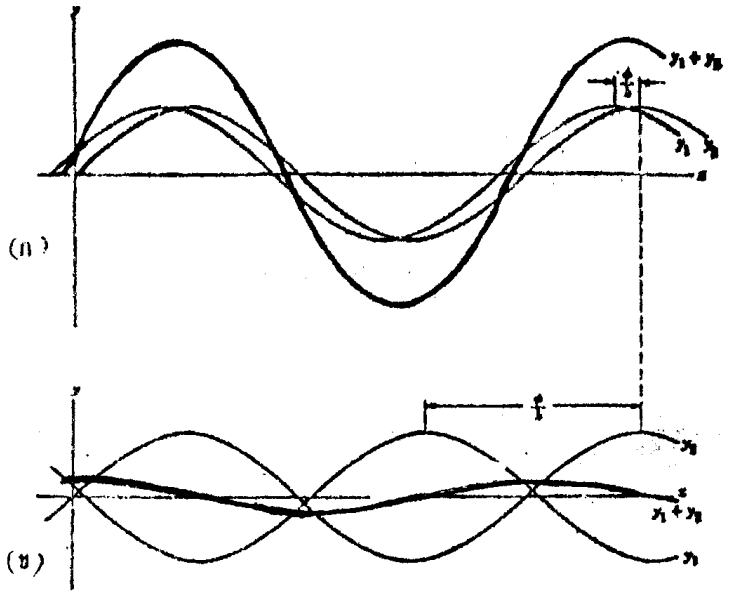
14

การกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

ในปี ค.ศ. 1950 Nemec ได้ประยุกต์กระแสไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เกิดจากการแทรกสอดของกระแสสลับมาใช้ทางคลินิก ให้ชื่อภายหลังว่ากระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล (interferential current) เรียกย่อ ๆว่า IFC ซึ่งได้มีการพัฒนาการใช้งานอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน

1. ทบทวนคุณสมบัติการแทรกสอดของคลื่น [1]

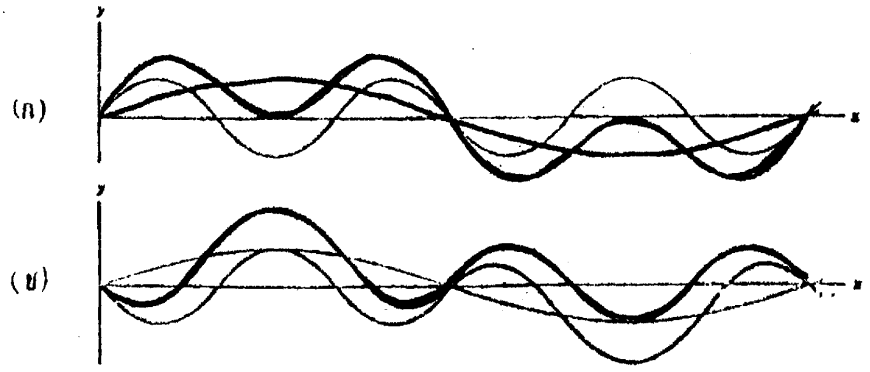
การแทรกสอดเป็นคุณสมบัติเฉพาะของคลื่นตั้งแต่ 2 ขบวนขึ้นไปมาซ้อนกัน ณ จุดทุกจุดที่คลื่นเหล่านั้นมาซ้อนกันจะเกิดการแทรกสอดกัน ถ้าจุดนั้นคลื่นทั้งสองมีเฟสตรงกันก็จะเกิดการเสริมกัน มีเฟสต่างกันหรือตรง



รูปที่ 14.1 แสดงคลื่นรวมของคลื่น 2 ขบวน (ก) มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน แต่มีเฟสเกือบเท่ากัน ขนาดของแอมพลิจูดรวมจะมีค่าเกือบเท่ากับ 2 เท่า ของขนาดแอมพลิจูดของคลื่นแต่ละขบวน (ข) มีความถี่และแอมพลิจูดเท่ากัน แต่มีเฟสต่างกันเกือบ 180 องศา ของขนาดแอมพลิจูดของคลื่นรวมเกือบเท่ากับ 0 (ดัดแปลงจาก: กมล อนวัช. หลักการรวมตำแหน่ง. คลื่นและเสียง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2524: 29..)

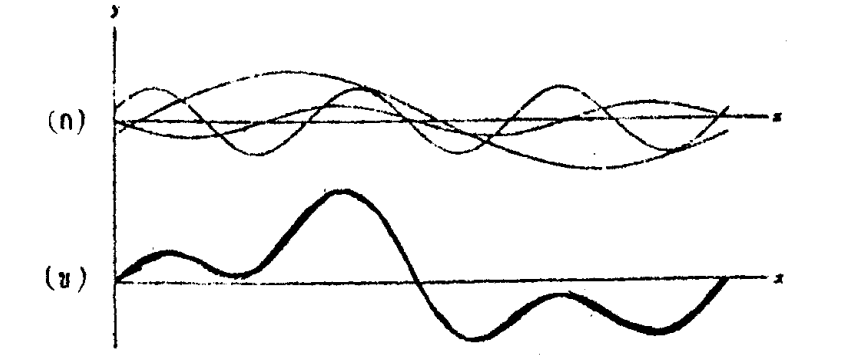
ข้ามกัน ก็จะเกิดการแทรกสอดแบบหักร้างกันทำให้แอมพลิจูดรวมของคลื่นผสมมีค่าลดลง ดังรูป 14.1 ขนาดของแอมพลิจูดของคลื่นผสม ณ จุดต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากการรวมแอมพลิจูดของคลื่นทั้งสอง ณ แต่ละจุดแบบเวคเตอร์นั่นเอง

คลื่น 2 ขบวนที่มาซ้อนกันถ้าความถี่แตกต่างกันมาก ความถี่ของคลื่นผสมมักจะมีค่าใกล้เคียงกับ ความถี่ของคลื่นเดิมที่มีความถี่มากกว่าแต่เฟสจะเปลี่ยนไปดังรูป 14.2, 14.3, และ 14.4

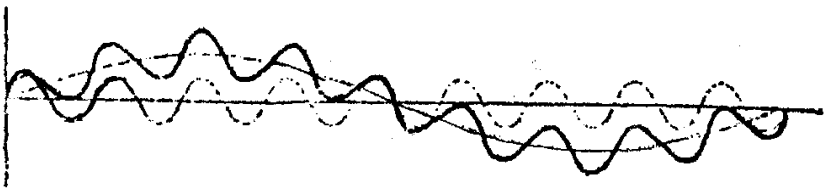


รูปที่ 14.2 แสดงผลรวมของคลื่น 2 ขบวนซึ่งมีความถี่เป็นอัตราส่วน 3:1 (เส้นบาง) เป็นคลื่นรวม (เส้นหนา) เปรียบเทียบเฟสที่ต่างกัน ของรูป(ก) และ (ข)(ดัดแปลงจาก: กมล อนวัช. หลักการรวมตำแหน่ง. คลื่นและเสียง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2524: 30..)

