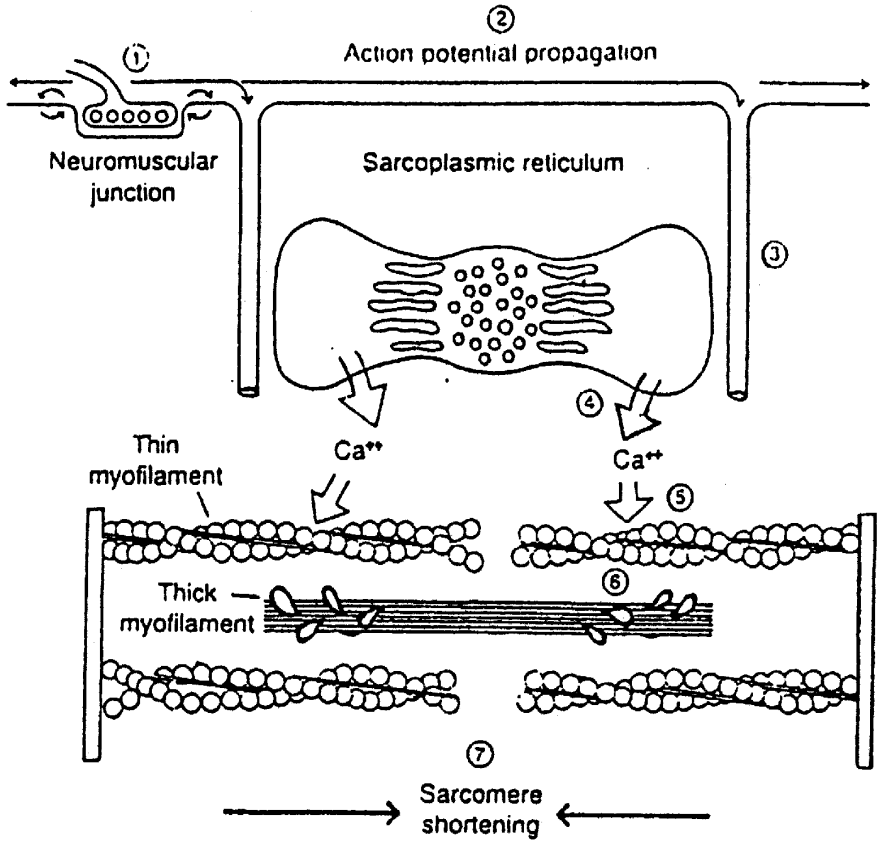
8

จุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อและเส้นประสาท

กลไกลการหดตัวของกล้ามเนื้อปกติ [1] เริ่มจากเมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นจนถึง action potential แล้วถูกส่งผ่านมายังบริเวณ neuromuscular junction สัญญาณประสาทที่ถูกส่งผ่านมายังส่วนปลายของเส้นประสาทนั้นจะกระตุ้นให้กระเปาะเล็ก ๆแตกตัว หลั่งสาร acetylcholine แพร่ออกมาผ่านรอยต่อไปยังตัวรับสารเคมี (receptor site) ซึ่งอยู่ที่ผิวเซลล์กล้ามเนื้อ การรวมตัวของตัวรับสารเคมีกับสารเคมี acetylecholine ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการซึมผ่านไอออนที่เยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าซึ่ง เรียกว่า end plate potential ขึ้น ศักย์ไฟฟ้านี้ตามปกติมากพอที่จะทำให้เกิดสัญญาณประสาทหรือ action potential กระจายไปทั่วเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ (sacrolemma) ได้อย่างรวดเร็ว สัญญาณประสาทส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านมายัง T-tubule และบริเวณ triad of three channels ตามลำดับ ที่บริเวณนี้ศักย์ไฟฟ้าของสัญญาณ ดังกล่าว จะกระตุ้นให้เกิดการปล่อยแคลเซียมไอออน



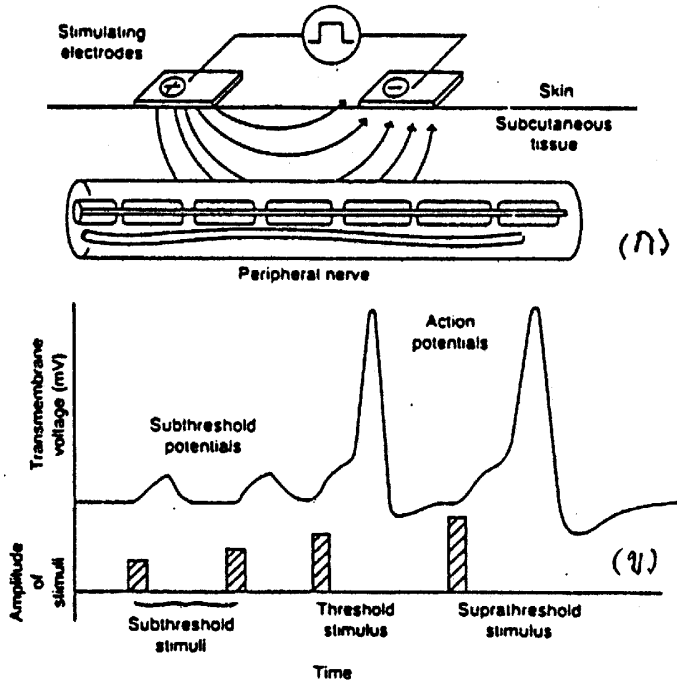
รูปที่ 8.1 แสดงกลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อปกติ (1) การเกิด endpate potential บริเวณ neuromuscular junction (2) เกิด action potential propagation มาตามเยื่อหุ้มเซลล์ (3) action potential ถูกส่งผ่ามมาตาม t-tubules และ บริเวณ triad of three channels ตามลำดับ (4)calcium ions ถูกปล่อยออกจาก sacroplasmic reticulum (5) แคลเซียมยึดเหนี่ยวกับ troponin และทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของ tropomyosin (6) การสร้าง cross-bridge ระหว่าง actin และ myosin (7) เกิดการหดสั้นของ sarcomere (ดัดแปลงจาก Robinson AJ. Physiology of muscle and nerve. In Mekler LS and Robinson Aj eds. Clinical electro physiology Baltimore: Williams and Wilkins, 1989: 59.)

ออกจาก sarcoplasmic reticulum แคลเซียมเหล่านี้ จะไปเกาะกับ troponin บน tropomyosin ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของ tropomyosin ซึ่งจะเปิดตำแหน่งบน actin ทำให้ myosin มาจับได้ เกิดการสร้าง cross-bridge ระหว่าง actin และmyosin ซึ่งต่อมาทำให้เกิดการไถลเลื่อนของ thin filament เข้าหา thick filament ดังนั้น sarcomere จึงสั้นลง เป็นกลไกที่สำคัญในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (รูปที่ 8.1)

