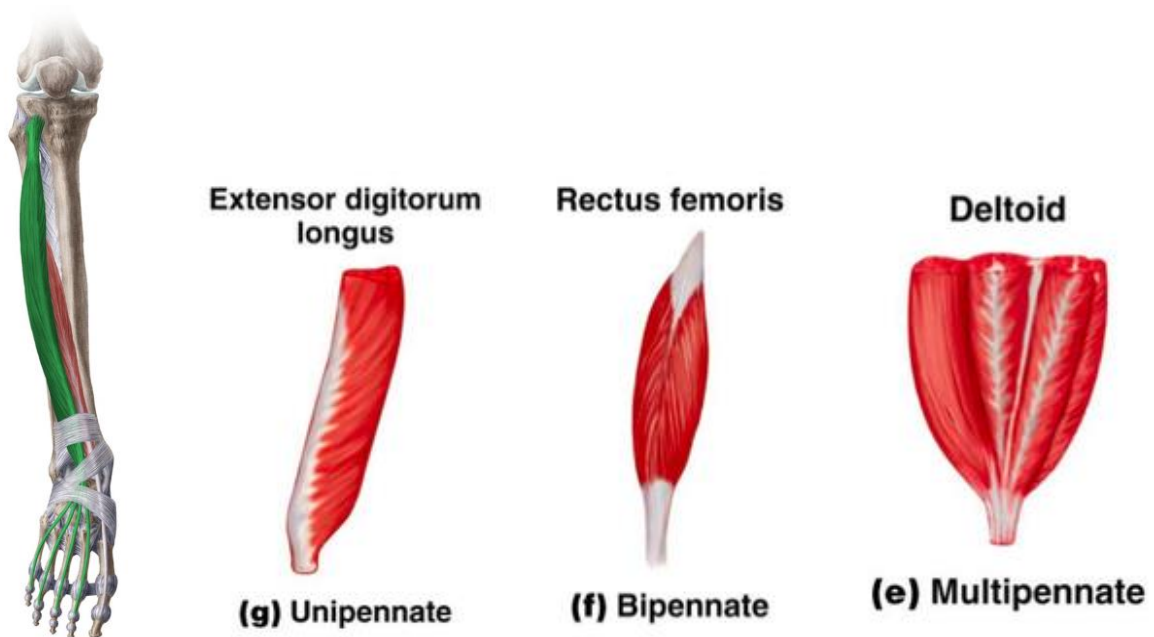
**Origin** Medial epicondyle of humerus  
**Insertion** Base of 2nd metacarpal  
**Action** Flexes and radial deviates the hand (at wrist)  
**Innervation** Median nerve (C6 and C7)



## 2. กล้ามเนื้อที่มีเส้นใยเรียงตัวในแนวเฉียง

กล้ามเนื้อที่มีใยกล้ามเนื้อเรียงตัวในแนวเฉียงส่วนใหญ่มีรูปร่างคล้ายขนนก (pennate) โดยปลายกล้ามเนื้อรวมกันเป็นเส้นเอ็นแล้วจึงไปเกาะที่กระดูก การทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้มีลักษณะที่แข็งแรงแต่ได้ระยะเวลาไม่นานนัก สามารถแบ่งกล้ามเนื้อนี้ออกได้เป็น 4 ลักษณะได้แก่

2.1. **Unipennate** มีลักษณะคล้ายขนนกเพียงข้างเดียวโดยเส้นใยกล้ามเนื้อมาเกาะที่ด้านหนึ่งของเส้นเอ็นเท่านั้น เช่น กล้ามเนื้อ extensor digitorum ที่ปลายขาเป็นต้น



2.2. **Bipennate** มีลักษณะคล้ายขนนก โดยแผ่ออกและรวมกันตรงกลางที่เส้นเอ็น เช่น กล้ามเนื้อ rectus femoris เป็นต้น

2.3. **Multipennate** มีลักษณะเป็น bipennate หลายอัน โดยเส้นเอ็นของกล้ามเนื้อแต่ละส่วนจะมารวมกันเป็นเอ็นอันใหญ่เพื่อไปเกาะที่กระดูก เช่น กล้ามเนื้อ deltoid

## Rectus Femoris

- **Origin** anterior inferior iliac spine
- **Insertion** Base of patella to form the more central portion of the quadriceps femoris tendon
- **Action** Extends the knee & flexes the hip
- **Innervation** femoral nerve