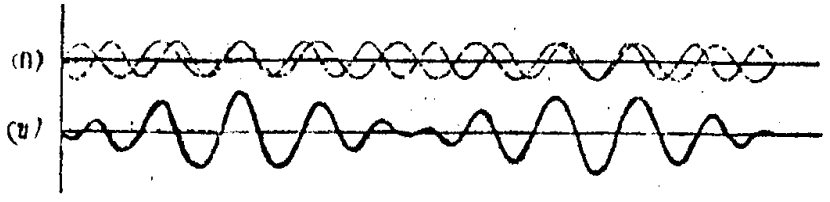
แต่ถ้าคลื่น 2 ขบวนที่มาซ้อนกันนั้นมีความถี่แตกต่างกันไม่มากก็จะเกิดการแทรกสอดกันที่เรียกว่า บีตส์ (beats) ดังรูปที่ 14.5 และ14.6 ความถี่ของบีตส์หาได้จากผลต่างความถี่ของคลื่นเดิม



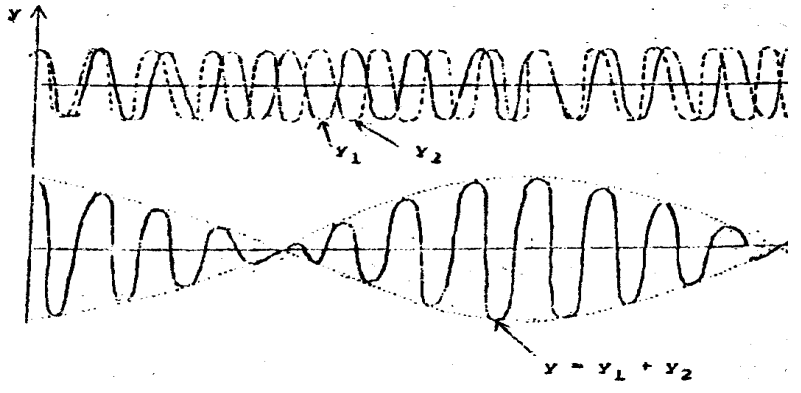
รูปที่ 14.3 แสดงผลรวมของคลื่น 3 ขบวนซึ่งมีความถี่ต่างกัน (ก), จะได้คลื่นรวมเป็นคลื่นเชิงซ้อน (ข) (ดัดแปลงจาก: กมล อนวัช. หลักการรวมตำแหน่ง. คลื่นและเสียง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2524: 30..)



รูปที่ 14.4 แสดงผลรวมของคลื่น 2 ขบวน (เส้นหนา) ที่มีความถี่ต่างกันมาก



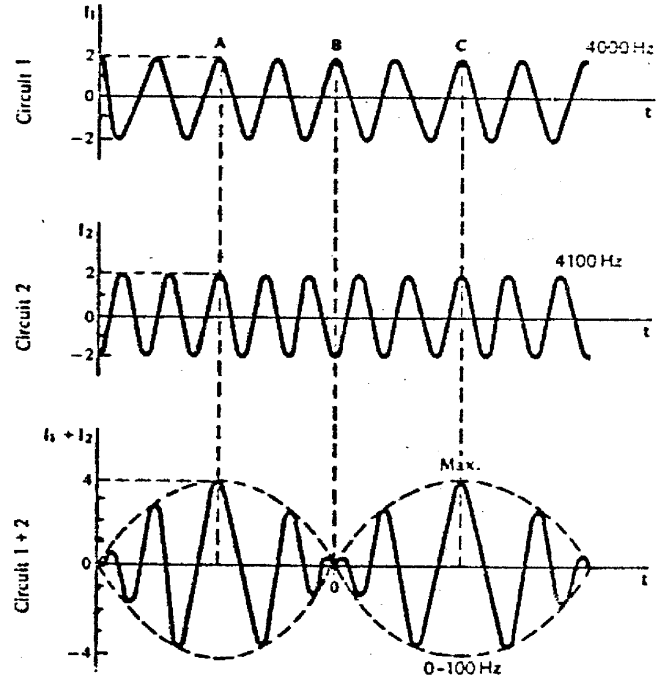
รูปที่ 14.5 แสดงผลรวมของคลื่น 2 ขบวน (เส้นหนา) ที่มี ความถี่เกือบเท่ากัน ซึ่งเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า บีตส (ดัดแปลงจาก: กมล อนวัช. หลักการรวมตำแหน่ง. คลื่นและเสียง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2524: 31.)



รูปที่ 14.6 แสดงการเกิดบีตส์ของคลื่น 2 ขบวน

2. ลักษณะเฉพาะของกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล (IFC) [2]

กระแส IFC เป็นกระแสที่เกิดจากการแทรกสอดของกระแสสลับความถี่ขนาดกลาง (ประมาณ 2000-4000 เฮิรตซ์) อย่างน้อย 2 ขบวน ซึ่งความถี่กระแสสลับที่ใช้แทรกสอดนั้น มักจะมีค่าไม่ต่างกันมากนักประมาณ 10-100 เฮิรตซ์ ทำให้คลื่นIFC เกิดความถี่บีตส์ (beats) จากรูป 14.7 กระแสสลับวงจรที่จะมีความถี่ 4000 เฮิรตซ์ และกระแสสลับอีกวงจรมีความถี่4100 เฮิรตซ์ แทรกสอดกันเกิดกระแส IFC ซึ่งมีความถี่บีตส์ประมาณ 100 เฮิรตซ์



รูปที่ 14.7 แสดงคลื่นความถี่บีตส์ประมาณ 100 เฮิรตซ์ ซึ่งเกิดจากคลื่นกระแสสลับสองขบวนแทรกสอดกัน มักเป็นกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดแทรกสอดภายในเครื่อง (ดัดแปลงจาก: Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP. eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 186.)