การเกิด action potential ที่เยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ และเซลล์ประสาทนั้นไม่แตกต่างกัน แต่จะต่างกันที่ความไวของการตอบสนอง threshold ของกล้ามเนื้อจะสูงกว่าเส้นประสาท ดังนั้น เมื่อใช้กระแสไฟเพื่อกระตุ้นให้กล้ามเนื้อ (ที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง) ตอบสนองจึงต้องใช้ความแรงของไฟ และช่วงการกระตุ้นของไฟที่แรงกว่าการ กระตุ้นเส้นประสาท หรือกล้ามเนื้อที่มีเส้นประสาทมาเลี้ยง ขณะวางขั้วกระตุ้นไฟฟ้า และปล่อยกระแสไฟเพื่อกระตุ้นเซลล์กล้ามเนื้อและเส้นประสาท ที่ใต้ขั้วไฟฟ้าลบจะเกิดดีโพลาไรเซชัน (depolarization) ที่เยื่อหุ้มเซลล์ภายนอก ทำให้เสมือนหนึ่งเพิ่มความเป็นลบ มีผลให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าของภายนอกและภายในเยื่อหุ้มเซลล์ลดลงเกิด action potential ง่าย ส่วนที่ใต้ขั้วบวกจะเกิดไฮเพอร์โพลาไรเซชัน (hyperpolarization) ทำให้เสมือนหนึ่งเพิ่มความเป็นบวกนอกเซลล์ ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าของภายนอกและภายในเยื่อหุ้มเซลล์เพิ่มขึ้น (รูปที่ 8.2)

1 subthreshold currents [1]

ถ้าความแรงของกระแสที่กระตุ้นไม่มากพอที่จะกระตุ้นให้เยื่อหุ้มเซลล์ประสาท และกล้ามเนื้อถึง threshold ของดีโพลาไรเซชันที่ขั้วลบก็จะไม่เกิด action potential ให้เห็น การเข้าใจเรื่อง subthreshold current flow จะ



รูปที่ 8.2 แสดง การตอบสนองของเยื่อหุ้มเซล์ที่ไวต่อตัวกระตุ้น ต่อการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (ก) เกิดดีโพลาไรเซชันที่ใต้ขั้วลบ และไฮเพอร์โพลาไรเซชันที่ใต้ขั้วบรก (ข) ระดับ threshold ของการตอบสนอง (ดัดแปลงจาก Robinson AJ. Physiology of muscle and nerve. In Mekler LS and Robinson Aj eds. Clinical electro physiology Baltimore: Williams and Wilkins, 1989: 86.)

ทำให้เข้าใจกลไกการกระตุ้นเนื้อเยื่อด้วยเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าจนเกิด action potentialได้ การที่เนื้อเยื่อได้รับการกระตุ้นจากไฟฟ้าขนาด subthreshold เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของ membrane potential จนถึง peak หรือไม่นั้นก็ขึ้นกับปริมาณกระแส และช่วงการกระตุ้น (pulse duration) ที่ให้กับเนื้อเยื่อนั้นโดยตรง เช่น การกระตุ้นกล้ามเนื้อลายจะใช้ช่วงการกระตุ้นประมาณ 35 มิลลิวินาทีหรือมากกว่า ส่วนการกระตุ้นเส้นประสาทจะใช้ประมาณ

1 มิลลิวินาที และการกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง จึงจำเป็นต้องใช้ช่วงการกระตุ้นที่ยาวพอจนเกิด action potential ของกล้ามเนื้อ เป็นต้น

2 threshold สำหรับการกระตุ้น [1]

เมื่อให้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเพื่อดีโพลาไรซ์เนื้อเยื่อจนถึง threshold จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าจนเกิด action potential และเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อตามลำดับ การที่เยื่อหุ้มเซลล์มีศักย์ไฟฟ้าสูงจนสามารถเกิด action potential ได้หรือไม่นั้น ขึ้นกับตัวกระตุ้นและเยื่อหุ้มเซลล์ที่ถูกกระตุ้น ตัวอย่าง เช่น ใยประสาทที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กต้องใช้ความแรงของไฟเพื่อกระตุ้นให้ถึง threshold มากกว่าใยประสาทที่มีขนาดใหญ่ เพราะใยประสาทเส้นเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่าจึงมีความต้านทานไฟฟ้าสูงกว่า นอกจากนั้น ถ้าใยประสาทเส้นนั้นถูกกระตุ้นบ่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง จะเกิดการปรับตัว (accommodation) ทำให้ต้องใช้ความแรงของกระแสมากขึ้นอีก

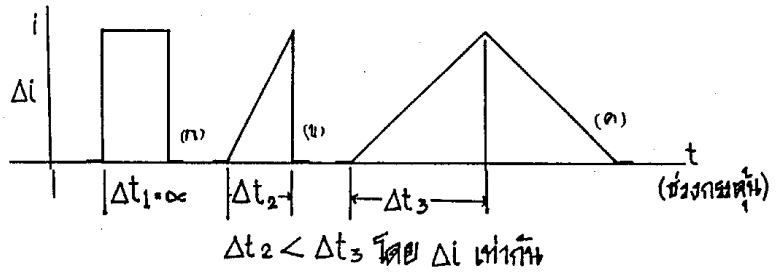
ทางคลินิกการกระตุ้นเส้นประสาทรอบนอกซึ่งมักเป็นเส้นประสาทผสม กล่าวคือ ในเส้นประสาทหนึ่งเส้นจะประกอบด้วยเส้นประสาทรับความรู้สึก, เส้นประสาทยนต์ และเส้นประสาทอัตโนมัติ ซึ่งมักจะเป็น myelinated nerve และเส้นประสาทรับความรู้สึก เจ็บปวดซึ่งเป็น non myelinated nerve ดังนั้น การใช้กระแสที่มีปริมาณน้อย ๆ จะทำให้เกิดการตอบสนองของเส้นประสาท รับความรู้สึกและกล้ามเนื้อได้ดีกว่าเส้นประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดจึงไม่ค่อยรู้สึกเจ็บปวด

ช่วงการกระตุ้น (phase/pulse duration) ของกระแสไฟก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยบแปลงจนถึง threshold

ได้เช่นกัน แต่เนื่องจากช่วงการกระตุ้นยาวกว่า จะมีปริมาณประจุมากกว่าช่วงการกระตุ้นที่สั้น กล่าวคือ ถ้าใช้กระแสไฟมีช่วงการกระตุ้น 1 มิลลิวินาที กระตุ้นเยื่อหุ้มเซลล์ของกล้ามเนื้อลาย (ที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง) จะไม่สามารถทำให้มีการเปลียนแปลงได้จนถึง threshold นอกจาก จะเพิ่มความแรงของกระแสให้มากพอ การเพิ่มความแรงของกระแสก็คือการเพิ่มปริมาณประจุใน 1 ช่วงการกระตุ้นวิธีหนึ่งด้วยเหมือนกัน ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงของไฟและความยาวของช่วงการกระตุ้นที่ทำให้เกิดการตอบสนองของเนื้อเยื่อที่ไวต่อตัวกระตุ้น (เส้น ประสาทและกล้ามเนื้อ) นี้ สามารถเขียนเป็นเส้นโค้ง เรียกว่า เส้นโค้งเอสดี (SD curve) (ดูบทที่ 9)

