

ความก้าวหน้าทางด้านไฟฟ้าบำบัด: วิเคราะห์เอกสารจากงานวิจัย

Advance in Electrotherapy: Evidence Based Review

สมชาย รัตนทองคำ

ภาควิชากายภาพบำบัด

คณะเทคนิคการแพทย์ ม.ขอนแก่น

บทนำ

ไฟฟ้าบำบัดทางกายภาพบำบัดสามารถแบ่งได้เป็น 1) การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า (electrical stimulator) เป็นการส่งผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังร่างกายโดยการวางขั้วกระตุ้นที่ผิวหนัง 2) การรักษาด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความร้อนในเนื้อเยื่อ (diathermy) โดยการส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเข้าสู่ร่างกาย 3) การรักษาด้วยแสง (actinotherapy) 4) การรักษาด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic therapy) ดังนั้น เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ทางกายภาพบำบัดที่ใช้สำหรับการรักษาทางกายภาพบำบัด มักเป็นเครื่องมือที่ให้พลังงานทางด้านไฟฟ้า แสง เสียง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อการรักษาซึ่งได้แก่ เครื่องไฟฟ้าที่ให้กระแสไฟฟ้า เช่น เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อชนิดต่างๆ เครื่องที่ให้พลังงานแสง เช่น เครื่องอินฟราเรด เครื่องอัลตราไวโอเล็ต และเครื่องเลเซอร์พลังงานต่ำ เครื่องที่ให้พลังงานเสียง เช่น เครื่องอัลตราโซนิก และเครื่องที่ให้พลังงานความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น เครื่องชอตเวฟและไมโครเวฟไดอะเทอร์มี

1. การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า

เครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท คือ เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ทางกายภาพบำบัดที่ปล่อยกระแสไฟฟ้าตรงและสลับที่มีความเข้มและช่วงกระตุ้นที่พอเหมาะเข้าสู่ร่างกายทางขั้วไฟฟ้าผ่านผิวหนังเพื่อให้เกิดผลทางการบำบัดรักษา ผลทางสรีรวิทยาและผลการรักษาขึ้นกับปริมาณความเข้ม ช่วงกระตุ้น ช่วงพัก ชนิดคลื่นไฟฟ้า ที่ปล่อยผ่านผิวหนัง ในปัจจุบันเครื่องกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ผลิตจำหน่ายมีความหลากหลายและเรียกชื่อเครื่องและชนิดกระแสไฟแตกต่างกัน สมาคมกายภาพบำบัดแห่งสหรัฐอเมริกา (The American Physical Therapy, APTA) ได้แบ่งเครื่องกระตุ้นไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการบำบัดรักษาตามลักษณะของคลื่นไฟฟ้าเป็น 1) เครื่องกระตุ้นกระแสไฟตรง 2) เครื่องกระตุ้นกระแสสลับ และ 3) เครื่องกระตุ้นที่ปล่อยกระแสเป็นช่วง¹ อย่างไรก็ตามบริษัทผู้ผลิตมักผลิตเครื่องกระตุ้นที่ให้กระแสต่างออกไปและมักเรียกชื่อตามการใช้งานทางคลินิกและการวิจัยได้แก่ NMES (neuromuscular electrical stimulation), FES/FNS (functional electrical or neuromuscular stimulation), TENS/TNS (transcutaneous electrical nerve stimulation) เป็นต้น ในปัจจุบันการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าทางกายภาพบำบัดมักใช้เพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

1.1 กระตุ้นกล้ามเนื้อและเส้นประสาท (NMES)

เป็นการกระตุ้นเพื่อมุ่งฝึกความแข็งแรง ความทนทานของกล้ามเนื้อ ซึ่งความเข้มของกระแสที่ใช้จะสูงมากพอที่จะเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อปกติ ทฤษฎีที่อธิบายถึงผลของการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าต่อการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ² ได้แก่ ทฤษฎี overload ซึ่งกล่าวว่า หากต้องการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อปกติ จะต้องเพิ่มความแรงของการฝึกสูงสุดแบบก้าวหน้าต่อไปเรื่อยๆ โดยใช้หลักการออกกำลังแบบเพิ่มแรงต้านนั่นเอง ส่วนอีกทฤษฎี กล่าวว่า การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าต่อกล้ามเนื้อในระดับมอเตอร์ มักส่งผลโดยตรงต่อใยประสาทขนาดโต ซึ่งเลี้ยงใยกล้ามเนื้อชนิด type II (fast-twitch หรือ FT) ซึ่ง FT มีความสามารถในการหดตัวได้แรงกว่า type I (slow-twitch หรือ ST) ดังนั้นจึงมีความเชื่อว่าหากใช้ กระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ จะสามารถทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อได้แรงกว่าการหดตัวของ