เป็นต้น กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลที่ใช้ทางคลินิกในปัจจุบันนี้อาจแบ่งออกได้ดังนี้

2.1 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดแทรกสอดภายในเครื่อง

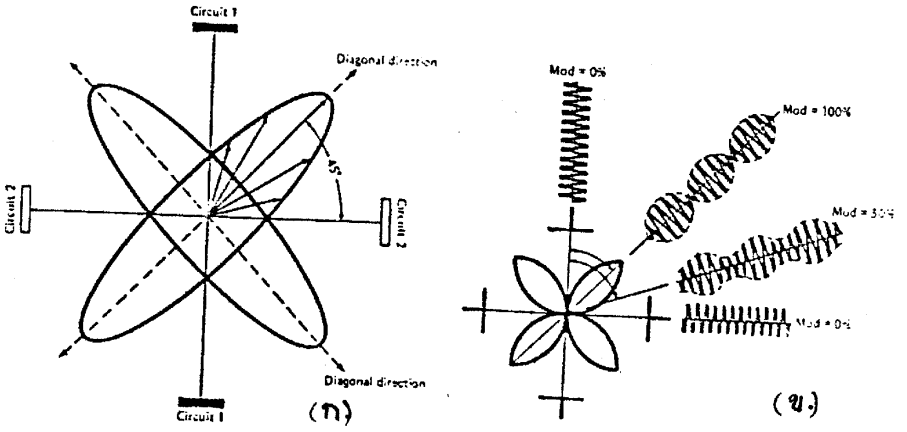
กระแส IFC ชนิดนี้เกิดจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์สร้างคลื่นกระแสสลับ 2 ขบวน ซึ่งมีความถี่ขนาดกลางแทรกสอดกันจนเกิดกระแสแทรกสอด ปล่อยออกทางขั้วกระตุ้นมายังเนื้อเยื่อผู้ป่วย ดังนั้นขั้วกระตุ้นของกระแส IFC ชนิดแทรกสอดภายในเครื่องจึงใช้ขั้วกระตุ้นเพียง 2 ขั้ว และมีความถี่บีตส์คงที่ โดยสามารถเลือกปรับค่าความถี่ได้จากปุ่มตามต้องการ ตัวอย่าง เช่น วงจร อิเล็กทรอนิกส์แรกสร้างคลื่นกระแสสลับมีความถี่ 4000เฮิรตซ์ ส่วนอีกวงจรหนึ่งจะสร้างกระแสความถี่ 4100 เฮิรตซ์ คลื่น IFC ที่แทรกสอดแล้วจะมีความถี่บีตส์ 100 เฮิรตซ์ ปล่อยออกมายังผู้ป่วย ดังรูปที่ 14.7

2.2 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดแทรกสอดภายนอกเครื่อง

กระแส IFC ชนิดนี้ เกิดจากการสร้างคลื่นกระแสสลับความถี่ขนาดกลาง 2 ขบวน ปล่อยออกจากเครื่องโดยผ่านทางขั้วกระตุ้น 2 คู่ (4 ขั้ว) หรือมากกว่า เข้าสู่เนื้อเยื่อในทิศทางต่างๆกัน เพื่อให้เกิดการแทรกสอดกันจนเกิดกระแส IFC ขึ้นภายในเนื้อเยื่อ ซึ่งความถี่บีตส์ของกระแส IFC หาได้จากผลต่างความถี่ของกระแสสลับทั้ง 2 ขบวนที่แทรกสอดกัน ดังนั้น การใช้กระแส IFC ชนิดนี้เพื่อการรักษา จึงจำเป็นต้องใช้ขั้วกระตุ้น 4 ขั้ว

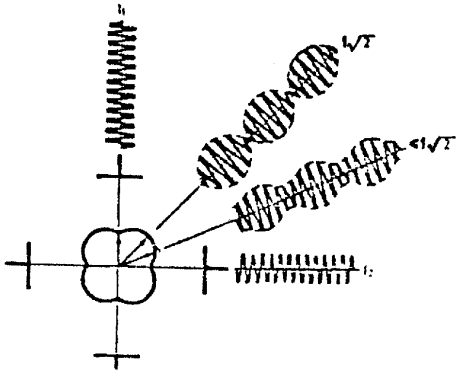
2.2.1 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดความถี่บีตส์คงที่

กระแสกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลซึ่งเกิดจากการแทรกสอด ของกระแส



รูปที่ 14.4 แสดงผลรวมแบบเวกเตอร์ของคลื่นกระแสสลับ สอง ขบวนที่แทรกสอดกันแบบตั้งฉาก, (ก) แสดงความแรงกระแสสูงสุดจะอยู่ในแนวเฉียง 45 องศา กับตำแหน่งขั้วกระตุ้น และ(ข) แสดงความแรงกระแสที่เกิดจากการแทรกสอดแต่ละตำแหน่ง (ดัดแปลงจาก: Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP. eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 188.)

สลับความถี่คงที่ 2 ขบวน จากวงจรที่ 1 และ 2 ที่ปล่อยเข้าเนื้อเยื่อในทิศทางตั้งฉากซึ่งกันและกัน จากการรวมกันแบบเวกเตอร์ของกระแสทั้ง 2 ชุด (รูป ที่ 14.8) พบว่า บริเวณที่กระแสมีการแทรกสอดมากที่สุดคือทิศทางที่ทำมุม 45 องศา กับแนวตัดกันของกระแสสลับทั้ง 2 วงจร (รูปที่ 14.8ข) ดังนั้นถ้ามองภาพตัดขวางจะเห็นเป็นรูปคล้ายใบไม้ (รูปที่ 14.8ก) ส่วนขนาดความแรงของกระแส IFC พิจารณาได้จาก รูปที่ 14.9 และความถี่ปีตส์ของกระแส IFC คำนวณได้จากผลต่างของความถี่ของกระแสวงจรที่ 1 และ 2



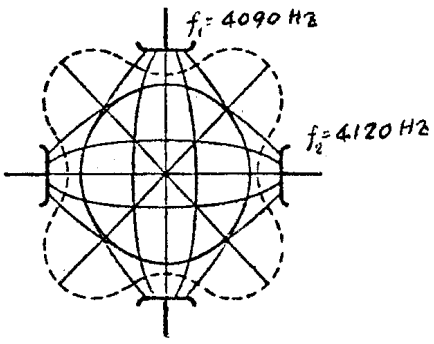
รูปที่ 14.9 แสดงขนาดความแรงของกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ที่ตำแหน่งต่าง ๆ (ดัดแปลงจาก Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP, eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 189.)

