

บทที่ 5

อภิปรายผลการทดลอง

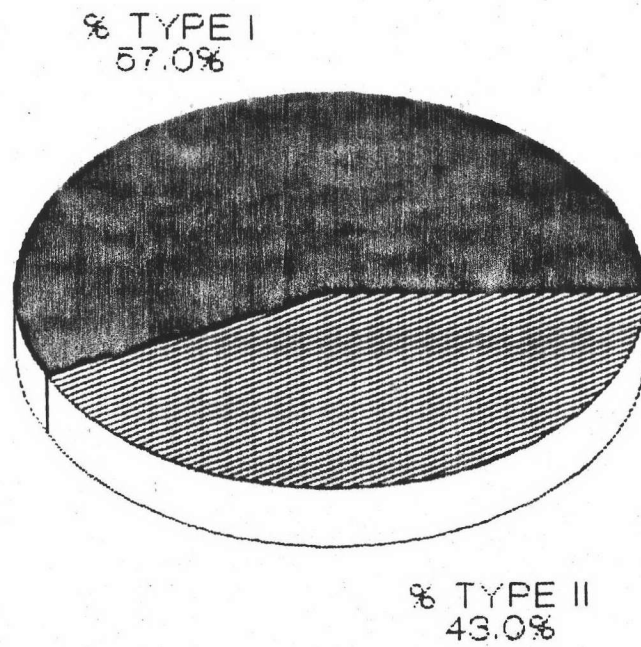
กลุ่ม control

จากการศึกษากล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในหนูแรทปกติจำนวน 5 ตัว ตัดชิ้นเนื้อตามขวาง ย้อมด้วย H&E ในการทดลองครั้งนี้ได้ผลเหมือนกับ Bloom and Fawcett ได้รวบรวมไว้ในหนังสือเรียน histology ปี 1962 คือในกล้ามเนื้อลายปกติเมื่อตัดชิ้นเนื้อตามขวางแล้วย้อมด้วย H&E นั้น จะพบว่า เซลล์ของกล้ามเนื้อจะมีลักษณะหลายเหลี่ยม (polygonal) อยู่เรียงชิดติดกัน (mosaic) ไม่เห็นช่องว่างระหว่างเซลล์ นิวเคลียสในแต่ละเซลล์มีมากกว่าหนึ่งอันอยู่ที่ผิวหนึ่งชัดเจนได้ sarcolemma (sarcolemmal nuclei) ลักษณะของ นิวเคลียสเป็นรูปไข่แบนยาว (flat, elongate) และอยู่ห่างกัน ขนาดของเส้นใย มีขนาดใหญ่ และจากการย้อมชิ้นเนื้อที่ตัดขวางด้วยเทคนิค ATPase pH 9.5 จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าลักษณะการติดสีของเซลล์กล้ามเนื้อ Tibialis anterior จะแบ่งเป็น 2 สี คือสีเข้มและสีจาง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Brooke and Kaiser ในปี 1970 รายงานไว้ว่าเมื่อย้อมกล้ามเนื้อลายด้วยเทคนิค ATPase pH 9.5 แล้วการติดสีของเซลล์กล้ามเนื้อจะมีลักษณะ 2 แบบ เซลล์กล้ามเนื้อที่ติดสีจางจะเป็น type I, เซลล์กล้ามเนื้อที่ติดสีเข้มจะเป็น type II ดังนั้น ในการศึกษาค้นนี้เซลล์กล้ามเนื้อที่ติดสีจางจึงเป็น type I และเซลล์กล้ามเนื้อที่ติดสีเข้มจะเป็น type II

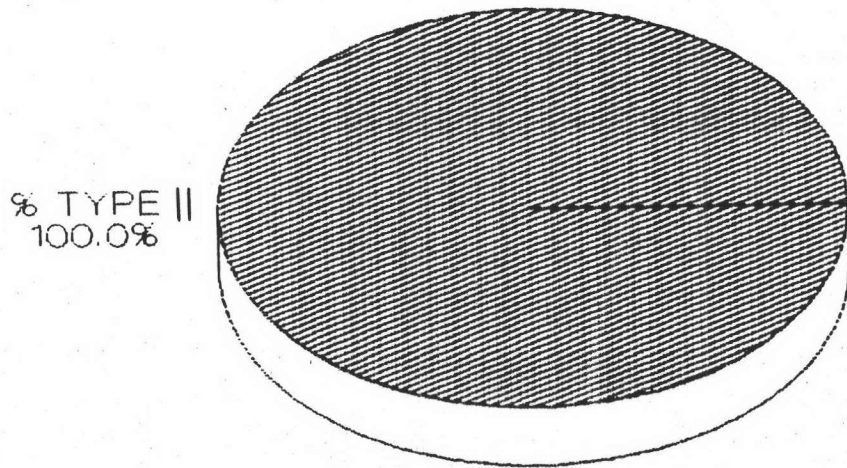
นอกจากนี้เมื่อนำเอาภาพถ่ายเซลล์กล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูแรดปกติจำนวน 5 ตัว ที่ย้อมด้วย ATPase pH 9.5 ไปวัดขนาดและนับจำนวนเส้นใยพบว่า type I มีจำนวน 57.04% และ type II มีจำนวน 42.96% ดังแผนภูมิที่ 1 จากการที่พบจำนวนเปอร์เซ็นต์เส้นใยของ type I มากกว่าจำนวนเส้นใยของ type II นี้เอง แสดงว่ากล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูแรด เป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานแบบที่มีภาวะหดตัวอย่างช้าแต่สามารถทำงานได้ทนอยู่ได้เป็นเวลานาน ๆ เนื่องจากเส้นใย type I เป็นเส้นใยชนิด slow twitch (Bernard, 1971; Peter, 1972; Bruke, 1973) ซึ่งเป็นชนิดที่มีส่วนประกอบของ myoglobin และเส้นเลือดจำนวนมาก ภายในเซลล์มี mitochondria ขนาดเล็ก แต่มีจำนวนมาก mitochondria cristae ค่อนข้างใหญ่ แสดงว่าการทำงานของกล้ามเนื้อ ชนิดนี้ต้องเกี่ยวข้องกับ oxidative phosphorylation และวัดขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยด้วย micrometer ได้ผลดังนี้ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของ type I เท่ากับ $59.41 \pm 3.65 \mu\text{m}$ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของ type II เท่ากับ $34.35 \pm 8.03 \mu\text{m}$ จากตารางที่ 2