กล้ามเนื้อภายใต้การควบคุมตามธรรมชาติ โดยมักนิยามกระตุ้นด้วยความแรงของกระแสไฟที่ทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของการหดตัวสูงสุดของของกล้ามเนื้อปกติ (%MVIC) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมา³⁻⁶ พอสรุปได้ว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถทำให้เพิ่มความแรงของการหดตัวในกล้ามเนื้อปกติ อย่างไรก็ตามการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเพียงอย่างเดียว ทำให้เกิดความแรงการหดตัวน้อยกว่า (เทียบเป็น %MVIC) เมื่อเทียบกับ การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบปกติ และน้อยกว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อร่วมกับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าตามลำดับ⁷⁻¹¹

1.2 การกระตุ้นให้เกิดการทำงาน (FES/FNS)

คือการใช้วิธีการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อลักษณะคล้ายอุปกรณ์เสริม² (orthotics) โดยมุ่งหวังให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวขณะทำงานทดแทนการควบคุมจากระบบประสาทส่วนกลาง การกระตุ้นจะมีลักษณะกระตุ้นที่ระบบประสาทส่วนปลายของเส้นประสาทที่เลี้ยงกล้ามเนื้อนั้นๆ ซึ่งยังคงสภาพปกติ (intact) เพียงแต่สูญเสียการควบคุมจากระบบประสาทส่วนกลางเหนือระดับไขสันหลังขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ผู้ป่วยที่เท้าตก ข้อไหล่เคลื่อน เนื่องจากเป็นอัมพาตครึ่งซีกจากภาวะสมองขาดเลือด¹²⁻¹⁷ ซึ่งวิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ขั้วกระตุ้น และวงจรการกระตุ้นเป็นจำนวนมากและควบคุมให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เหมาะสมกับกิจกรรม จึงนิยมควบคุมระบบโดยคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีผู้นำไปประยุกต์ใช้เพื่อกระตุ้นในผู้ป่วยที่สูญเสียการควบคุมการกลืนปัสสาวะ

1.3 การกระตุ้นเพื่อลดภาวะเกร็ง (spasticity)

การใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อกระตุ้นลดภาวะเกร็งของกล้ามเนื้อ มักใช้เพื่อกระตุ้นกล้ามเนื้อที่มีภาวะเกร็ง (spasticity) หรือต้องการลดภาวะเกร็งของกล้ามเนื้อลงชั่วคราว โดยใช้วิธีกระตุ้นกล้ามเนื้อระดับมอเตอร์ (เห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อ) ต่อกล้ามเนื้อกลุ่ม antagonist ของกล้ามเนื้อที่เกร็งนั้น บางทฤษฎีกล่าวว่า การกระตุ้นเพื่อลดภาวะเกร็ง ให้ยึดหลักที่ว่า หลังการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้างแล้วกล้ามเนื้อจะเกิดการผ่อนคลาย ซึ่งเทคนิคกระตุ้นระดับมอเตอร์ของ antagonist ต่อกล้ามเนื้อภาวะเกร็ง มีข้อเสนอแนะว่าจะต้องใช้ไฟให้แรงมากกว่าความแรงของการเกร็ง เนื่องจากอาจกระตุ้นให้เกิด functional recovery ของกล้ามเนื้อที่อ่อนแอและไม่อยู่ในภาวะเกร็งร่วมด้วย อย่างไรก็ตาม จากงานของ Carmick¹⁸ ได้รายงานการเพิ่มความแข็งแรง, องศาการเคลื่อนไหว และการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยการกระตุ้นแบบ NMES ร่วมด้วยขณะฝึกการทำงานของกล้ามเนื้อพบว่าได้ผลดี ส่วนการกระตุ้นระดับความรู้สึกรับรู้ (sensory level) ก็มีผู้รายงานว่าสามารถลด ภาวะเกร็งได้เช่นกัน¹⁹⁻²¹ โดยการวางขั้วในตำแหน่ง dermatomes ที่ผิวหนังของกล้ามเนื้อที่เกิด ภาวะเกร็งและกล้ามเนื้อกลุ่ม antagonist ต่อกล้ามเนื้อที่เกร็งนั้น นอกจากนี้ยังพบรายงานการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นระดับความรู้สึกรับรู้ของระยางบนเพื่อลดภาวะเกร็งของระยางล่าง²⁰ โดยเชื่อว่าอาจเกิดจากกลไกที่เรียกว่า supraspinal mechanism และอีกกลไกหนึ่งที่ใช้อธิบายการลดภาวะเกร็งของกล้ามเนื้อ เชื่อว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าระดับความรู้สึกรับรู้จะไปยับยั้งสัญญาณประสาทในลักษณะ presynaptic ต่อกล้ามเนื้อเกร็งนั้น