2.2.2 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดแปรความถี่ปีตส์

กระแส IFC ชนิดความถี่บีตส์เกิดจากการแทรกสอดของกระแสสลับ 2 ชุด ซึ่งมีความถี่ไม่คงที่ อาจแปรความถี่เพียงชุดเดียว หรือแปรความถี่ทั้ง 2 ชุด ทำให้ความถี่ของกระแสที่เกิดจากการแทรกสอด (ความถี่บีตส์) เกิดการแปรเปลี่ยนไปด้วย รูปที่ 14.10 เป็นการแสดงกระแส IFC ที่เกิดจากการแทรกสอดของกระแสสลับ 2 ชุด แบบตั้งฉากกัน ซึ่งความถี่ของกระแสแต่ละชุดสามารถแปรเปลี่ยนจาก 4090-4120 เฮิรตซ์ ดังนั้น ความถี่บีตส์จากการแทรกสอดจึงมีค่าแปรผันอยู่ในช่วง 0-30 เฮิรตซ์ ซึ่งการเลือกความถี่บีตส์สามารถเลือกจากปุ่ม ซึ่งเครื่องส่วนใหญ่จะตั้งโปรแกรมไว้ให้แล้ว เช่น ช่วงความถี่บีตส์ 0.1-1, 1-10, 1-120 และ 90-120 เป็นต้น

2.2.3 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดสแกน (แปรความแรงกระแส)

ในปี ค.ศ. 1970 ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี่เกี่ยวกับกระแส IFC โดย

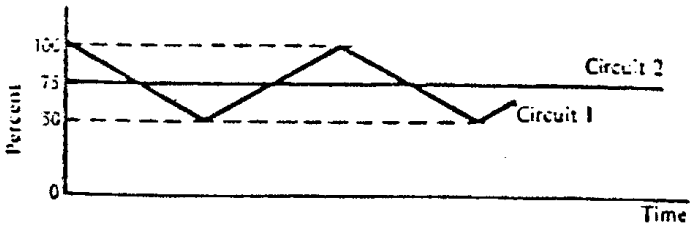


รูปที่ 14.10 แสดงคลื่นความถี่บีตส์ ซึ่งเกิดจากคลื่นกระแสสลับสองขบวนชนิดแปรความถี่ แทรกสอดแบบตั้งฉากกัน (ดัดแปลงจาก Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP, eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 187.) .

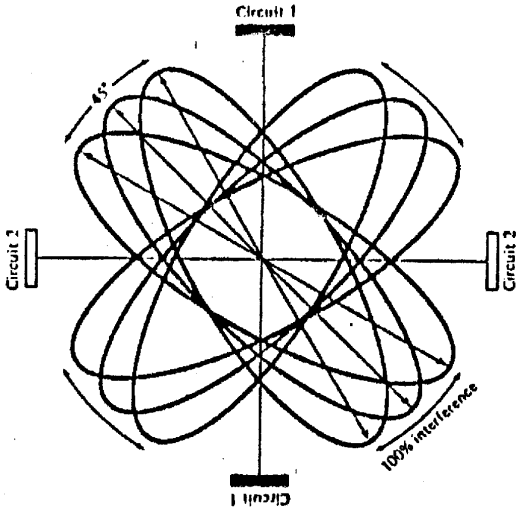
การปรับ ให้สามารถแปรค่าความแรงของกระแสของวงจรกระแสสลับ ชนิดความถี่คงที่อย่างช้า ๆ พบว่าถ้าให้ความแรงกระแสวงจร 1 แปรเปลี่ยนระหว่าง 50-100 เปอร์เซ็นต์ของกระแสที่ปรับค่าสูงสุด และวงจรที่ 2 ปรับค่าความแรงกระแสให้คงที่ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ รูปที่ 14.11 พบว่ากระแส IFC ที่เกิดจากการแทรกสอดแบบสแกนกลับไปมา ความเป็นมุม 450 ดังรูปที่ 14.12 เปรียบเทียบกับรูปที่ 14.8 ซึ่งกระแสชนิดสแกน สามารถให้กระแสกระตุ้นเป็นบริเวณกว้างกว่า ซึ่งมีประโยชน์ในการใช้หาจุดที่มีปัญหาในเนื้อเยื่อผู้ป่วยได้ดี

2.2.4 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดสเตอริโอ [3]

เป็นกระแส IFC ที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นกระแสสลับความถี่ขนาดกลาง (ประมาณ 5000 เฮิรตซ์) ค่าความแรงของกระแสคงที่ในทิศทางซึ่งตั้งฉากซึ่งกันและกัน ซึ่งกระแส IFC ชนิดสเตอริโอนี้จำเป็นต้อง



รูปที่ 14.11 แสดงกราฟความแรงของกระแสสลับสองขบวนที่แปรเปลี่ยนระหว่าง 50-100% (ดัดแปลงจาก Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP, eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 190.) .



รูปที่ 14.12 แสดงคลื่นความถี่บีตส์ ซึ่งเกิดจากคลื่นกระแสสลับ สองวงจรที่มีกระแสแปรเปลี่ยน (ดัดแปลงจาก Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP, eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 190.) .

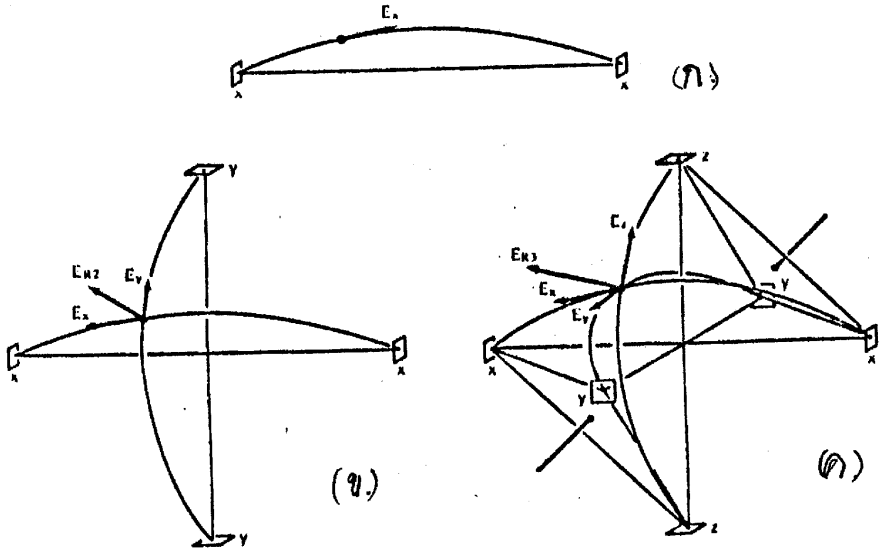
ใช้ขั้วกระตุ้น 3 คู่ (6 ขั้ว) ซึ่งเปรียบเทียบกระแส IFC ที่ใช้ 2 ขั้ว และ 4 ขั้ว ดังรูปที่ 14.13 ซึ่งกระแส IFC ชนิดสเตอริโอนี้สามารถแพร่กระแสได้ทั้ง 3 มิติ จึงสามารถ กระตุ้นเนื้อเยื่อได้สมบูรณ์กว่า

3. ผลทางสรีรวิทยาของกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

ปัจจุบันกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลเป็นกระแสสลับความถี่ปานกลางชนิดเดียว ที่ใช้สำหรับการกระตุ้นกล้ามเนื้อ และเส้นประสาท ผลทางสรีรวิทยาของกระแสชนิดนี้ พอสรุปได้ดังนี้

3.1 ลดความต้านทานของผิวหนัง [2]

เนื้อเยื่อและผิวหนังของร่างกายประกอบด้วยสารประกอบระหว่างไขมัน



รูปที่ 14.13 แสดงการเปรียบเทียบเวกเตอร์ของกระแส IFC (ก) 2 ขั้ว, (ข) 4 ขั้ว, (ค) 6 ขั้ว (ดัดแปลงจาก Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP, eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 191.) .

และโปรตีน (lipoprotine) ซึ่งจับเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เป็นตัวต้านกระแสไฟฟ้า การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าผ่านผิวหนังจึงจำเป็นต้องต้านกับความต้านทานที่ผิวหนังดังกล่าว ผลความต้านทานจะลดลง เมื่อใช้ขั้วกระตุ้นที่มีพื้นที่มากกว่า เพิ่มความชื้น และอุณหภูมิที่ผิวหนัง เป็นต้น ดังได้กล่าวมาแล้ว การใช้กระแสไฟตรงชนิดเฟสเดี่ยว หรือเฟสคู่ความถี่ต่ำผ่านผิวหนัง พบว่าผิวหนังจะมีความต้านทานต่อกระแสมาก ซึ่งความต้านทานนี้ จะแปรผกผันกับความถี่ของกระแสไฟฟ้าดังสมการ

$$Z = \frac{1}{C\,(2\pi f)}.$$

Z คือความต้านทานเชิงซ้อนต่อไฟฟ้าของผิวหนัง

C คือความจุของประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (ของผิวหนัง ประมาณ 10^{-6}F)

f คือความถี่ของกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นเฮิรตซ์

ถ้าให้กระแสไฟตรงชนิดเฟสเดี่ยวหรือเฟสคู่ความถี่ประมาณ 50 เฮิรตซ์ จะเกิดความต้านทาน

$$Z = \frac{1}{10^{-6}(2\pi<50>)} = 3225 \text{ โอห์ม}$$

แต่ถ้าใช้กระแสไฟสลับความถี่ 4000 เฮิรตซ์ ผ่านเข้าผิวหนังความต้านทานจากผิวหนัง

$$Z = \frac{1}{10^{-6}(2\pi \langle 4000 \rangle)} = 40.3 \text{ โอห์ม}$$

จะเห็นว่าถ้าให้ความถี่ 4000 เฮิรตซ์ ความต้านทานจะลดลงประมาณ 80 เท่า ดังนั้นการใช้กระแส IFC กระตุ้นเนื้อเยื่อจะมีผลให้ความต้านทานที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหนังลดลงกระแสผ่านได้ง่าย จึงใช้กระแสกระตุ้นน้อยลง

3.2 กระตุ้นกล้ามเนื้อในชั้นลึก

ผลของกระแส IFC มีส่วนช่วยลดความต้านทานของกระแส ที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายจึงสามารถให้กระแสผ่านเข้าร่างกายได้ง่ายขึ้น ทำให้สามารถกระตุ้นกล้ามเนื้อซึ่งอยู่ในชั้นลึก ๆ ให้เกิดการตอบสนองได้ง่ายขึ้น ในทางการรักษาจึงมักใช้กระแส IFC ในการกระตุ้นกล้ามเนื้อกระเพาะปัสสาวะเพื่อฝึกการ ทำงานในการกลั้นปัสสาวะ เป็นต้น

3.3 กระตุ้นกล้ามเนื้อแบบสแกน

กระแส IFC ชนิดแทรกสอดภายนอกเครื่องชนิดปรับเปลี่ยนค่าความถี่และความแรงของกระแสสามารถนำมาใช้กระตุ้นกล้ามเนื้อ หรือจุดกดเจ็บที่ไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอน โดยปรับให้กระแสสแกนเป็นบริเวณกว้างก่อนจนกระทั่งพบจุดกดเจ็บแล้วจึงค่อย ๆ ปรับช่วงการกระตุ้นและกระแสที่เหมาะสมเพื่อการกระตุ้นต่อไป

4. การใช้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลทางคลินิก

การใช้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลทางคลินิก ก็ไม่แตกต่างจากกระแส

ไฟตรงชนิดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว หากต้องการใช้ลดปวดก็ปรับความถี่ของกระแสให้สูง (เพื่อเกิดช่วงกระตุ้นสั้น) และใช้ความเข้มกระแสน้อย (sub-threshold) หากต้องการกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ มักปรับความถี่บีตส์ ให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวเป็นจังหวะ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลทางคลินิก พอสรุปได้ดังนี้

4.1 ใช้ระงับปวด

การใช้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลเพื่อระงับปวดมักจะปรับกระแสให้มีความแรงน้อย ๆ เพียงให้ผู้ถูกกระตุ้นรู้สึกเหมือนเข็มทิ่มเบา ๆ เพื่อการกระตุ้นใยประสาทขนาดใหญ่เพื่อระงับความรู้สึกเจ็บปวด ที่จะถูกส่งผ่านไปยังสมองบริเวณไขสันหลัง เช่นเดียวกับ กระแสทีอีเอ็นเอ็ส แต่มีข้อแตกต่างกันที่กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลเป็นกระแสไฟสลับความถี่ประมาณ 4000 เฮิรตซ์

4.2 กระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท

การกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาทด้วยกระแสไฟอินเตอร์เฟอเรนเซียลนั้น จะตอบสนองในกล้ามเนื้อชนิดที่มีเส้นประสาทมาเลี้ยงเท่านั้น เนื่องจากกระแสอินเตอร์เฟอเรนเซียลเป็นชนิดกระแสสลับความถี่ประมาณ 4000 เฮิรตซ์ ซึ่งจะมีช่วงการกระตุ้นน้อยกว่า 0.5 มิลลิวินาที กระแสที่มีช่วงการกระตุ้นน้อนกว่า 0.5 มิลลิวินาที มักจะไม่ตอบสนองในกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง ดังนั้น การใช้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล จึงมักนิยม กระตุ้นเพื่อการฝึกกล้ามเนื้อเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (ดูบทที่ 7) เพื่อฝึกการทำงานใหม่ในกล้ามเนื้อที่ได้รับการผ่าตัดเพื่อย้ายจุดเกาะ (tendon transfer)