จะเห็นได้ว่าในกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูแรดปกติ เส้นใย type I มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใย type II อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ ซึ่งในอดีตยังไม่มีผู้ศึกษาและรายงานเกี่ยวกับสัดส่วนของเส้นใย type I และ type II รวมทั้งค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของ type I และ type II ในกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในหนูแรดมาก่อนเลย

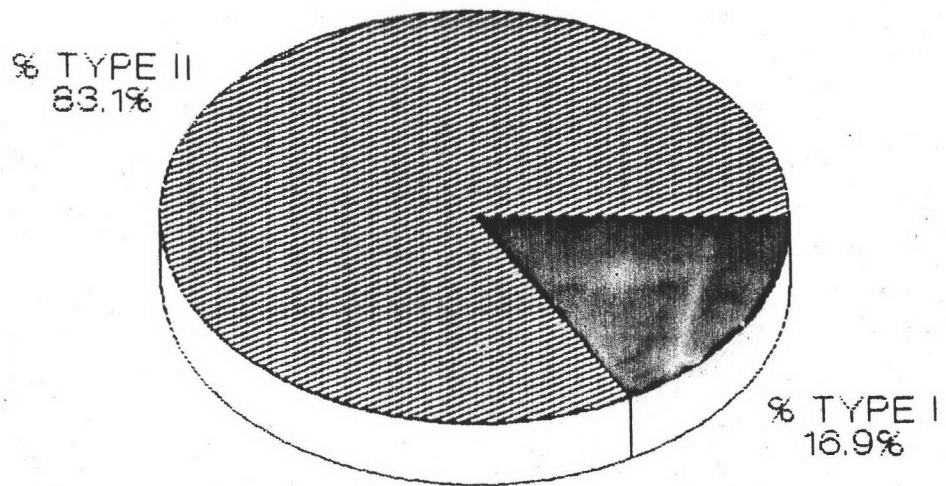
แผนภูมิที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนเส้นใย Type I และ Type II
ของกล้ามเนื้อในกลุ่ม control



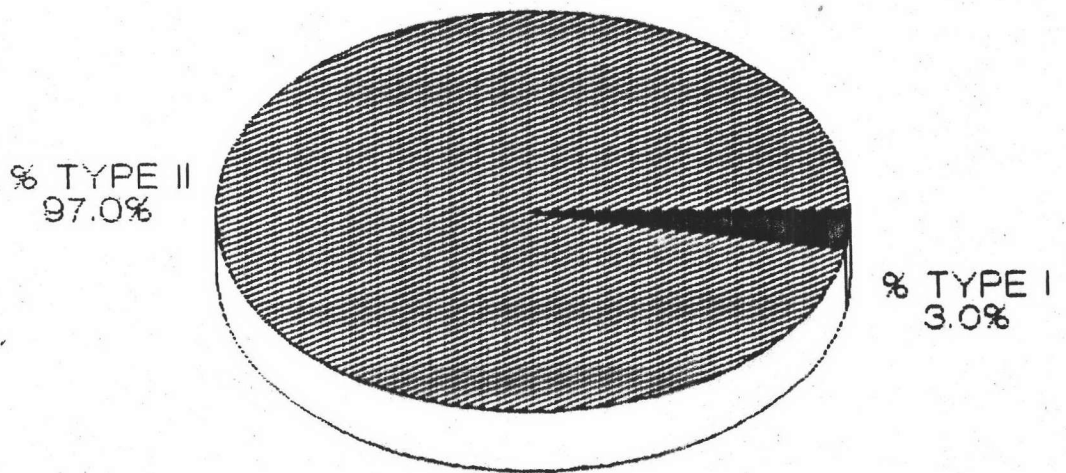
แผนภูมิที่ 2 แสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนเส้นใย Type I และ Type II
ของกล้ามเนื้อในกลุ่ม denervated



แผนภูมิที่ 3 แสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนเส้นใย Type I และ Type II
ของกล้ามเนื้อในกลุ่ม E.S.