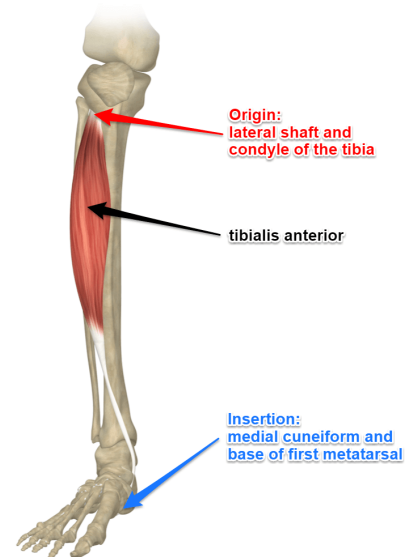


## Deltoid

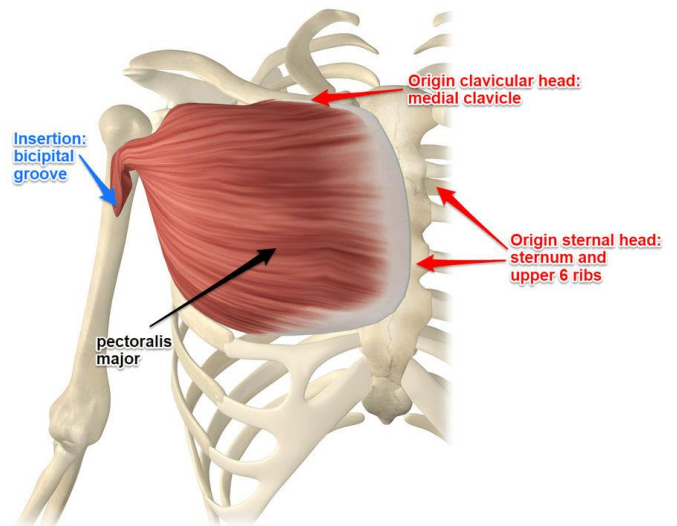
- **Origin** Lateral third of clavicle, acromion, and spine of scapula
- **Insertion** Deltoid tuberosity of humerus
- **Action**
  - Anterior part: flexes
  - Middle part: abducts arm
  - Posterior part: extends
- **Innervation** Axillary nerve (C5 and C6)



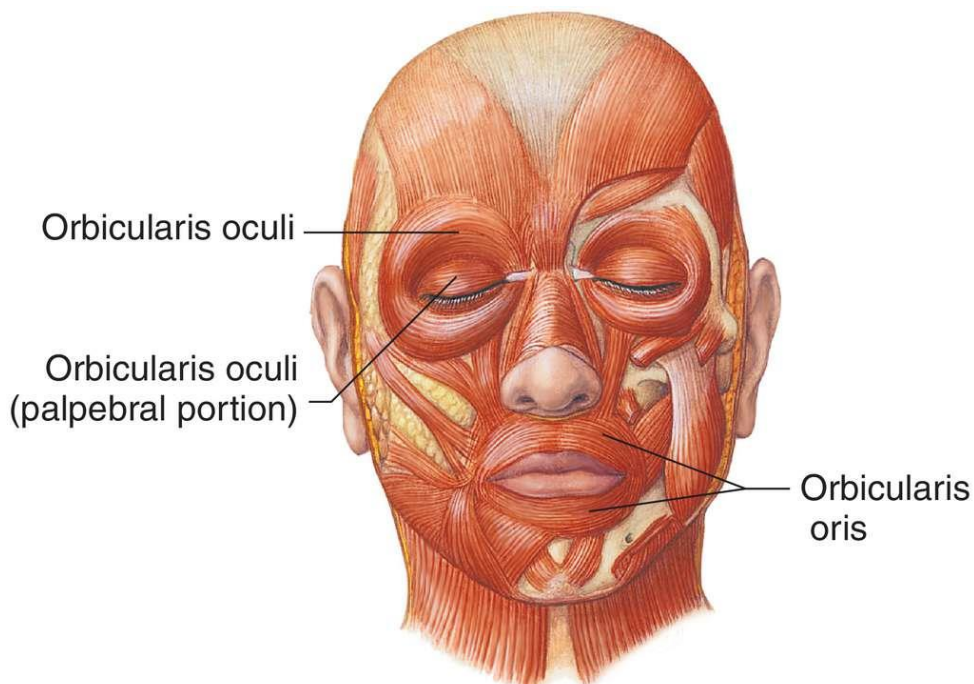
2.4. **Circumpennate** มีเส้นใยกล้ามเนื้อจัดตัวคล้ายทรงกระบอก โดยเส้นใยกล้ามเนื้อไปเกาะรวมกันที่เอ็นบริเวณตรงกลางของทรงกระบอก เช่น กล้ามเนื้อ tibialis anterior เป็นต้น