1.4 การกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดประสาท (denervated muscle)

การกระตุ้นกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงด้วยไฟฟ้า มีจุดประสงค์เพื่อพยายามรักษาสภาพของกล้ามเนื้อนั้นให้คงสภาพเดิมที่สุด² เพื่อคอยเวลาฟื้นตัวของเส้นประสาทที่ได้รับบาดเจ็บ เป็นที่ทราบกันแล้วว่ากล้ามเนื้อปกติถ้าเกิดการอ่อนแรง การออกกำลังกายโดยมีแรงต้านจะสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความทนทาน แต่ในกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยง หรือเส้นประสาทที่เลี้ยงกล้ามเนื้อได้รับบาดเจ็บ จะไม่สามารถ

เพิ่มความแข็งแรงและความทนทานด้วยการออกกำลังกาย เนื่องจาก ระบบประสาทส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ไม่สามารถสั่งการให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว จึงเกิดการอ่อนแรง และลีบเล็กลงอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม กล้ามเนื้อที่ขาดการควบคุมจากระบบประสาท ก็สามารถถูกกระตุ้นให้เกิดการหดตัวได้ ด้วยกระแสไฟฟ้าที่มี รูปคลื่น ช่วงการกระตุ้นและความแรงของไฟที่เหมาะสม การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อเกิดการหดตัวในกล้ามเนื้อที่ขาดเส้นประสาทมาเลี้ยงนั้นจะให้ผลคล้ายกับการสั่งการของระบบประสาทเพื่อให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

1.5 การระงับปวดด้วยไฟฟ้า (TES, TENS)

มักใช้สำหรับการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อผลเฉพาะในระบบรับประสาทความรู้สึก เช่น การระงับปวด ทฤษฎีที่ใช้อธิบายเรื่องการควบคุมหรือระงับความเจ็บปวดด้วยกระแสไฟฟ้าในปัจจุบัน ที่ได้รับการยอมรับมี 2 ทฤษฎี คือ 1) gate control theory ซึ่งเชื่อว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถระงับความรู้สึกเจ็บปวดได้ที่ระดับไขสันหลัง เนื่องจากกระแสไฟฟ้าสามารถไปกระตุ้นให้ใยประสาทเอเบตาหรือใยประสาทขนาดใหญ่ให้ตื่นตัว ทำให้เกิดการปิดประตูการส่งผ่านสัญญาณประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดที่ส่งผ่านมาทางใยประสาทซีไปยังสมอง ตามทฤษฎีดังกล่าว สมองจะรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดลดลงขณะที่กระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ส่งผลให้ความรู้สึกเจ็บปวดยังคงลดลงต่อเนื่องจนกระทั่งปิดเครื่องกระตุ้นด้วย ซึ่งเชื่อว่าเกิดจากผลของการกระตุ้นไฟฟ้ามีส่วนไปกระตุ้น pain-spasm-pain cycle มีหลักฐานจากการทดลอง²²⁻²⁴ว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถ modulate สัญญาณประสาทที่ส่งมาจากใยประสาทขนาดเล็กหรือใยประสาทนำสัญญาณความเจ็บปวดในสัตว์ทดลองพบว่า สามารถช่วยลดการนำสัญญาณประสาทดังกล่าว ส่วนการศึกษาในมนุษย์²⁵ พบว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าสามารถลดความเร็วการนำสัญญาณประสาทเช่นกัน ส่วนอีกทฤษฎี 2) opiate-mediated control ซึ่งกล่าวว่า สารประกอบจำพวกสารฝิ่นที่ร่างกายสร้างขึ้นได้แก่ dynorphins, enkephalins และ beta-endorphin มีการจับกับตำแหน่งเฉพาะ ทั้งในระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย เพื่อลดการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดหรือลดการตอบสนองต่อความรู้สึกเจ็บปวด เชื่อว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถลดหรือระงับความรู้สึกเจ็บปวด เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไปส่งเสริมให้เกิดการหลั่งสาร endorphin ของร่างกาย การศึกษาในสัตว์ทดลอง²⁶⁻²⁸ชี้ให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยลด activity ของ nociceptive flexion reflex และเกิด opiate-mediated mechanism ใน spinothalamic tract นอกจากนี้ การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ยังแสดงให้เห็นว่ามีการเพิ่มระดับ endorphin ในระบบไหลเวียนของ CSF ในผู้ป่วยที่เป็นโรคทางระบบประสาท และทำให้ความรู้สึกเจ็บปวดลดลง นอกจากนี้ยังเชื่อว่าการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าสามารถควบคุมและลดความเจ็บปวด เนื่องจาก ผลของกระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยส่งเสริมการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ เกิดการกระตุ้นการไหลเวียนเนื่องจากการหดตัวเป็นจังหวะของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังเชื่อว่าผลของกระแสไฟฟ้ามีส่วนช่วยปรับสมดุลของพลังงานในร่างกาย (ตามทฤษฎีการฝังเข็ม) และอาจเกิดจากผลทางด้านจิตใจ (placebo effects)²