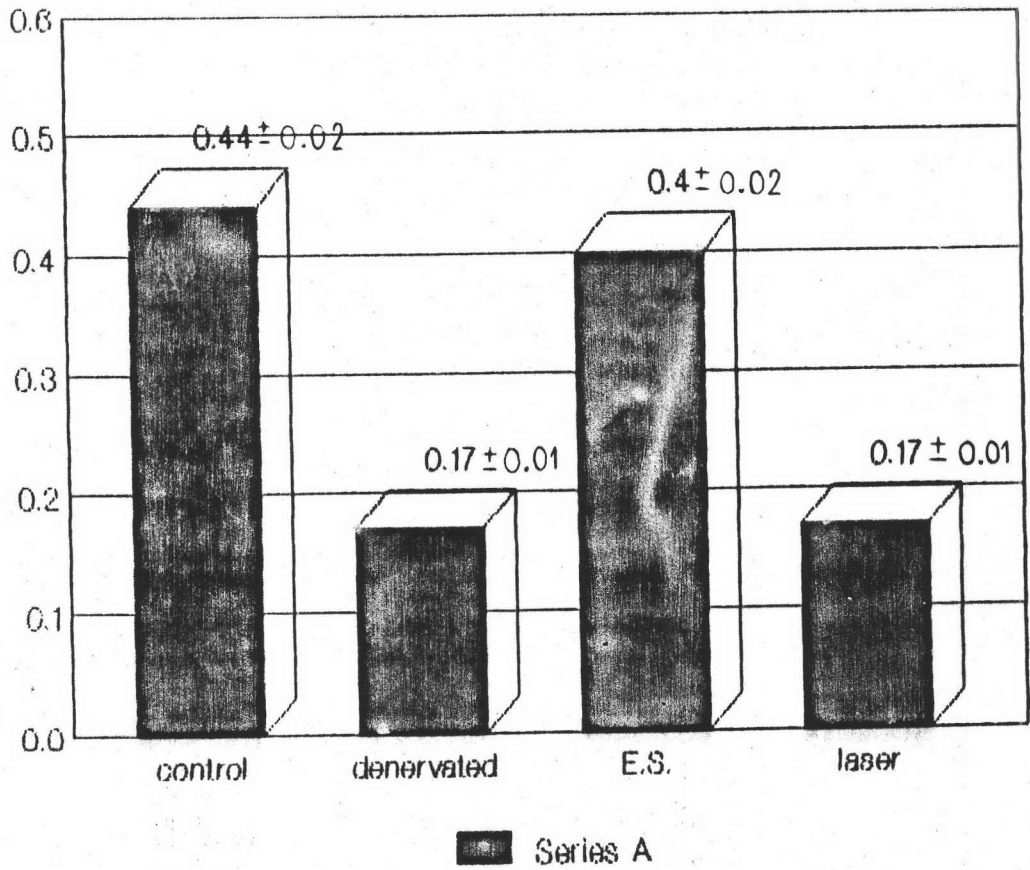
แผนภูมิที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์จำนวนเส้นใย Type I และ Type II
ของกล้ามเนื้อในกลุ่ม laser