3. ไยกล้ามเนื้อที่เป็นแนวรัศมี สามเหลี่ยม หรือรูปพัด มีลักษณะที่จุดเกาะด้านหนึ่งของมัดกล้ามเนื้อแผ่เป็นแผ่นกว้าง ส่วนอีกด้านหนึ่งรวมกันเป็นเส้นเอ็นเส้นเดียวจึงทำให้มองดูคล้ายพัด หรือรูปสามเหลี่ยม เช่น กล้ามเนื้อ adductor longus, trapezius และ pectoralis major เป็นต้น



4. ไยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวในลักษณะเป็นวงรอบ (Circular) การจัดเรียงตัวของกล้ามเนื้อชนิดนี้มีลักษณะเป็นวงรอบช่องเปิดต่างๆ ดังนั้นจึงทำหน้าที่คล้ายเป็นหูรูดของช่องดังกล่าว เช่น กล้ามเนื้อ orbicularis oculi ซึ่งทำหน้าที่ปิด - เปิดเปลือกตา และกล้ามเนื้อ orbicularis oris ซึ่งทำหน้าที่ปิด - เปิดปาก เป็นต้น



## การเรียกชื่อกล้ามเนื้อ

Skeletal muscles ทั่วร่างกายมีอยู่ประมาณ 792 มัด แต่ที่อยู่ในอำนาจของจิตใจมี 696 มัด ที่เหลืออีก 96 มัด เราบังคับไม่ได้ ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ กล้ามเนื้อที่ทำให้เราหายใจ จาม ไอ เป็นต้น ชื่อของ skeletal muscles มักใช้คำที่มาจากภาษาละติน หรือบางที่มีชื่อทั้งภาษาละติน และอังกฤษ โดยทั่วไปใช้หลักดังนี้

### 1. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามตำแหน่งที่อยู่

กล้ามเนื้อบางมัดถูกตั้งชื่อตามตำแหน่งที่มันอยู่ ยกตัวอย่างเช่น

- กล้ามเนื้อ temporalis มีตำแหน่งที่กระดูก temporal
- กล้ามเนื้อ intercostal มีตำแหน่งที่ระหว่างซี่โครง
- กล้ามเนื้อ tibialis anterior มีตำแหน่งที่กระดูกหน้าแข้ง
- กล้ามเนื้อ abdominis มีตำแหน่งที่ท้อง

### 2. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามการจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อ

การตั้งชื่อชนิดนี้ตั้งตามลักษณะและแนวของใยกล้ามเนื้อเป็นหลัก เช่น

- กล้ามเนื้อที่วางตัวในแนวตรงเรียกชื่อว่า rectus
- กล้ามเนื้อที่วางตัวตามขวางเรียกชื่อว่า transverse
- กล้ามเนื้อที่วางตัวในแนวเฉียงเรียกชื่อว่า oblique

### 3. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามรูปร่าง หรือขนาด

- กล้ามเนื้อรูปร่างสามเหลี่ยม เรียกว่า deltoid
- กล้ามเนื้อลักษณะคล้ายซี่เลื่อย เรียกว่า serratus
- กล้ามเนื้อขนาดใหญ่ เรียกว่า maximus , major , magnus
- กล้ามเนื้อลักษณะยาว เรียกว่า longus
- กล้ามเนื้อลักษณะสั้น เรียกว่า brevis
- กล้ามเนื้อ รูปร่างสี่เหลี่ยม เรียกว่า rhomboideus , quadratus

### 4. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามจำนวนจุดเกาะต้น

กล้ามเนื้อบางมัดมีจุดเกาะต้นอยู่หลายตำแหน่ง ทำให้มองดูคล้ายกับมีหลายหัว ดังนั้นจึงมีการตั้งชื่อตามจำนวนหัวของมัน เช่น