4.3 ใช้ลดบวม

เนื่องจากกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลสามารถกระตุ้นเนื้อเยื่อที่อยู่ในชั้นลึก ให้เกิดการตอบสนอง จึงมักใช้กระตุ้นเพื่อลดบวม โดยการกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อในชั้นลึก เพื่อปีบตัวเป็นจังหวะเพื่อเพิ่มผลการบีบตัวของเส้นเลือดในการไหลเวียน (ดูบทที่ 7)

5. เทคนิคการกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

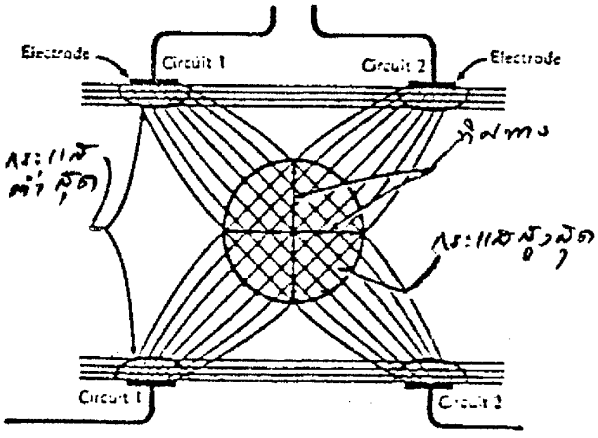
เทคนิคการวางขั้นกระตุ้นในกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ซึ่งเป็นกระแส สลับอาจแตกต่างจากการกระตุ้นด้วยกระแสตรงบ้าง กล่าวคือ เนื่องจากกระแส สลับจะมีกระแสเฉลี่ยสูงกว่าไฟกระแสตรง จึงมักนิยมใช้ขั้วกระตุ้นที่มีขนาดใหญ่ และมักใช้หลายขั้ว ส่วนเทคนิคการวางขั้วมักจะไม่ต่างกัน

5.1 เทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 2 ขั้ว

การกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลด้วยขั้วกระตุ้น 2 ขั้วนั้นมักเป็นกระแสชนิดที่มีการแทรกสอดภายในเครื่อง แล้วปล่อยไปยังผู้ป่วยโดยขั้วกระตุ้นทั้งสอง ซึ่งเทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 2 ขั้วนี้มักนิยมใช้ทั้งเทคนิค monopolar และ bipolar คล้ายกับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟตรง

5.2 เทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 4 ขั้ว

การกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 4 ขั้วมักใช้ในกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดที่มีการแทรกสอดภายในตัวผู้ป่วย โดยขั้วกระตุ้นแต่ละคู่ จะปล่อยกระแส



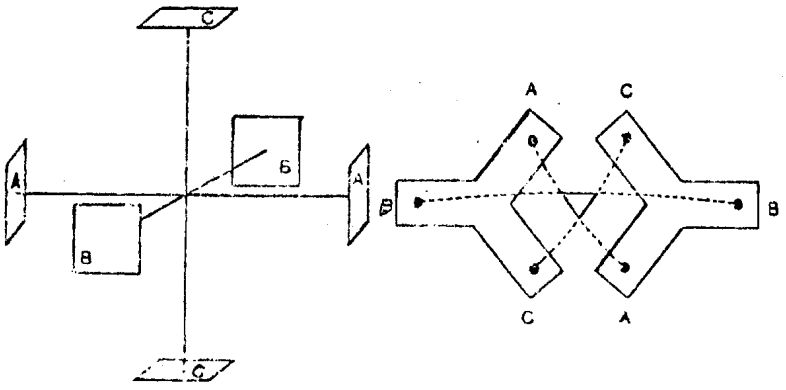
รูปที่ 14.14 แสดงเทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 4 ขั้ว (ดัดแปลงจาก Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP, eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 192.) .

ที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยออกมาแทรกสอดในตัวผู้ป่วย ดังนั้นจึงต้องมีการจัดตำแหน่งขั้วกระตุ้นให้เหมาะสมเพื่อให้กระแสทั้ง 2 วงจรเกิดการแทรกสอดสูงสุดในตำแหน่งที่ต้องการมากที่สุด เช่น ตรงตำแหน่งที่ปวด เป็นต้น การวางขั้วจึงมีจะวางให้กระแสทั้งสองวงจรตัดกัน ดังรูปที่ 14.14

5.3 เทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 6 ขั้ว

เทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 6 ขั้ว มักใช้กับกระแสหลายวงจร เช่น กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดสเตอริโอ ซึ่งเป็นกระแสสลับ 3 วงจรแทรกสอดกัน การวางขั้วกระตุ้น 6 ขั้ว ลงบริเวณที่ต้องการกระตุ้น จึงมักทำได้ยากลำบาก จึงมีการออกแบบให้เป็นพิเศษ ดังรูปที่ 14.15

เนื่องจากเทคนิคการกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล มักใช้ขั้วกระตุ้น 4-6 ขั้ว โดยเฉพาะการใช้เทคนิค bipolar การวางขั้ว (ชนิดโลหะ,



รูปที่ 14.15 แสดงเทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 6 ขั้วที่ถูกออกแบบเป็นพิเศษ (ดัดแปลงจาก Wadsworth H, Chanmugam APP. Medium frequency current. Chaoter 9, Electrophysical agents in physiotherapy 2nd edition. Sciences Press, 1985: 278.) .

ยางสังเคราะห์) จะทำได้ยากมาก เนื่องจากต้องใช้สายรัดขั้วกระตุ้น ในปัจจุบันมีผู้คิดดัดแปลงขั้วกระตุ้นชนิดสุญญากาศ สามารถวางขั้วกระตุ้นติดแนบไปกับผิวหนังผู้ป่วยได้ โดยไม่ต้องใช้สายรัด ขั้วกระตุ้นดังกล่าวมีลักษณะเป็นยางรูปถ้วย ภายในบรรจุขั้วกระตุ้นโลหะ และแผ่นฟองน้ำสำหรับชุบน้ำ ต่อด้วยสายภายในกลวงไปยังเครื่องปั๊มความดัน (รูปที่ 14.16) การใช้ขั้วลักษณะนี้มีข้อควรระวังคือ หากใช้แรงดูดมากเกินไป อาจทำให้ผิวหนังใต้ขั้วกระตุ้น เกิดรอยช้ำเป็นจ้ำ ๆ ได้

6.วิธีกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

ภายหลังจากการตรวจประเมินผลผู้ป่วย และได้พิจารณาเลือกวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล เป็นวิธีการรักษาแล้ว ควรทำตามขั้น

รูปที่ 14.16 แสดงเทคนิคการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้นชนิดสุญญากาศ (ดัดแปลงจาก Wadsworth H, Chanmugam APP. Medium frequency current. Chaoter 9, Electrophysical agents in physiotherapy 2nd edition. Sciences Press, 1985: 286.) .