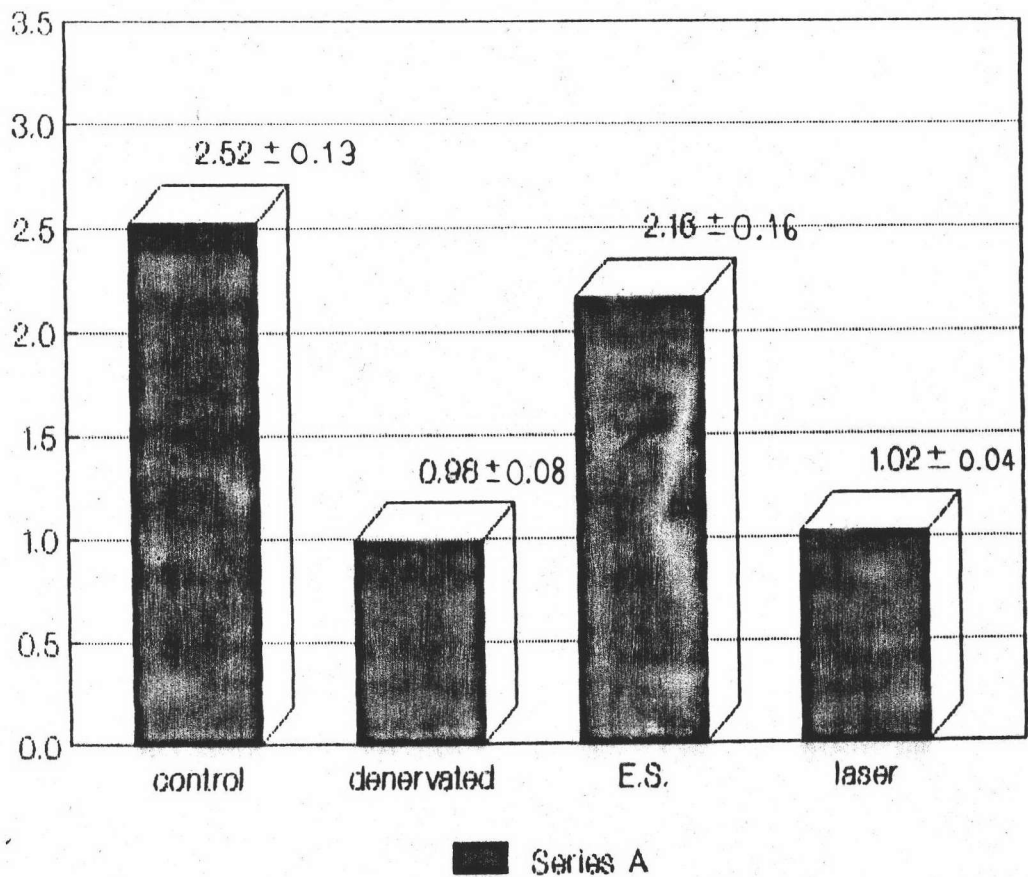
กลุ่ม denervated

จากการศึกษากล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในหนูแรทที่ถูกตัดเส้นประสาท sciatic ออกแล้วทั้งไว้ 90 วัน จำนวน 5 ตัว ตัดชิ้นเนื้อตามขวาง ย้อมด้วย H&E ในการทดลองครั้งนี้ได้ผลเหมือนกับการศึกษาของ Kakulas ในปี 1985 กล่าวว่ากล้ามเนื้อลายที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง เมื่อนำมาศึกษาด้วยการตัดชิ้นเนื้อตามขวางและย้อมด้วย H&E พบว่า ลักษณะเซลล์กล้ามเนื้อจะเป็นลักษณะกลม (round) มากกว่าหลายเหลี่ยม (polygonal) เห็นช่องว่างระหว่างเซลล์มาก นิวเคลียสในแต่ละเซลล์จะมองเห็น nucleoli ชัดเจน sarcolemmal nuclei มีลักษณะกลมใหญ่และอยู่ใกล้กัน มองเห็น endomysial connective tissue ชัดเจน ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดเล็กลง พบเซลล์ที่มีการฝ่อจำนวนมาก ซึ่งเมื่อดูค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกล้ามเนื้อและเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อ (จากแผนภูมิที่ 5,6) พบว่าในกลุ่ม control มีค่าน้ำหนักของกล้ามเนื้อเฉลี่ย 0.44 ± 0.02 กรัม แต่กลุ่ม denervated มีค่าน้ำหนักของกล้ามเนื้อเฉลี่ยเพียง 0.17 ± 0.01 กรัม และเส้นรอบวงเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในกลุ่ม control มีค่าเท่ากับ 2.52 ± 0.13 เซนติเมตร แต่กลุ่ม denervated มีค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อเพียง 0.98 ± 0.08 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 ค่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ แสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของขนาดของกล้ามเนื้อทั้งน้ำหนักและเส้นรอบวงอย่างชัดเจน

แผนภูมิที่ 5 เปรียบเทียบน้ำหนักของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูในแต่ละกลุ่ม



แผนภูมิที่ 6 เปรียบเทียบเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior
ของหนูในแต่ละกลุ่ม



เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักกล้ามเนื้อพบว่าในกลุ่ม denervated มีค่าความแตกต่างจากน้ำหนักในกลุ่ม control ถึง 60% ซึ่งผลที่ได้นี้คล้ายคลึงกับการทดลองของ Sunderland ในปี 1978 ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเปอร์เซ็นต์การลดลงของกล้ามเนื้อของสัตว์ทดลอง และสรุปว่ากล้ามเนื้อลายที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงนาน 120 วัน น้ำหนักของกล้ามเนื้อจะลดลง 60-80% และเมื่อนำเอาภาพถ่ายของเซลล์กล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูกลุ่มนี้ย้อมด้วย ATPase pH 9.5 นำไปนับขนาดและจำนวนเส้นใยพบว่า เส้นใยที่พบทั้งหมดในกลุ่มนี้ติดสีเข้ม ซึ่งเป็นเส้นใย type II ทั้งหมด 100% ดังแผนภูมิที่ 2 แสดงว่าเส้นใยในกล้ามเนื้อ type I ในกลุ่มนี้มีลักษณะของการฝ่อลีบหายไป ซึ่งในอดีตไม่พบรายงานเกี่ยวกับลักษณะการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior มาก่อนเลย แต่ลักษณะการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อลายที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงจะฝ่อลีบในรูปแบบใดนั้น Jaweed และคณะ ศึกษาในปี 1975 สรุปได้ดังนี้

1. ขึ้นอยู่กับชนิดของกล้ามเนื้อที่นำมาทดลอง
2. ขึ้นอยู่กับบริเวณของกล้ามเนื้อที่ทำการตัดมาทดลอง
3. ขึ้นอยู่กับเวลาของการขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงกล้ามเนื้อลายนั้น ๆ

และเมื่อวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย type II ด้วย micrometer มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $9.40 \pm 2.16 \mu\text{m}$ (จากตารางที่ 2) ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยใน type II ในกลุ่มควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $34.35 \pm 8.03 \mu\text{m}$ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่มีค่า $p < 0.05$ แสดงว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ type II ที่เหลืออยู่ซึ่งมีการฝ่อลีบลงเมื่อเทียบกับในเส้นใยกล้ามเนื้อ type II ของกลุ่ม control

กลุ่ม E.S.