ปัจจัยสุดท้ายที่เกี่ยวข้องกับ threshold สำหรับการกระตุ้นก็คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของการเพิ่มหรือลดกระแส (rate of change) ลักษณะของไฟที่กระตุ้นถ้ามีอัตราการเพิ่มกระแสใน 1 ช่วงการกระตุ้นช้า คลื่นกระตุ้น (wave form) มักจะเป็นรูปสามเหลี่ยม แต่ถ้ามีอัตราการเพิ่มกระแสเร็ว ความชันของคลื่นไฟที่ค่อย ๆเพิ่มขึ้น จะเพิ่มเร็วหรือชันมากขึ้นจนเป็นรูปสี่เหลี่ยม เมื่อเปรียบเทียบลักษณะของคลื่นกระตุ้น ระหว่างชนิดสามเหลี่ยม (รูปที่ 8.3) และสี่เหลี่ยม โดยกำหนดให้ช่วงการกระตุ้น และความแรงของกระแสที่เท่ากันแล้ว ไฟที่มีคลื่นกระตุ้นรูปสี่เหลี่ยมจะมีปริมาณประจุมากกว่าสามเหลี่ยม คลื่นไฟรูปสามเหลี่ยม (ซึ่งมีอัตราการเพิ่มของกระแสช้ากว่ารูปสี่เหลี่ยม) จะทำให้เส้นประสาทและกล้ามเนื้อเกิดการปรับตัว (accommodation) ได้ง่ายกว่าใช้ไฟสี่เหลี่ยม ผลนี้มีประโยชน์อย่างมากในการใช้ไฟฟ้าเพื่อการกระตุ้น กล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง (ดูบทที่ 6)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า เนื้อเยื่อที่ไวต่อตัวกระตุ้นจะสามารถถูกกระตุ้นให้ถึง threshold หรือไม่นั้น ขึ้นกับความยาวของช่วงการกระตุ้น ความแรงของ



รูปที่ 8.3 แสดงลักษณะของคลื่นไฟฟ้า IDC (ก) แบบสี่เหลี่ยมอัตราการเพิ่มกระแสเร็วมาก (ข) แบบสามเหลี่ยมฟันเลื่อยอัตรา กระแสช้าแต่ลดเร็ว (ค) แบบสามเหลี่ยมหน้าจั่ว อัตราการเพิ่มและลดกระแสช้า

ไฟที่กระตุ้น และอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวกระตุ้นหรือรูปคลื่นที่กระตุ้น

3 ผลของขั้วไฟฟ้าต่อการกระตุ้น [2]

การตอบสนองของเนื้อเยื่อที่ไวต่อตัวกระตุ้น ขั้วกระตุ้นที่เป็นขั้วบวกและลบจะให้ผลต่างกัน ขณะเปิดเครื่องหรือปิดวงจร กระแสจะไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบเสมอ ดังนั้น ที่ใต้ขั้วลบจะเปรียบเสมือนเป็นการเติมประจุให้แก่ผิวนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง เกิดภาวะ depolarization ทำให้สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงจนเกิด action potential ได้ง่าย ส่วนที่ขั้วบวกจะมีผลตรงกันข้ามเกิดภาวะ hyper polarization ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในเซลล์เพิ่มมากกว่าศักย์ไฟฟ้าขณะพัก โอกาสที่จะมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปจนถึง action potential ยากขึ้น กล้ามเนื้อหดตัวยาก ความรู้สึกลดลง เราจึงมักใช้ขั้วบวกระงับปวด (ดูบทที่ 4) ส่วนขั้วลบใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อ เป็นต้น

ขณะที่เปิดวงจร (ปิดเครื่อง) นั้น กระแสจะไหลจากขั้วลบกลับไปยังขั้วบวกถ้าขั้วไฟฟ้าทั้ง 2 ขั้วอยู่บนกล้ามเนื้อมัดเดียวกัน การเปิดวงจรสามารถทำให้เกิดการกระตุ้นที่ขั้วบวกได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม การเกิดการกระตุ้นที่ขั้วบวกนั้น ขั้วบวกไม่ได้ทำให้เกิด depolarization แต่การไหลกลับของกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนขั้วบวกให้เป็นลบ เปรียบเสมือนเป็นการลดประจุบวกภายนอกเยื่อหุ้มเซลล์ทันที ทำให้ศักย์ไฟฟ้าภายนอกเซลล์ลดลงทันที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายนอกและภายในเซลล์ลดลง จนสามารถมีการเปลี่ยนแปลงต่อไปจนเกิด action potential ได้ง่าย แต่การหดตัวจากการกระตุ้นที่ขั้วลบขณะปิดวงจรจะแรงกว่าการหดตัวจากขั้วบวกขณะเปิดวงจร ซึ่งอาจเขียนเรียงลำดับความแรงของการหดตัวได้ดังนี้

CCC > ACC > AOC > COC

CCC คือ cathode closing circuit (กระตุ้นที่ขั้วลบขณะปิดวงจร)

ACC คือ anode closing circuit (กระตุ้นที่ขั้วบวกขณะปิดวงจร)

AOC คือ anode opening circuit (กระตุ้นที่ขั้วบวกขณะเปิดวงจร)

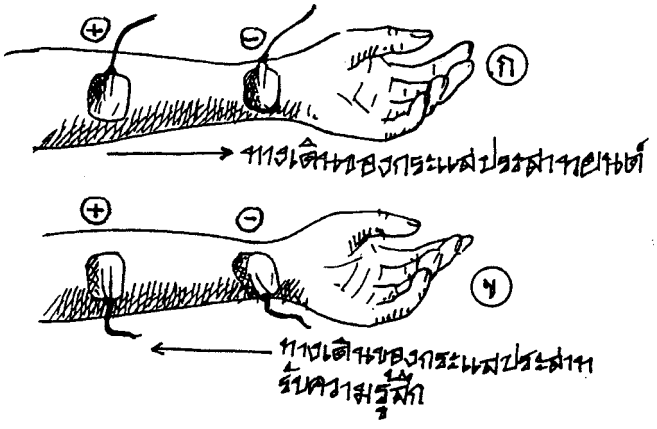
COC คือ cathode opening circuit (กระตุ้นที่ขั้วลบขณะเปิดวงจร)

ในการกระตุ้นเส้นประสาทนั้นควรให้ขั้วลบอยู่หน้าขั้วบวกเสมอ เพื่อป้องกันการเกิด hyperpolarization ของขั้วบวกในทิศทางที่สัญญาณประสาทจะวิ่งไป ดังนั้น ถ้าต้องการกระตุ้นประสาทยนต์เพื่อการหดตัวของกล้ามเนื้อควรให้ขั้วลบอยู่ใกล้กล้ามเนื้อที่จะกระตุ้นมากกว่าขั้วบวก (รูปที่ 8.4) หรือขั้วลบอยู่หน้าขั้วบวกในทิศที่กระแสประสาทวิ่งไป แต่ในกรณีที่ต้องการกระตุ้นใยประสาทรับความรู้สึกเพื่อลดปวด ควรวางขั้วบวกอยู่ใกล้ไขสันหลังหรือขั้วบวกอยู่ข้างหน้าขั้วลบในทิศทางการวิ่งของกระแสประสาท จะทำให้ความเจ็บปวดลดลงขณะกระตุ้น

4 จุดมอเตอร์ [3]

คือจุดที่เนื้อเยื่อมี threshold ต่อการตอบสนองต่อตัวกระตุ้นต่ำที่สุด ทำให้ใช้ปริมาณ กระแสไฟน้อยเพื่อกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของเนื้อเยื่อที่มากที่สุด โดยทั่วไปมักเป็นจุดที่ ใยประสาทยนต์แทงเข้าสู่ใยกล้ามเนื้อ จุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อปกติในแต่ละคนจะอยู่ใกล้ เคียงกัน คือประมาณ 1/3 ตอนบน ของกล้ามเนื้อมัดนั้น ผิวหนังที่หยาบแห้ง บวม หรือมีไขมันมาก ๆ ทำให้ผิวหนัง มีความต้านทานไฟฟ้าสูง มักจะหาจุดมอเตอร์ได้ยาก