- การมีจุดเกาะต้น 2 แห่ง เรียกว่า biceps
- การมีจุดเกาะต้น 3 แห่ง เรียกว่า triceps

- การมีจุดเกาะต้น 4 แห่ง เรียกว่า quadriceps

## 5. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามหน้าที่การทำงาน

การตั้งชื่อชนิดนี้ตั้งชื่อตามการทำงานของกล้ามเนื้อ ดังนั้นชื่อของมันทำให้เราพอบอกหน้าที่ของมันได้ เช่น

- กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่งอข้อต่อ เรียกว่า flexor
- กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดข้อต่อ เรียกว่า extensor
- กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่กางออก เรียกว่า abductor
- กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หุบเข้า เรียกว่า adductor
- กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หมุน เรียกว่า rotator
- กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยกขึ้น เรียกว่า levator

## 6. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามตำแหน่งของความสัมพันธ์

การตั้งชื่อกล้ามเนื้อชนิดนี้ดูตามตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่สัมพันธ์กับร่างกาย เช่น

- กล้ามเนื้อที่อยู่ภายนอก หรืออยู่บริเวณผิว เรียกว่า externus หรือ superficialis
- กล้ามเนื้อที่อยู่ลึก มักมีคำว่า internus หรือ profundus

## 7. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามจุดเกาะต้นและจุดเกาะปลาย

กล้ามเนื้อบางมัดถูกตั้งชื่อตามจุดเกาะต้นและจุดเกาะปลายของมัน โดยชื่อหน้ามักจะบอกถึงตำแหน่งจุดเกาะต้น และชื่อหลังมักจะบอกถึงตำแหน่งจุดเกาะปลาย เช่น

- กล้ามเนื้อ sternocleidomastoid มีจุดเกาะต้นที่กระดูก sternum และ clavicle จุดเกาะปลายที่ mastoid process

## สรุปบทที่ 5 ระบบกล้ามเนื้อ ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไป ชนิดของกล้ามเนื้อ ภายในร่างกายประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่