จากการศึกษากล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในหนูแรทที่ถูกตัดเส้นประสาท sciatic ออกแล้ว ทำการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า กระตุ้น 1 วันพัก 1 วัน ทั้งหมด 90 วัน จำนวน 5 ตัว ตัดชิ้นเนื้อตามขวางย้อมด้วย H&E ในการทดลองครั้งนี้ พบว่าลักษณะเซลล์ส่วนใหญ่จะคล้ายกับกลุ่ม control คือเซลล์มีลักษณะหลายเหลี่ยม (polygonal) เซลล์ยังเรียงชิดกัน แต่ยังมีช่องว่างระหว่างเซลล์บ้าง ซึ่งต่างจากกลุ่ม control ที่เซลล์จะเรียงชิดติดกันมากกว่า นิวเคลียสยังคงพบลักษณะแบนยาวคล้ายกับกลุ่ม control และอยู่ห่างกัน ซึ่งลักษณะส่วนใหญ่ของเซลล์ในกลุ่ม E.S. นี้คล้ายคลึงกับกลุ่ม control มาก แต่มีบางตัวของหนูทดลองในกลุ่ม E.S. นี้ (ตัวที่ 4) จะพบเซลล์ที่มีการฝ่อลีบ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่บริเวณขอบ ๆ ของชิ้นเนื้อแทรกปะปนอยู่บ้าง (จากรูปที่ 21)

และเมื่อดูค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกล้ามเนื้อและเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อจากแผนภูมิที่ 5,6 พบว่าในกลุ่ม E.S. นี้ ค่าน้ำหนักของกล้ามเนื้อเฉลี่ย 0.40 ± 0.02 กรัม แต่กลุ่ม control มีค่าน้ำหนักของกล้ามเนื้อเฉลี่ย 0.44 ± 0.02 กรัม และเส้นรอบวงเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในกลุ่ม E.S. นี้มีเส้นรอบวงเฉลี่ย 2.16 ± 0.16 เซนติเมตร แต่กลุ่ม control นี้ค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อ 2.56 ± 0.13 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 ค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p > 0.05$ แสดงให้เห็นว่าการลดลงของขนาดของกล้ามเนื้อและเส้นรอบวงมีน้อยมาก

เมื่อนำเอาภาพถ่ายเซลล์กล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูกลุ่ม
นี้ย้อมด้วย ATPase pH 9.5 จากหนูตัวที่ 1,2,3,5 มาศึกษาลักษณะเซลล์
พบว่าส่วนใหญ่มีลักษณะหลายเหลี่ยม (polygonal) คล้ายกับกลุ่ม control แต่มี
หนูทดลองตัวที่ 4 ของกลุ่มนี้พบเซลล์ที่มีการฝ่อลีบ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่บริเวณขอบ ๆ ของ
ชิ้นเนื้อ เช่นเดียวกับภาพที่ถ่ายได้จากย้อมชิ้นเนื้อด้วย H&E

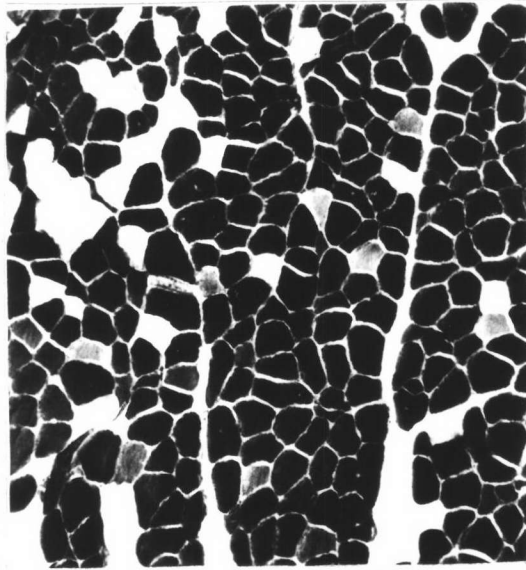
นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเส้นใย type I พบเพียง 16.88% พบเส้นใย type II 83.12% (ดังแผนภูมิที่ 3) แสดงว่าในกลุ่ม E.S. นี้เส้นใย type I ก็มีการลดจำนวนลงและเมื่อวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย type I ในกลุ่ม E.S. วัดได้ค่าเฉลี่ย $30.97 \pm 14.76 \mu\text{m}$ จากทั้งหมด 719 เส้นใย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ กับกลุ่ม control ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $59.41 \pm 3.65 \mu\text{m}$ จากทั้งหมด 1,000 เส้นใย แต่ในเส้นใย type II ในกลุ่ม E.S. วัดได้ $34.68 \pm 3.98 \mu\text{m}$ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p > 0.05$ กับกลุ่ม control ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $34.35 \pm 8.03 \mu\text{m}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้ามากระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงในการทดลองครั้งนี้สามารถช่วยชะลอการฝ่อลีบเส้นใย type II ได้ แต่เส้นใย type I เมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติกับกลุ่ม control แล้ว มีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม denervated ซึ่งไม่พบเส้นใย type I เลย และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อในกลุ่ม E.S. มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยในกล้ามเนื้อในกลุ่ม denervated (รูปที่ 31, 32, 33) แสดงว่าการใช้เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าในการทดลองครั้งนี้ก็สามารถช่วยชะลอการฝ่อลีบของเส้นใย type I ได้บ้างแม้จะไม่มากนักก็ตาม ซึ่งจากการศึกษาของ Bruce ในปี 1982 ทำการศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าในกล้ามเนื้อลายของหนูแรทที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง พบว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าสามารถชะลอการฝ่อของกล้ามเนื้อได้ทั้ง 2 type โดยค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย type I และ type II ในกลุ่ม E.S. ไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยในกลุ่ม control ซึ่งต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ที่มีเฉพาะค่าเฉลี่ยของ