ตอนดังนี้

1.ตรวจร่างกายและประเมินผล ระบบประสาทรับสัมผัสของผู้ป่วย เช่น การรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด และความรู้สึกร้อนหนาว ควรปกติ

2.ตรวจสภาพผิวหนัง โดยเฉพาะบริเวณที่จะวางขั้วกระตุ้น ไม่ควรมีสารหรือยาทาไว้ ซึ่งจะส่งผลให้ความต้านทานของผิวหนังผิดไปจากปกติ ควรโกนขน (หากหนามาก) บริเวณที่วางขั้วกระตุ้น เพื่อให้กระแสที่กระตุ้นมีความสม่ำเสมอ

3.ผิวหนังบริเวณที่กระตุ้นไม่ควรมีผื่นหรือแผลเป็น

4. ขั้วกระตุ้นของกระแสชุดเดียวกันควรมีขนาดเท่ากัน

5.หากใช้ขั้วกระตุ้นสุญญากาศ ควรปรับแรงดูดให้พอเหมาะ

6. อธิบายให้ผู้ป่วยรับรู้ถึงความรู้สึกที่จะเกิดขึ้น เมื่อกระตุ้นด้วย

กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล (ดังนั้นผู้กระตุ้นควรมีประสบการณ์ ถูกกระตุ้นมาก่อน)

7.ขณะกระตุ้นควรค่อย ๆ เพิ่มกระแส และค่อย ๆ ลดกระแสเมื่อเลิกกระตุ้น

7.ข้อควรระวังขณะกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

1.ไม่ควรใช้กับเด็กหรือผู้ใหญ่ทีผอม โดยเฉพาะการวางขั้วที่บริเวณลำตัว เพราะกระแสอาจทะลุผ่านไปกระตุ้น หรือรบกวนการทำงานของอวัยวะภายในได้

2. ผู้ป่วยท่ใส่เครื่องควบคุมจังหวะการเต้นของหัวใจ (pace maker) ควรหลีกเลี่ยง

3. ผู้ป่วยที่มีโรคห้วใจ โรคความดันสูง หรือความดันไม่คงที่เปลี่ยนแปลงง่าย ควรหลีกเลี่ยง

4.ผู้ป่วยที่กระวนกระวาย หรือมีภาวะไม่ปกติทางจิต ควรหลีกเลี่ยง

5.ผู้ป่วยที่เป็นโรค venous thrombosis, thromboplebitis ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิด emboli ควรหลีกเลี่ยง

6. ควรหลีกเลี่ยงการวางข้วกระตุ้น บริเวณหลังหรือท้องของสตรีที่มีครรภ์เพราะเสี่ยงต่อการรบกวนทารกในครรภ์

7. ควรหลีกเลี่ยงการใช้กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ใกล้กับเครื่องชอตเวฟ หรือไมโครเวฟไดอะเธอร์มีย์ (อย่างน้อย 5 เมตร) เนื่องจากอาจเกิดการแทรกสอดของกระแสไฟฟ้าจนเกิดอันตรายกับผู้ป่วยได้

ปฏิบัติการที่ 14 การกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติการนี้แล้วนักศึกษาสามารถ

1.อธิบายลักษณะเฉพาะของกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

2.อธิบายความรู้สึกและผลที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

3.อธิบายของบ่งชี้และข้อควรระวังขณะกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

4.แสดงวิธีการกระตุ้นด้วยกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่สามารถสร้างกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล (รูปที่ 14.17)

2.แผ่นขั้วไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

3.สำลีและแอลกอฮอล์

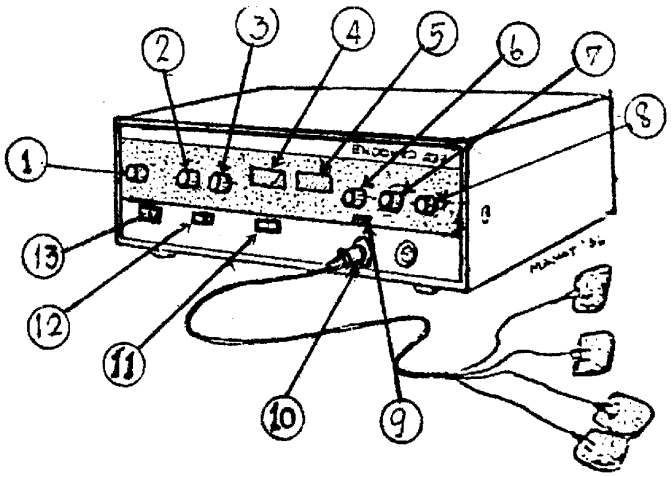
4.สายรัดขั้วไฟฟ้า

5.เจลนำไฟฟ้า

วิธีปฏิบัติการ

ตอนที่1 กระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลชนิดแทรกสอดภายในเครื่อง (2ขั้ว) (รูปที่ 14.18)

1.ใช้สำลีเช็ดบริเวณแขนที่จะวางขั้วกระตุ้น



รูปที่ 14.17 แสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกระตุ้นอินเตอร์เฟอเรนเชียลรุ่น ENDOMED 433 (1) ปุ่มปรับค่าความถี่, (2) ปุ่มเลือกความถี่บีตส์, (3) ปุ่มเลือกชนิดคลื่น, (4) หน้าปัทม์แสดงเวลาที่รักษา, (5) หน้าปัทม์แสดงความแรงกระแส, (6) ปุ่มเลือกชนิดขั้วกระตุ้น 2 ขั้ว, 4 ขั้ว, (7) ปุ่มปรับค่าความแรงในการรักษา, (8) ปุ่มปรับค่าสมดุลกระแส, (9) หน้าปัทม์แสดงการต่อวงจร, (10) รูเสียบสายต่อขั้วกระตุ้น, (11) ปุ่มตั้งเวลา, (12) ปุ่มเลือกความถี่ มีหน่วยเป็นกิโลเฮิรตซ์, (13) สวิตช์ปิด-เปิดเครื่อง