จุดมอเตอร์อาจแบ่งได้เป็นจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อ คือจุดที่กล้ามเนื้อมัดนั้น มักตอบสนองต่อกระแสไฟได้แรงที่สุดโดยใช้ไฟน้อยที่สุด และจุดมอเตอร์ของเส้นประสาทยนต์ คือจุดที่เส้นประสาทยนต์นั้นอยู่ตื้นต่อผิวหนังมากที่สุด สามารถถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟปริมาณน้อย ๆได้ง่าย และถ้าใช้ไฟปริมาณที่เท่ากันกระตุ้นที่จุดมอเตอร์ของประสาทยนต์จะทำ ให้กล้ามเนื้อที่



รูปที่ 8.4 แสดงการวางขั้วกระตุ้นเส้นประสาทยนต์เพื่อให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ (ก) และกระตุ้นเส้นประสาทรับความรู้สึก เพื่อระงับปวด (ข)

ประสาทยนต์นั้นเลี้ยงเกิดการหดตัวพร้อมกัน และหดตัวได้แรงกว่าจุดที่ไม่ใช่จุดมอเตอร์

ในทางคลินิกมักใช้จุดมอเตอร์เป็นจุดวางขั้วกระตุ้น เนื่องจากเป็นจุดที่ใช้ปริมาณกระแสไฟน้อยที่สุด จึงทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อเนื้อเยื่อน้อยที่สุด สามารถลดผลแทรกซ้อนต่าง ๆที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า

5. วิธีการหาจุดมอเตอร์ [4,5]

วิธีการหาจุดมอเตอร์ คือวิธีหาจุดหรือตำแหน่งวางขั้วกระตุ้นไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการตอบสนอง ต่อกระแสไฟฟ้าได้ดีที่สุด โดยใช้ความเข้มของกระแสและช่วงการกระตุ้นสั้นที่สุด การหาจุดมอเตอร์มักใช้เทคนิคกระตุ้นแบบ monopolar (ดูบทที่ 3) และใช้ขั้วกระตุ้นชนิดมือถือเพื่อจะได้จุดที่ต้องการ

วิธีการหาจุดมอเตอร์พอสรุปได้ดังนี้

1. ผู้กระตุ้นควรมีความรู้ทางด้านกายวิภาคศาสตร์และจลนวิทยาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อและเส้นประสาทที่จะกระตุ้นว่ามีจุดเกาะต้นจุดเกาะปลายอย่างไร ? ขณะมีการหดตัวจะทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนนั้นอย่างไร ?

2. มีความรู้เรื่องเทคนิคการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าความถี่ต่ำเป็นอย่างดี

3. ปรับเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อให้กระแส IDC ซึ่งมีช่วงกระตุ้นน้อยกว่า 50 มิลลิวินาที (มากกว่านี้อาจเกิดปฏิกิริยาใต้ขั้วกระตุ้น, เจ็บมาก) ช่วงพักประมาณ 100-500 มิลลิวินาที (น้อยกว่า 100 มิลลิวินาที จะหดตัวเร็วมองไม่ทัน)

4. เตรียมขั้วกระตุ้นมือถือโดยพันด้วยสำลีให้เป็นปุ่ม และชุบน้ำให้

เปียกชุ่ม ขั้วกระตุ้นที่เล็กกว่าจะกระตุ้นจุดมอเตอร์ได้ดีแต่มักจะเจ็บกว่า เนื่องจากความหนาแน่นของกระแสจะสูงกว่าขั้วใหญ่ โดยทั่วไปมักใช้ขั้วลบเป็นขั้วกระตุ้น

5. วางขั้ว dispersive (มักเป็นขั้วบวก) ไว้บริเวณใกล้เคียงมักอยู่ส่วนปลาย (distal) กว่าเมื่อเทียบกับขั้วกระตุ้นมือถือ

6. วางขั้วกระตุ้นมือถือโดยออกแรงกดพอสมควร ลงบนประมาณส่วนต้นหรือส่วนปลาย 1/3 ของมัดกล้ามเนื้อที่ต้องการกระตุ้น

7. ค่อย ๆเพิ่มความเข้มของกระแส จนกระทั่งเห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ

8. ตรวจสอบว่ากล้ามเนื้อที่หดตัวตามจังหวะกระแสไฟนั้น เป็นกล้ามเนื้อที่ต้องการกระตุ้นจริงหรือไม่

9. หากใช่พยายามลดความเข้มให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเห็นการหดตัว

10. ค่อย ๆเลื่อนขั้วกระตุ้นมือถือไปบริเวณใกล้เคียง เพื่อหาจุดที่ตอบสนองต่อไฟดีกว่า (กระตุ้นได้แรงกว่า) แล้วทำตามขั้วตอนข้อ 9 จนพบจุดที่ใช้ไฟน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อมากที่สุด นั่นคือจุดมอเตอร์นั่นเอง

6.ข้อควรระวังขณะหาจุดมอเตอร์ [5]

1. ขั้วกระตุ้นทั้งสองควรชุบน้ำให้เปียกชุ่ม เพื่อลดค่าความต้านทานเชิงซ้อนต่อไฟฟ้าที่ผิวหนัง

2. ไม่ควรขยับขั้วกระตุ้นขณะที่ไม่ได้ลดความแรงของกระแสมาที่จุดศูนย์

3. หากผู้ถูกกระตุ้นรู้สึกเจ็บ ร้อน คันบริเวณกระตุ้น ควรหยุดกระตุ้นแล้วตรวจสอบผิวหนังใต้ขั้วกระตุ้น เช็ดด้วยแอลกอฮอล์

4. หากผู้ถูกกระตุ้นรู้สึกเจ็บควรปรับช่วงการกระตุ้นให้สั้นลงอีก
5. กล้ามเนื้อมัดหนึ่งๆอาจมีจุดมอเตอร์ได้หลายจุด

ปฏิบัติการที่ 8 การหาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อและประสาท

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติการครั้งนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1. อธิบายจุดมอเตอร์
2. อธิบายประโยชน์ของจุดมอเตอร์ทางคลินิก
3. แสดงวิธีการหาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อและประสาทยนต์ในคนปกติ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อที่สามารถให้กระแสตรงแบบเป็นช่วงๆ ซึ่งสามารถ ปรับค่าช่วงการกระตุ้น (pulse duration) และช่วงพัก (pause duration) ได้
2. แผ่นขั้วไฟฟ้า ผ้าหรือสำลี ยางรัด และสายไฟ
3. ขั้วกระตุ้นชนิดมือถือ
4. สำลี แอลกอฮอล์
5. ปากกาเขียนแก้ว

วิธีปฏิบัติการ

1. ปรับเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อให้สามารถให้กระแส IDC ชนิดช่วงการกระตุ้น 10 มิลลิวินาที ช่วงพัก 500 มิลลิวินาที
2. วางขั้วกระตุ้นแบบเทคนิค monopolar โดยขั้ว dispesive ห่าง

จากขั้ว active พอสมควร

3. ขั้ว active ให้ใช้ขั้วกระตุ้นชนิดมือถือ

4. วางขั้ว active บริเวณจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อ และเส้นประสาท โดย ศึกษาจากแผนภูมิที่ให้ ปรับกระแสจนกระทั่งเห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ

5. พยายามขยับขั้ว active ให้ได้ตำแหน่งที่เห็นการหดตัวมากที่สุด โดยใช้กระแสไฟน้อยที่สุด (ดูหัวข้อที่ 5)