เส้นผ่านศูนย์กลางของ type II เท่านั้นที่ไม่แตกต่างกัน แต่ type I จะแตกต่างกัน ซึ่งเข้าใจว่าขึ้นอยู่กับรูปแบบการปล่อยของกล้ามเนื้อลายที่ต่างชนิดกันในกล้ามเนื้อลายที่ต่างกันตามคำแนะนำของ Jaweed ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เพราะการศึกษาของ Bruce ในปี 1982 ใช้กล้ามเนื้อ Extensor digitorum longus แต่การศึกษาคั้งนี้ใช้กล้ามเนื้อ Tibialis anterior จึงอาจทำให้ผลที่ได้แตกต่างกัน จากการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นกล้ามเนื้อลายที่ขาดเส้นประสาทมาแล้ว จึงช่วยชะลอการปล่อยของกล้ามเนื้อได้นั้น ประโยชน์ บุญสินสุข และคณะ ได้รวบรวมเหตุผลต่างๆ ไว้ ปีพ.ศ. 2529 กล่าวว่า ผลของการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาแล้วด้วยไฟฟ้าทำให้เกิด

- ชะลอการปล่อยของกล้ามเนื้อเนื่องจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าจะทำให้เกิดกระแสประสาท เชื่อว่าอาจเกี่ยวข้องกับการรักษาปริมาณของ glycogen ในกล้ามเนื้อ glycogen อาจเป็นตัวรักษาโปรตีนไว้ทำให้การเผาผลาญของโปรตีนน้อยลงจึงทำให้กล้ามเนื้อลึบช้าลง
- เพิ่มการไหลเวียนในกล้ามเนื้อ ทำให้การไหลเวียนโลหิตดีสารอาหารพอเพียงรวมทั้งการกำจัดของเสียผ่านระบบโลหิตดำและน้ำเหลืองเพิ่มขึ้น
- ลดการเสียน้ำหนักของกล้ามเนื้อ การกระตุ้นลดการทำลายโปรตีนในกล้ามเนื้อลงได้บ้าง ช่วยให้การสลาย glycogen ในกล้ามเนื้อลดลง ATP ทำงานได้เกือบปกติ นอกจากนี้ยังพบว่า การกระตุ้น ลดการสูญเสียโปตัสเซียมของกล้ามเนื้อ ดังนั้น กล้ามเนื้อขาดประสาทได้รับการกระตุ้นจะมีสภาพ electrolyte ใกล้เคียงกับกล้ามเนื้อปกติ

มีข้อนำสังเกตในหนูทดลองตัวที่ 4 ของกลุ่ม E.S. นี้ มีลักษณะที่ต่างจากกลุ่ม คือพบกลุ่มเซลล์ที่มีการฝ่อลีบอย่างเห็นได้ชัดบริเวณริม ๆ สไลด์ (รูปที่ 6, รูปที่ 23) แสดงว่ายังมีบางส่วนที่กระตุ้นด้วยไฟฟ้าไม่สามารถช่วยชะลอการฝ่อลีบได้ทั้งหมด ซึ่งอาจเนื่องมาจากทุกครั้งขณะที่ทำการกระตุ้นหนูตัวที่ 4 นี้ กล้ามเนื้อของหนูตัวนี้ไม่อยู่ในภาวะที่ผ่อนคลายอย่างแท้จริง ซึ่งมีผลทำให้กระแสไฟฟ้าไม่สามารถกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเกิดการบีบ-คลายตัวสูงสุด (maximum-contraction) จึงมีบางส่วนของกล้ามเนื้อทำงานไม่ได้เต็มที่ ทำให้เกิดการฝ่อลีบขึ้นได้

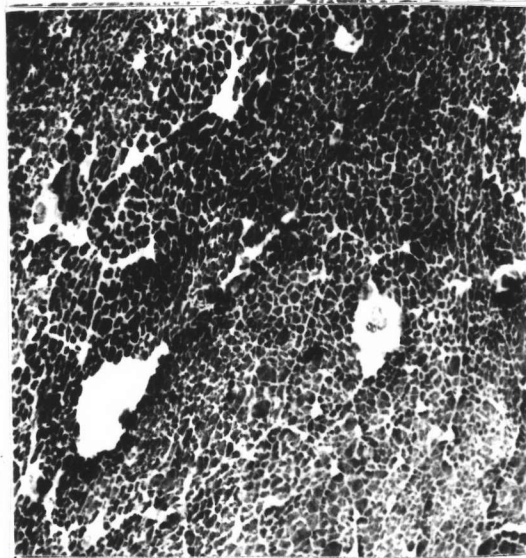
รูปที่ 31



H-1004 (μm)

ภาพตัดขวางของกล้ามเนื้อ
Tibialis anterior
ของหนูในกลุ่มต่าง ๆ ย้อม
ด้วย ATPase pH 9.5 x 10