กล้ามเนื้อเรียบ

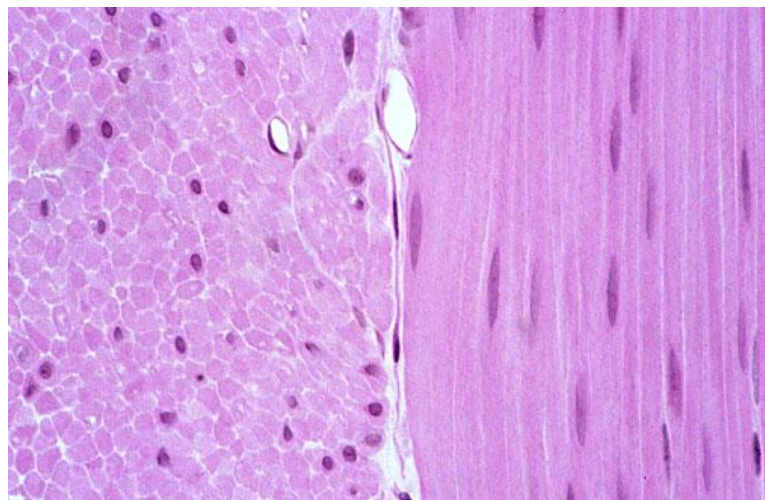
กล้ามเนื้อหัวใจ

กล้ามเนื้อลาย

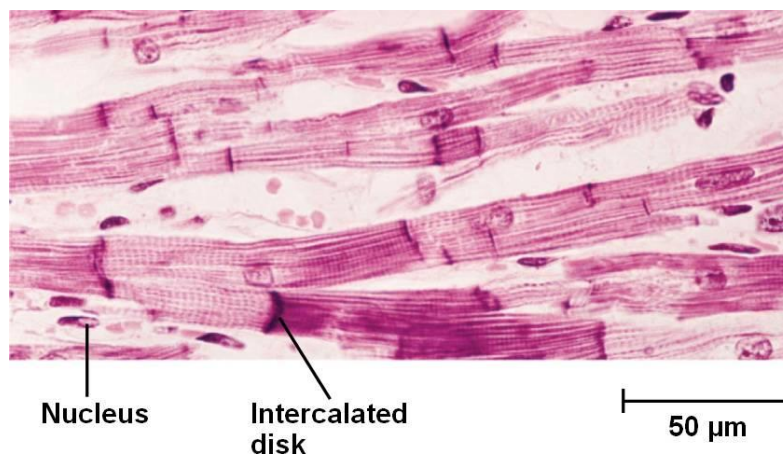
### คุณสมบัติโดยทั่วไปของกล้ามเนื้อ

1. การตอบสนองต่อสิ่งเร้า (irritability หรือ excitability)
2. การหดตัว (contractility)
3. การยืดตัวหรือหย่อนตัว (extensibility)
4. การมีคุณสมบัติคล้ายยางยืด (elasticity)

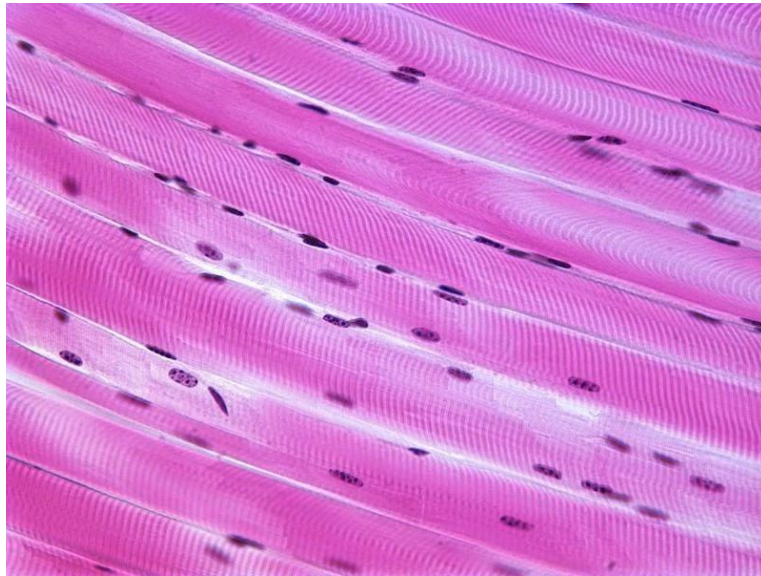
### กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle)



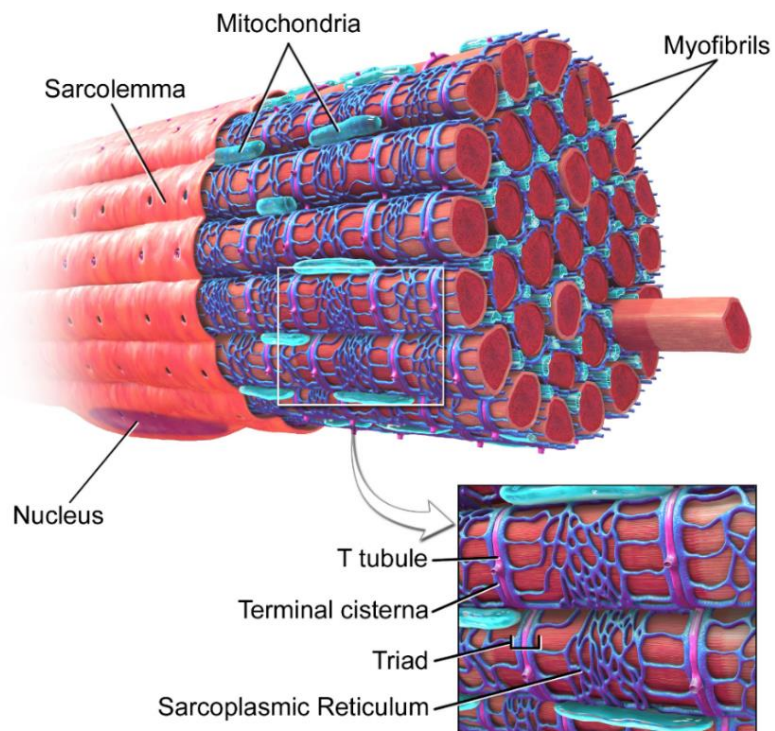
### กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)