6. บันทึกตำแหน่งจุดมอเตอร์ที่หาได้ลงในรูปที่ให้

ตอนที่ 1 กระตุ้นจุดมอเตอร์ของแขน ดังต่อไปนี้

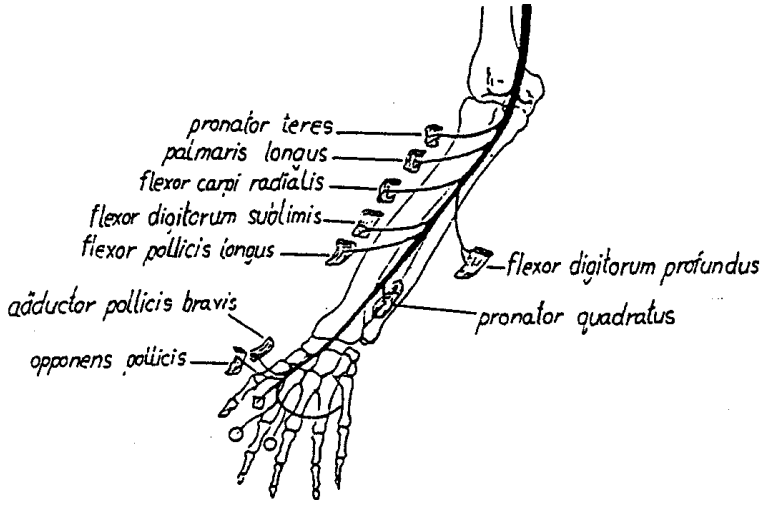
1.Eerb's point บริเวณ clavicle (รูปที่ 8.5)

2.median nerve บริเวณด้านหน้าของข้อศอก (รูปที่ 8.6) บริเวณด้านหน้าของข้อมือ

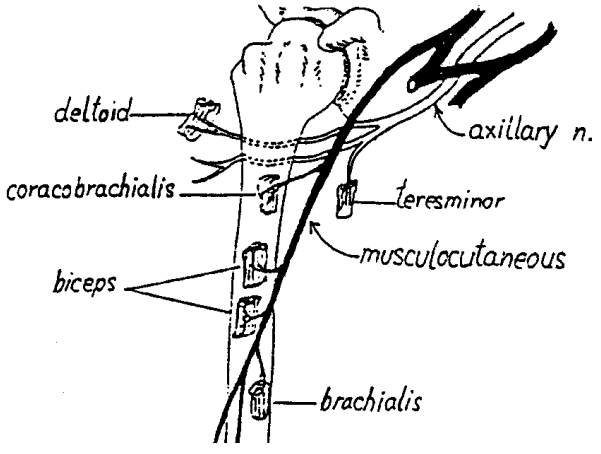
3.axillary และ musculocutaneous nerve บริเวณต้นแขน (รูปที่ 8.7)

4. ulnar nerve บริเวณด้านหลังของข้อศอก (ulnar groove) บริเวณด้านข้างด้านนอกของข้อมือ (รูปที่ 8.8)

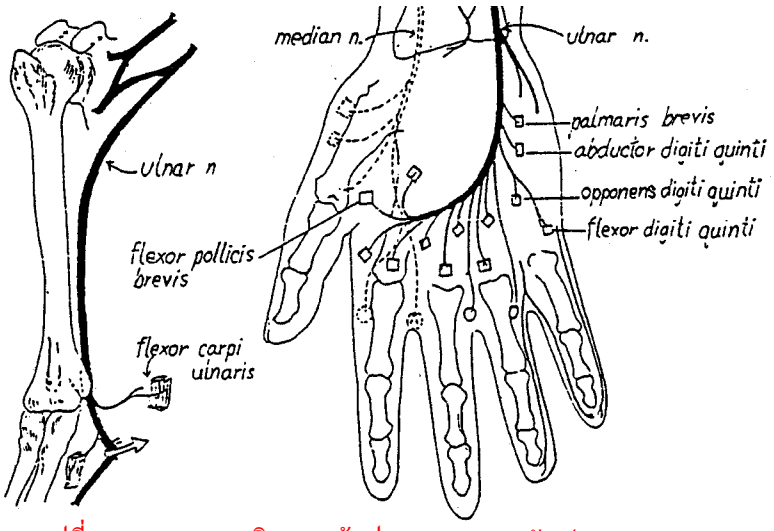
รูปที่ 8.5 แสด Erb' s point (st.12) (ดัดแปลงจาก: Wong JY, Rapson LM. TENS. Canada; 1983: 98.)



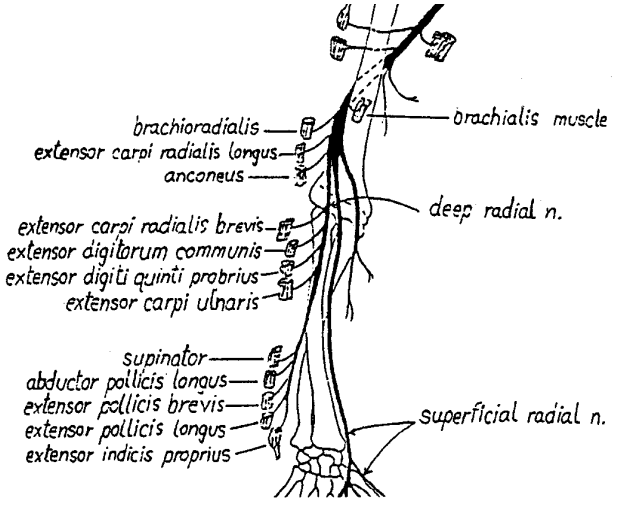
รูปที่ 8.6 แสดงทางเดินของเส้นประสาท median (ดัดแปลงจาก:Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 123.).



รูปที่ 8.7 แสดงทางเดินของเส้นประสาท axillary และmusculocutaneous (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 119.).



รูปที่ 8.8 แสดงทางเดินของเส้นประสาท ulnar(ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 124.).



รูปที่ 8.9 แสดงทางเดินของเส้นประสาท radial (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 122.).

5.radial nerve บริเวณด้านหลังของต้นแขน และบริเวณ radial groove (รูปที่ 8.9)

6.กล้ามเนื้อแขนอย่างน้อย 10 มัด (รูปที่ 8.10)

7.บันทึกตำแหน่งจุดมอเตอร์ที่หาได้ลงบนรูปที่ให้ (รูปที่ 8.11)

ตอนที่ 2 กระตุ้นจุดมอเตอร์ของขา ดังต่อไปนี้

1.femeral nerve บริเวณด้านหน้าของข้อพับต้นขา (รูปที่ 8.12)

2.obturator nerve บริเวณต้นขาด้านใน (รูปที่ 8.12)