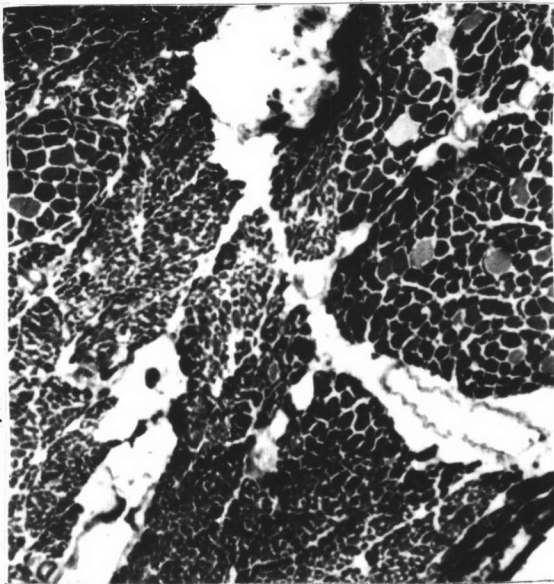
รูปที่ 32



H-1004 (μm)

ภาพที่ 31 กลุ่ม E.S.
ภาพที่ 32 กลุ่ม denervated
ภาพที่ 33 กลุ่ม laser

รูปที่ 33



H-1004 (μm)

กลุ่ม laser

จากการศึกษากล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในหนูแรทที่ถูกตัดเส้นประสาท sciatic ออกแล้ว ทำการฉายแสงอินฟราเรดเลเซอร์ โดยฉายแสง 1 วัน พัก 1 วัน ทั้งหมด 90 วัน จำนวน 5 ตัว ตัดขึ้นเนื้อตามขวางด้วย ATPase pH 9.5 ลักษณะเซลล์ส่วนใหญ่จะคล้ายกับกลุ่ม denervated มาก โดยเซลล์จะมีลักษณะกลม (round) มากกว่าหลายเหลี่ยม (polygonal) มองเห็นช่องว่างระหว่างเซลล์มาก นิวเคลียสจะมีลักษณะกลมมองเห็น nucleoli ชัดเจน และจากหนูตัวที่ 1, 3, 4 (รูปที่ 26, 27, 28) พบเซลล์ที่มีลักษณะกลมและเซลล์ที่มีลักษณะฝ่อลีบเล็กลง เซลล์ที่มีลักษณะฝ่อลีบมีจำนวนมากกว่าเซลล์ที่มีลักษณะกลม เซลล์ที่พบส่วนใหญ่ พบเป็น type II ซึ่งจะติดสีเข้ม พบเซลล์ type I ที่ติดสีจางบ้างแต่น้อยมาก บริเวณตรงกลางของชิ้นเนื้อจะพบกลุ่มเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีทั้ง type I และ type II อยู่เล็กน้อยและจากหนูตัวที่ 5 ของกลุ่มนี้ (จากรูปที่ 29) พบว่าเซลล์กล้ามเนื้อที่มีการฝ่อลีบอย่างมากจะพบเซลล์ type II ซึ่งติดสีเข้มเกือบทั้งหมด เซลล์ type I ติดสีจางน้อยมากเพียงไม่กี่เซลล์ และจากหนูตัวที่ 2 ของกลุ่มนี้ พบลักษณะที่แตกต่างจากหนูตัวอื่นในกลุ่ม laser เดียวกัน (จากรูปที่ 30) เซลล์ที่พบมีหลายขนาดปะปนอยู่ในบริเวณริมสไลด์ จะพบเซลล์ขนาดเล็กมากทั้ง type I และ type II และพบเซลล์ขนาดใหญ่ซึ่งมีจำนวนมากกว่า ส่วนใหญ่เป็น type II สีเข้มบริเวณกลางสไลด์ จากข้อมูลดังกล่าวทั้งหมดแสดงว่าถึงแม้เส้นใยจำนวนมากของกล้ามเนื้อในกลุ่ม laser นี้จะฝ่อลีบลงก็ตาม แต่มีเส้นใยกล้ามเนื้อบางส่วนยังไม่ฝ่อลีบมากถึงจะมีจำนวนน้อยในหนูตัวที่ 1, 3, 4, 5 ก็ตาม ซึ่งในหนูตัวที่ 5 ของกลุ่มนี้ได้ผลที่น่าสนใจว่ามีเซลล์กล้ามเนื้อ type II ยังไม่ฝ่อลีบจำนวนมาก

เมื่อดูค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกล้ามเนื้อและเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อ (จากแผนภูมิที่ 5,6) พบว่าในกลุ่ม laser มีค่าน้ำหนักของกล้ามเนื้อเฉลี่ย 0.17 ± 0.01 กรัม เส้นรอบวงของกล้ามเนื้อเฉลี่ย 2.52 ± 0.13 เซนติเมตร แต่กลุ่ม control มีค่าน้ำหนักของกล้ามเนื้อเฉลี่ย 0.44 ± 0.02 กรัม และเส้นรอบวงเฉลี่ยของกล้ามเนื้อในกลุ่ม control 2.52 ± 0.13 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 ค่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ แสดงให้เห็นว่ามีการลดลงของขนาดกล้ามเนื้อทั้งน้ำหนักและเส้นรอบวง