## กล้ามเนื้อลาย (Striated or Skeletal Muscle)

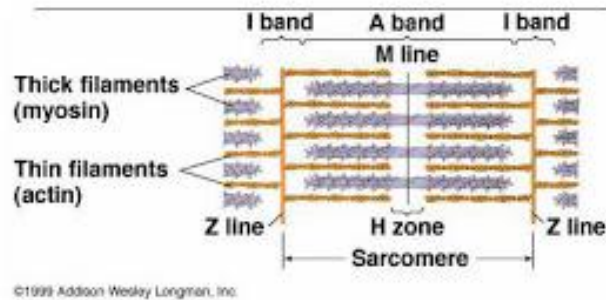
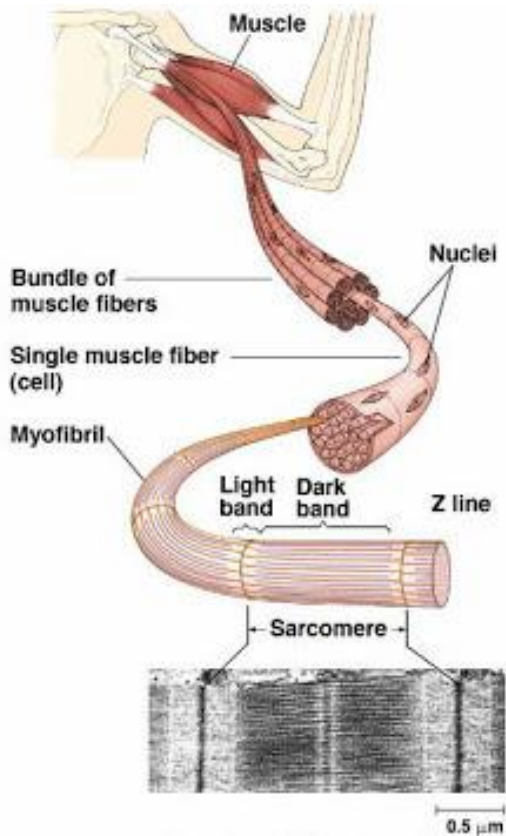


## เส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibril)



Myofibril ประกอบไปด้วย myofilament ที่สำคัญอยู่ 2 ชนิด คือ

- ชนิดที่เป็นเส้นหนาทึบ (thick filament หรือ myosin)
- ชนิดที่เป็นเส้นบาง (thin filament หรือ actin)



แถบมืด	เรียกว่า A - Band ประกอบด้วยเส้นใย myosin และ actin
แถบสว่าง	เรียกว่า I - Band ประกอบด้วยเส้นใย actin
แถบจางกลางแถบมืด	เรียกว่า H - Zone (band) ประกอบด้วยโปรตีน myosin
	ตรงกลาง H - Zone (band) มีเส้นที่บิ เรียกว่า M - Line
แถบล่างกลางแถบสว่าง	เรียกว่า Z - Line เป็นที่เกาะของ myofibrils

กล้ามเนื้อลาย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

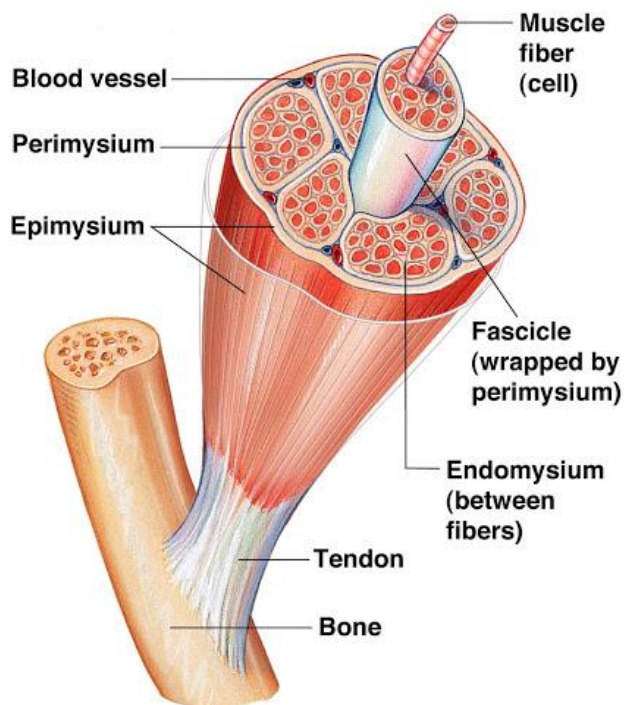
1. Red muscle (Slow twitch) หดตัวได้ช้า แต่ทนทาน ทำงานได้เรื่อยๆ ตัวอย่างกล้ามเนื้อ เช่น กล้ามเนื้อของแขนและขา เป็นต้น
2. White muscle (Fast twitch) หดตัวเร็ว แรง แต่ทำงานได้ไม่นานนัก เช่น กล้ามเนื้อหน้าอก เป็นต้น
3. Intermediate muscle มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างกล้ามเนื้อลายทั้ง 2 ชนิด ส่วนใหญ่มีโครงสร้างคล้าย red muscle แต่มี sarcomere ที่เล็กกว่า



การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 2 แบบ

- **Isometric contraction** การหดตัวแบบความยาวกล้ามเนื้อเท่าเดิม เช่น การเกร็ง แต่ไม่เคลื่อนไหว สิ่ง que เปลี่ยนแปลงคือความตึงตัวของกล้ามเนื้อ
- **Isotonic contraction** การหดตัวแบบความตึงตัวเท่าเดิม เช่น การยกของขึ้นลง มีการเคลื่อนไหว สิ่ง que เปลี่ยนแปลงคือความยาวของกล้ามเนื้อ
  - Concentric contractions (กล้ามเนื้อหด สั้นเข้า)
  - Eccentric contractions (กล้ามเนื้อหด ยาวออก)

### ผังผิดหุ้มกล้ามเนื้อ



**Myofibril** ถูกหุ้มด้วย **endomysium** รวมเป็น Muscle fiber

(thick filament หรือ myosin และ thin filament หรือ actin)

**Muscle fibers** หลาย muscle fibers ถูกหุ้มด้วย **perimysium** รวมเป็น Fascicle

**Fascicle** หลาย fascicle ถูกหุ้มด้วย **epimysium** รวมเป็น Muscle bundle

### จุดเกาะของกล้ามเนื้อ (Attachment of the Muscle)

- จุดเกาะต้นมักเป็นจุดที่อยู่นิ่งกับที่
- จุดเกาะปลายเป็นจุดที่กระดูกมีการเคลื่อนไหว

## การประสานงานของกลุ่มกล้ามเนื้อ

สามารถแบ่งกล้ามเนื้อออกตามหน้าที่การทำงานได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลัก (Primover หรือ Agonist)
2. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้าม (Antagonist)
3. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ช่วยเหลือ (Synergist)
4. กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ยึดจุดเกาะต้น (Fixator)

## การจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อ (Muscle Architecture)

มีการแบ่งกล้ามเนื้อลายตามลักษณะการจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อออกได้เป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. กล้ามเนื้อที่มีใยกล้ามเนื้อเรียงตัวตามแนวยาว โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่
  - 1.1 กล้ามเนื้อที่มีลักษณะเป็นแถบ (Strap)
  - 1.2 กล้ามเนื้อที่มีลักษณะหัวแหลมท้ายแหลม (Fusiform)
2. กล้ามเนื้อที่มีเส้นใยเรียงตัวในแนวเฉียง

ส่วนใหญ่มีรูปร่างคล้ายขนนก (pennate) สามารถแบ่งกล้ามเนื้อนี้ออกได้เป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

- 2.1. Unipennate คล้ายขนนกเพียงข้างเดียว
  - 2.2. Bipennate มีลักษณะคล้ายขนนก โดยแผ่ออกและรวมกันตรงกลาง
  - 2.3. Multipennate มีลักษณะเป็น bipennate หลายอัน
  - 2.4. Circumpennate มีเส้นใยกล้ามเนื้อจัดตัวคล้ายทรงกระบอก
3. ใยกล้ามเนื้อที่เป็นแนวรัศมี สามเหลี่ยม หรือรูปพัด
  4. ใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวในลักษณะเป็นวงรอบ (Circular)

## การเรียกชื่อกล้ามเนื้อ

1. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามตำแหน่งที่อยู่
2. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามการจัดเรียงตัวของใยกล้ามเนื้อ
3. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามรูปร่าง หรือขนาด
4. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามจำนวนจุดเกาะต้น
5. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามหน้าที่การทำงาน
6. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามตำแหน่งของความสัมพันธ์
7. ตั้งชื่อกล้ามเนื้อตามจุดเกาะต้นและจุดเกาะปลาย