2.วางขั้วกระตุ้นลงบนแขนส่วนปลาย โดยใช้เจลนำไฟฟ้าทาขั้วกระตุ้นส่วนที่ สัมผัสผิวหนังอย่างสม่ำเสมอ

3.ปรับปุ่มเลือกความถี่ที่ 4000 และความถี่บีตส์ 4100 เฮิรตซ์

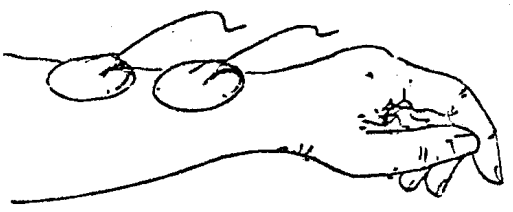
4.ปรับปุ่มเลือกชนิดของคลื่นเป็นรูปสามเหลี่ยม

5.ค่อย ๆเพิ่มความแรง สังเกตการเปลี่ยนแปลงถามความรู้สึกผู้ถูกกระตุ้นแล้ว บันทึกผลในตารางที่ 14.1

6.หมุนปุ่ม balance มาทางซ้ายและขวา เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น

7.เปลี่ยนความถี่เป็น 2000 และความถี่บีตส์ 2100 เฮิรตซ์

8.ทดลองเปลี่ยนชนิดของคลื่นเป็นชนิดอื่น ๆแล้วทำตามข้อ 5-6



รูปที่ 14.18 แสดงเทคนิคการวางขั้วกระตุ้นแบบสองขั้ว .

ตอนที่2 กระแสกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียล ชนิดแทรกสอดนอกเครื่อง (4ขั้ว)

1.ใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ เช็ดบริเวณที่วางขั้วกระตุ้น

2.วางขั้วกระตุ้นทั้ง4 ลงบนแขน (รูปที่ 14.19ก) โดยใช้เจลนำไฟฟ้าเป็นตัวกลาง

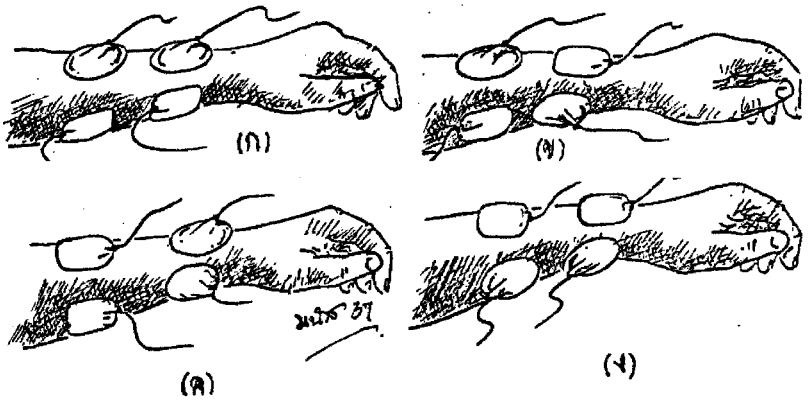
3.ปรับปุ่มเลือกความถี่เป็น 4000 เฮิรตซ์ และความถี่บีตส์เป็น 4100 เฮิรตซ์

4.ค่อย ๆเพิ่มความแรงของกระแส แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลง

5.เปลี่ยนการวางขั้วกระตุ้นแบบ (รูปที่ 14.19 ข,ค,ง) แล้วเพิ่มความแรงกระแส สังเกตการเปลี่ยนแปลง และความรู้สึกของผู้ถูกกระตุ้น บันทึก

ตารางที่14.1 บันทึกผลการกระตุ้นด้วยกระแส IFC ชนิดแทรกสอดภายในเครื่อง

ความถี่คลื่น (Hz)	ความถี่บีตส์ (Hz)	balance +/-	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็น	ความรู้สึกผู้ถูกกระตุ้น
4000	4100	0 + -		
2000	2100	0 + -		



รูปที่ 14.19 แสดงเทคนิคการวางขั้วกระตุ้นแบบสี่ขั้วชนิดต่าง ๆ .

ผลในตารางที่ 14.2

6.ปรับปุ่มเลือกชนิด sterio แล้วทำตามข้อที่ 1-5 สังเกตการเปลี่ยนแปลงและความรู้สึกของผู้ถูกกระตุ้น บันทึกผลในตารางที่ 14.3

คำถามท้ายบท

1.จงอธิบายหลักการสร้างกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลทางคลินิก

2.จงอธิบายข้อแตกต่างระหว่างการกระตุ้นด้วยขั้วกระตุ้น 2 และ4 ขั้ว

3.จงอธิบายผลของการกระตุ้นแบบ 4 ขั้วธรรมดาและ 4 ขั้วแบบ sterio

4.จงอธิบายข้อแตกต่างผลทางคลินิก ระหว่างกระแสอินเตอร์เฟอเรนเชียลกับ กระแสไฟตรงศักย์สูง

ตารางที่14.2 บันทึกผลการกระตุ้นด้วยกระแส IFC แบบ 4 ขั้ว (แบบธรรมดา)

วิธีการวางขั้ว แบบรูปที่	balance +/-	การเปลี่ยนแปลง ที่สังเกตเห็น	ความรู้สึก ผู้ถูกกระตุ้น
14.19ก	0 + -		
14.19ข	0 + -		
14.19ค	0 + -		
14.19ง	0 + -		

ตารางที่14.2 บันทึกผลการกระตุ้นด้วยกระแส IFC แบบ 4 ขั้ว (sterio)

วิธีการวางขั้ว แบบรูปที่	balance +/-	การเปลี่ยนแปลง ที่สังเกตเห็น	ความรู้สึก ผู้ถูกกระตุ้น
14.19ก	0 + -		
14.19ข	0 + -		
14.19ค	0 + -		
14.19ง	0 + -		

เอกสารอ้างอิง

1.กมล อนวัช. หลักการรวมตำแหน่ง. คลื่นและเสียง. มหาวิทยาลัยขอนแก่น: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์, 2524: 26-33.

2.Kloth L. Interference current. In: Nelson RM and Currier DP. eds. Clinical electrotherapy. California: Appleton and Lange, 1987: 183-207.

3.Wadsworth H, Chanmugam APP. Medium frequency current. chapter 9. Electrophysical agents in physiotherapy, 2nd edition. Sydney; Science Press, 1985: 274-89.