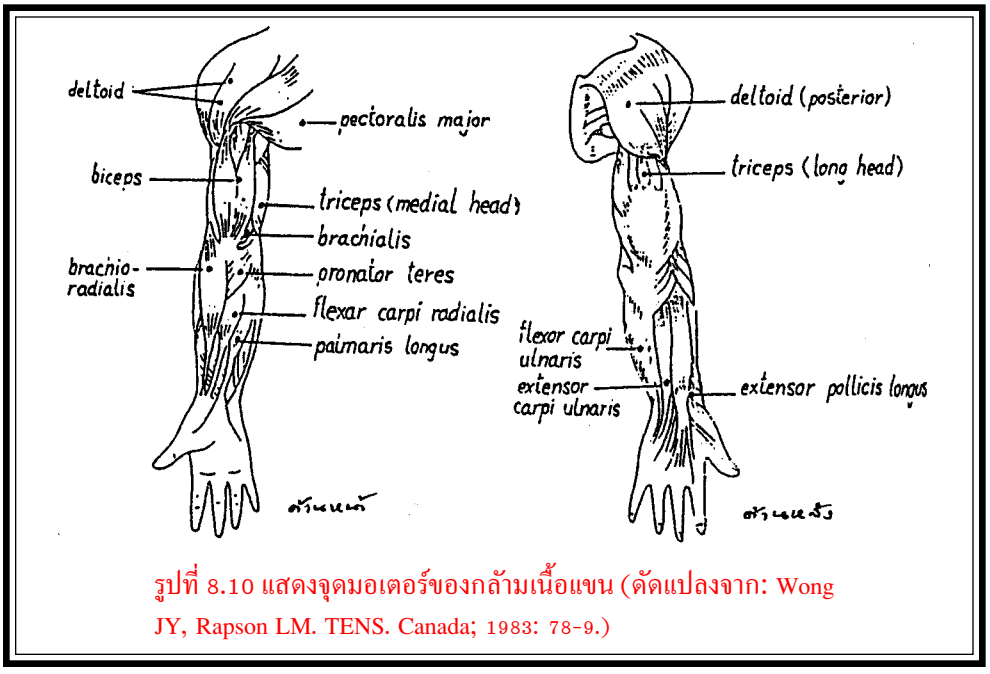
3.sciatic nerve บริเวณแก้มก้น (รูปที่ 8.13)

4.tibial nerve บริเวณด้านหลังข้อพับเข่า (รูปที่ 8.14)

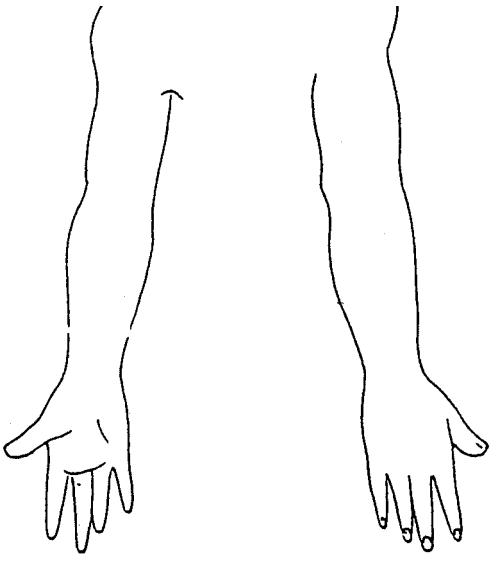
5.common peroneal nerve บริเวณด้านข้างด้านนอกของเข่า (รูปที่ 8.14)

6.กล้ามเนื้อขาอย่างน้อย 10 มัด (รูปที่ 8.15)

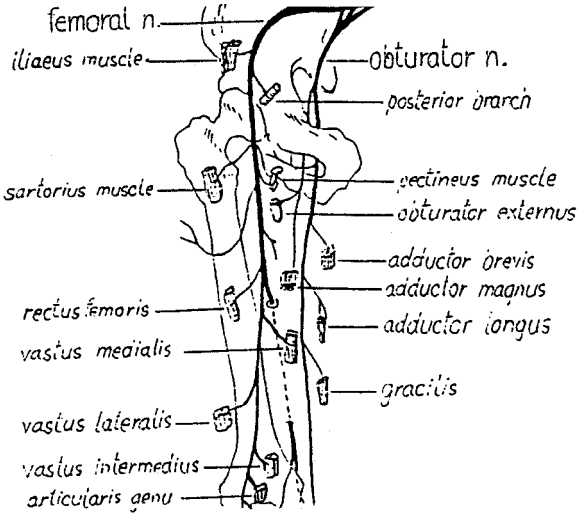
7.บันทึกตำแหน่งจุดมอเตอร์ที่หาได้ลงบนรูปที่ให้ (รูปที่ 8.16)



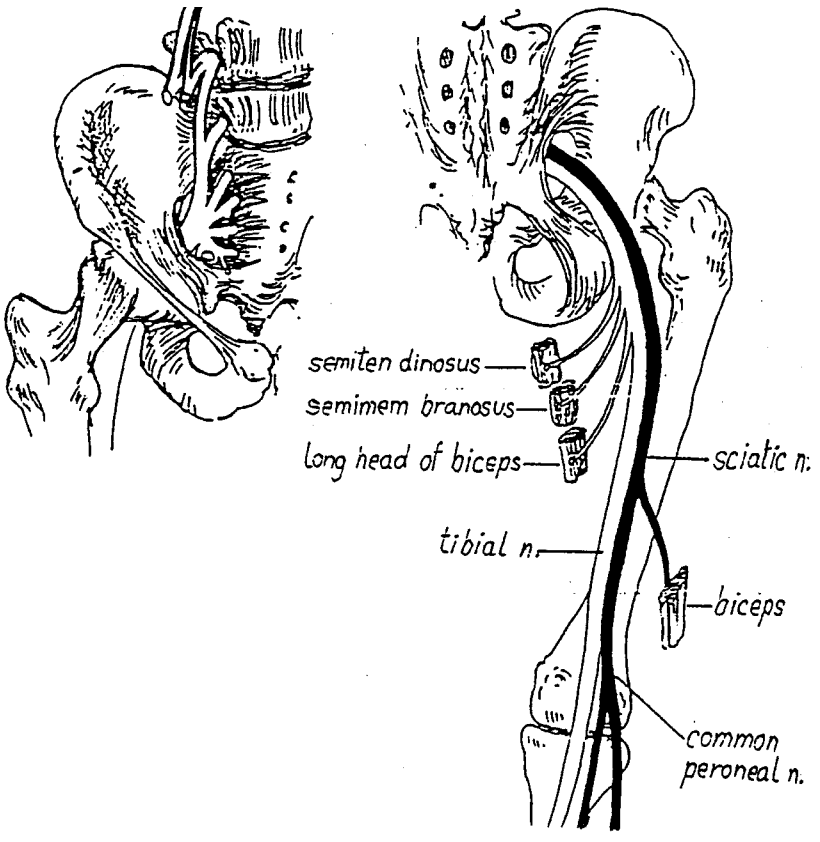
รูปที่ 8.10 แสดงจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อแขน (ดัดแปลงจาก: Wong JY, Rapson LM. TENS. Canada; 1983: 78-9.)



รูปที่ 8.11 แสดงภาพบันทึกผลการหาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อแขน



รูปที่ 8.12 แสดงทางเดินของเส้นประสาท femoral และobturator (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 129.).



รูปที่ 8.13 แสดงทางเดินของเส้นประสาท sciatic (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 133.).