เมื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์ของเส้นใย type I พบเพียง 2.97% พบเส้นใย type II 97.13% แสดงว่าในกลุ่ม laser มีเส้นใย type I ก็มีการลดจำนวนลง

และเมื่อวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใย type I ในกลุ่ม laser ที่วัดได้ค่าเฉลี่ย $15.91 \pm 1.88 \mu\text{m}$ จากทั้งหมด 62 เส้นใย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ กับกลุ่ม control ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $59.41 \pm 3.65 \mu\text{m}$ จากทั้งหมด 1,000 เส้นใย แต่ในเส้นใย type II ในกลุ่ม laser วัดได้ $11.10 \pm 0.85 \mu\text{m}$ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ กับกลุ่ม control ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $34.35 \pm 8.05 \mu\text{m}$ ซึ่งจากการเปรียบเทียบทางสถิติจะเห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยทั้ง type I และ type II ในกลุ่ม laser กับกลุ่ม control แล้ว กลุ่ม laser จะไม่สามารถช่วยชะลอการฝ่อของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูแรทที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงได้ แต่มีจุดที่น่าสนใจว่าเมื่อดูผลของกลุ่ม laser และกลุ่ม denervated เปรียบเทียบกัน (จากรูปที่ 31,32,33) ในกลุ่ม laser พบเส้นใย type I บ้างในขณะที่กลุ่ม denervated ไม่พบเส้นใย type I เลย

แสดงว่าแสงเลเซอร์ อาจจะช่วยชะลอการฝ่อลีบลงได้บ้าง ถึงแม้มากก็ตาม ซึ่งทั้งนี้ อาจจะเป็นเพราะเมื่อฉายแสง Low-power laser บนเซลล์ของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูแรกที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงจะมีปริมาณของ NADH ภายในเซลล์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะป้อนเข้าสู่ electron transport chain ทำให้เกิดการสังเคราะห์ DNA เพิ่มขึ้นเพราะฉะนั้นการสังเคราะห์โปรตีนภายใน เซลล์กล้ามเนื้อจะมีมากขึ้น (Karu, 1989) การใช้แสงเลเซอร์มากระตุ้นนี้อาจจะช่วยทดแทนการทำงานของ neurotrophic factor ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การสังเคราะห์โปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ แต่อย่างไรก็ตาม จำนวน เซลล์ที่พบว่าชะลอการฝ่อลีบลงได้นั้นมีจำนวนน้อยมาก เมื่อเทียบกับจำนวนเซลล์ กล้ามเนื้อทั้งหมด

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลของกลุ่ม laser กับกลุ่ม E.S. (จากรูปที่ 31, 32, 33) ขนาดเส้นใยในกลุ่ม E.S. จะมีขนาดใหญ่กว่ากลุ่ม laser อย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งในกลุ่ม laser นั้นเซลล์กล้ามเนื้อจะมีการฝ่อลีบมากกว่า กลุ่ม E.S. และพบว่าค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ในกลุ่ม laser ทั้ง type I ซึ่งมีค่าเท่ากับ $15.91 \pm 1.88 \mu\text{m}$ จำนวน 62 เส้นใย และ type II ซึ่งมีค่าเท่ากับ $11.10 \pm 0.85 \mu\text{m}$ จำนวน 1,000 เส้นใย มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า $p < 0.05$ กับ กลุ่ม E.S. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของ type I เท่ากับ $30.97 \pm 14.76 \mu\text{m}$ จำนวน 1,000 เส้นใย และ type II มีค่าเท่ากับ $34.68 \pm 3.98 \mu\text{m}$ จำนวน 1,000 เส้นใย

แสดงว่าการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงด้วยไฟฟ้านั้นช่วยชะลอการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อได้ดีกว่าการใช้อินฟราเรดเลเซอร์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า ทำให้เกิดการบีบ-คลายตัวของกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง เหมือนกับการบีบ-คลายตัวของกล้ามเนื้อปกติ ซึ่ง Nelson, (1987) กล่าวว่า การบีบคลายตัวจากกระแสที่ถูกกระตุ้นเกิดผลคล้ายลูกสูบ ทำให้การไหลเวียนโลหิตดี สารอาหารพอเพียง รวมทั้งการกำจัดของเสียผ่านระบบโลหิตดำและน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งการฉายแสงเลเซอร์ไม่สามารถทำให้กล้ามเนื้อบีบ-คลายตัวได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการนำเอาแสงอินฟราเรดเลเซอร์ฉายบนกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ของหนูแรทที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงครั้งนี้ช่วยชะลอการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อได้เล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม denervated แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นแล้ว พบว่ากลุ่มที่ใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นจะช่วยชะลอการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อหลายที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงได้ดีกว่า

ข้อเสนอแนะ

ผู้ทำการวิจัยคิดว่าน่าจะทำการทดลองกระตุ้นกล้ามเนื้อหลายที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงด้วยไฟฟ้าควบคู่กับการฉายแสงเลเซอร์ลงในกล้ามเนื้อหลายมัดนั้น ทดสอบดูว่าจะได้ผลแตกต่างอย่างไรกับการการใช้ไฟฟ้าหรือแสงเลเซอร์เพียงอย่างเดียว