ตอนที่ 3 กระตุ้นจุดมอเตอร์ของหน้าดังต่อไปนี้

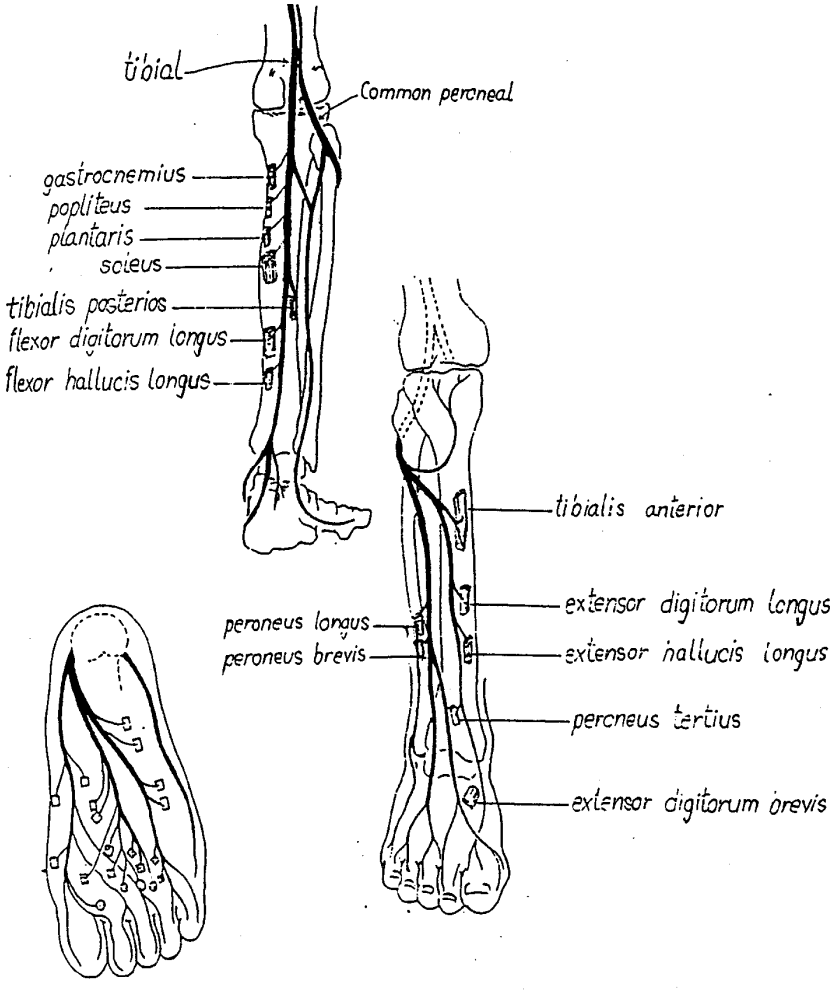
1.facial nerve: temporal branch บริเวณหน้าผากด้านข้าง (รูปที่ 8.17)

2.facial nerve: buccal branch บริเวณแก้ม (รูปที่ 8.17)

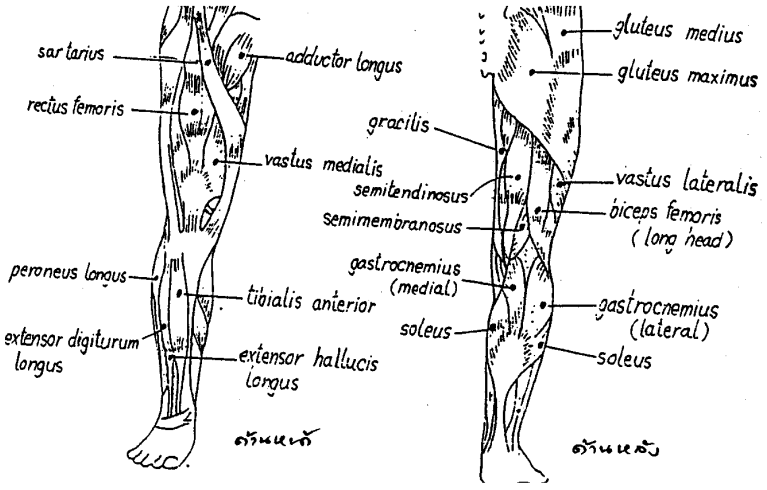
3.facial nerve: mandibular branch บริเวณกราม (รูปที่ 8.17)

4.กล้ามเนื้อหน้าอย่างน้อย 10 มัด (รูปที่ 8.18)

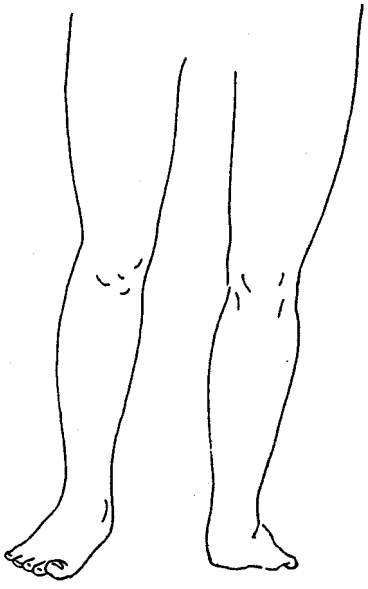
5.บันทึกตำแหน่งจุดมอเตอร์ที่หาได้ลงบนรูปที่ให้ (รูปที่ 8.19)



รูปที่ 8.14 แสดงทางเดินของเส้นประสาท common peroneal และ tibial (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 135.).



รูปที่ 8.15 แสดงจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อขา (ดัดแปลงจาก: Wong JY, Rapson LM. TENS. Canada; 1983: 80-1.)



รูปที่ 8.16 แสดงภาพสำหรับบันทึกผลการหาจุดมอเตอร์ของ กล้ามเนื้อขา

ตอนที่ 4 กระตุ้นจุดมอเตอร์ของลำตัวและหลัง ดังต่อไปนี้

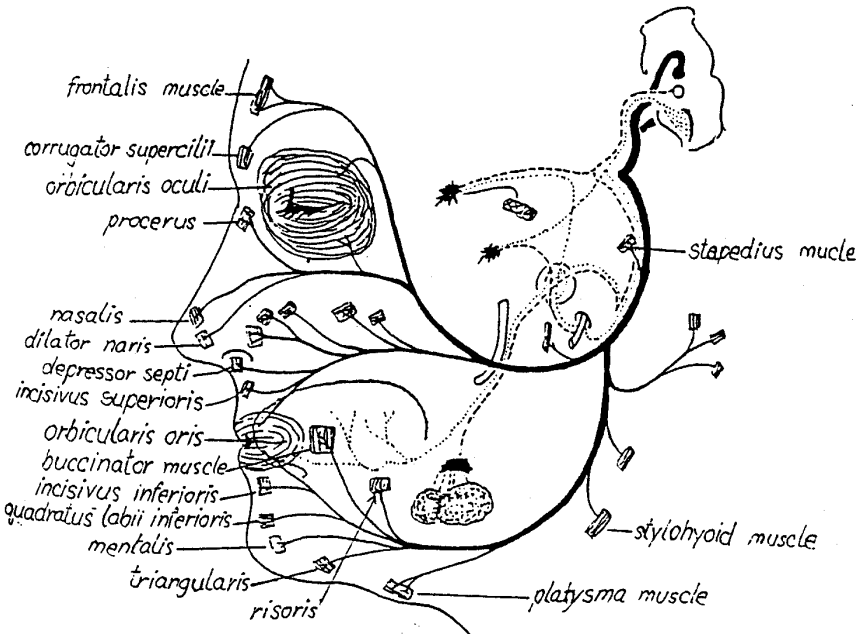
1.กล้ามเนื้อหลังอย่างน้อน 5 มัด (รูปที่ 8.20)

2.บันทึกตำแหน่งจุดมอเตอร์ที่หาได้ลงบนรูปที่ให้ (รูปที่ 8.21)

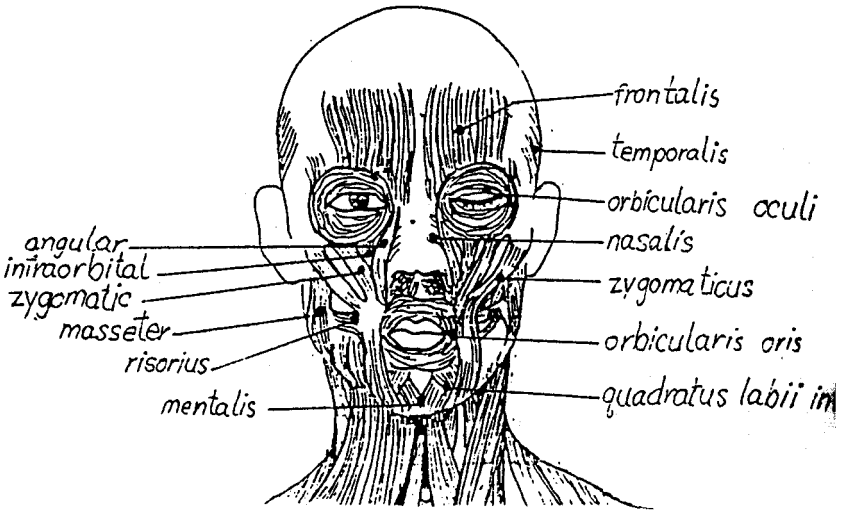
คำถามท้ายบท

1 ท่านมีวิธีตรวจสอบอย่างไรว่าจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อที่หาได้นั้นเป็นจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อนั้นจริง

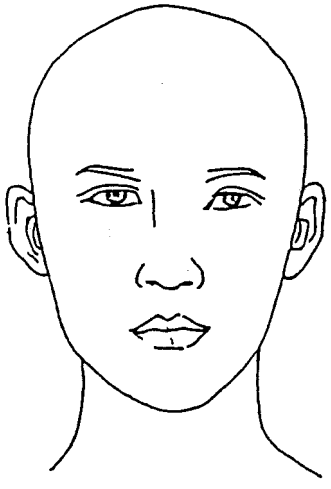
2 เพราะเหตุใดจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อที่อยู่ในชั้นลึก ๆ (จากผิวหนัง) จึงมักหาไม่ได้



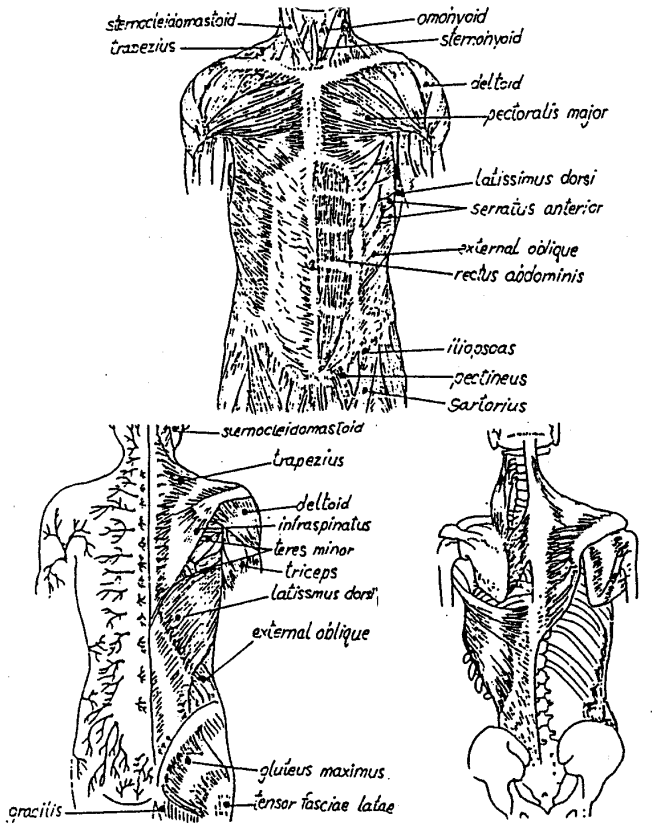
รูปที่ 8.17 แสดงทางเดินของเส้นประสาท facial (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 99.).



รูปที่ 8.18 แสดงจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อหน้า (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 192.).



รูปที่ 8.19 แสดงภาพบันทึกผลการหาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อหน้า

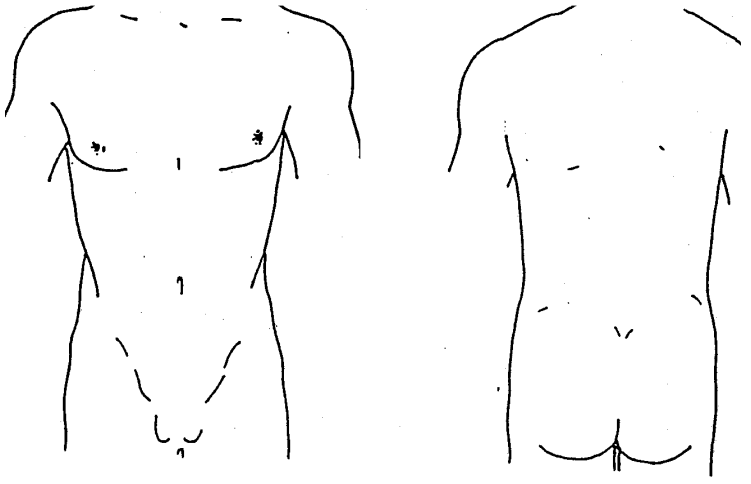


รูปที่ 8.20 แสดงจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อลำตัว (ดัดแปลงจาก: Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 193.).

3 จงอธิบายวิธีการหาจุดมอเตอร์ อย่างเป็นข้อ ๆตามลำดับโดยละเอียด

4 จงเปรียบเทียบจุดมอเตอร์ที่ท่านหาได้ กับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ และแผนภูมิจุดมอเตอร์ที่ให้ มีความแตกต่างกันหรือไม่ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

5 ถ้าต้องการหาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อมัดเล็ก ๆ ท่านมีวิธีดัดแปลงขั้วกระตุ้นอย่างไร ?



รูปที่ 8.21 แสดงภาพสำหรับบันทึกผลการหาจุดมอเตอร์ของกล้ามเนื้อลำตัว

เอกสารอ้างอิง

1.Robinson AJ Physiology of muscle and nerve. In: Mackler LS, Robinson AJ. eds. Clinical electrophysiology. Baltimore: Williams and Wilkins, 1989: 59-94.

2.Shriber WJ. Electrophysiology. A manual of electrotherapy, 4th edition. Philadelphia: Lea and Febiger, 1975: 139-47.

3.Wadsworth H, Chanmugam APP. Direct current, chapter 7. Electrophysical agents in physicaltherapy, 2nd edition. Sydney: Science Press, 1985: 219-20.

4.Forster A, Palastanga N. electrical stimulation of nerve and muscle. Clayton's electrotherapy: theory and practice, 9th edition. London; Bailliere

Tindall, 1985: 69-70.

5.Downer AH. Electrical stimulation:physical therapy proceducres, 4th edition. Springfield: Charles C. Thomas, 1988: 163-71.

6.Wong JY, Rapson LM. TENS. Canada; 1983: 78-81, 98.

7.Chusid JG. Correlative neuroanatomy and functional neurology, 17th edition. Singapore; Huntsmenn, 1979: 111-38.