เทคนิคการกระตุ้นเพื่อระงับปวดในปัจจุบันสามารถกระตุ้นได้ทั้ง^{2,29-34} 1) การกระตุ้นระดับต่ำกว่าการรับรู้ (sub sensory level stimulation) บางครั้งเรียกว่า subliminal stimulation หรือ microcurrent electrical nerve stimulation (MENS) กระแสที่ใช้มักได้แก่ กระแสไฟ IDC เฟสเดียว ที่ระดับต่ำกว่า threshold of nerve depolarization โดยปรับความแรงของกระแสให้น้อยที่สุดเท่าที่ผู้ป่วยสามารถรู้สึกได้ 2) การกระตุ้นระดับรับรู้ (sensory level stimulation) เป็นคำที่ใช้เรียกการกระตุ้นเพื่อระงับความรู้สึกเจ็บปวดแบบดั้งเดิมคือใช้กระแสที่มีช่วงกระตุ้นสั้น ๆ และปรับความแรงของกระแสให้พอเริ่มรู้สึกโดยไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อหรือเรียกว่า การกระตุ้นแบบ high TENS (conventional or high rate TENS) ซึ่งการกระตุ้นเพื่อ

ระงับความรู้สึกเจ็บปวดแบบนี้มักใช้ ทฤษฎี Gate control theory ในการอธิบายกลไกการลดปวด มักนิยมใช้ในการระงับความรู้สึกเจ็บปวดเฉียบพลันหลังการบาดเจ็บ แต่อาจใช้ได้ผลในการระงับความรู้สึกเจ็บปวดชนิดเรื้อรังได้เหมือนกัน ซึ่งผลการระงับความรู้สึกเจ็บปวดเกิดการตอบสนองค่อนข้างรวดเร็วประมาณ 5 นาที หลังจากกระตุ้น แต่ก็กลับรู้สึกเจ็บปวดได้เร็วเช่นกัน ประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากหยุดกระตุ้น 3) การกระตุ้นระดับมอเตอร์ เป็นการกระตุ้นที่ปรับกระแสไฟให้เห็นการหดตัวของกล้ามเนื้อพร้อมด้วย หรือบางครั้งเรียกว่า low frequency TENS หรือ acupuncture-like TENS ซึ่งกลไกที่ใช้อธิบายการลดปวดจะเกี่ยวข้องกับ opiate-mediated mechanism โดยการกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง endorphins มักนิยมใช้กระตุ้นในผู้ป่วยที่มีปัญหาปวดเรื้อรัง ซึ่งมักจะมีระดับ endorphins ที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อควบคุมความเจ็บปวดต่ำอยู่แล้ว โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่เคยใช้ยาบรรเทาปวดกลุ่มที่เกิดการเสพติดเป็นเวลานานมาแล้ว นอกจากนั้นสามารถประยุกต์ใช้เทคนิคการกระตุ้นนี้ในผู้ป่วยที่มีอาการปวดเฉียบพลันที่ใช้เทคนิคการกระตุ้นระดับรู้สึกรับรู้แล้วไม่ได้ผล หรือสามารถใช้กับผู้ป่วยทนต่อกระแสที่แรงร่วมกับเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ ผลของการระงับปวดไม่ได้เกิดขึ้นทันทีขณะที่กระตุ้น แต่มักจะมีการทุเลาปวดหลังการกระตุ้นไปแล้ว 15-60 นาที และระยะเวลาที่ทุเลาปวดภายหลังการหยุดกระตุ้นนั้นยาวนานกว่าการกระตุ้นแบบระดับรู้สึกรับรู้ 4) การกระตุ้นระดับรู้สึกเจ็บ (noxious-level) เชื่อว่าจะสามารถควบคุมความรู้สึกเจ็บปวดได้เนื่องจากสามารถการกระตุ้นร่างกายให้เกิดการหลั่งสารฝิ่น เทคนิคนี้เหมาะสำหรับการรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาปวดเรื้อรัง เมื่อใช้วิธีการกระตุ้น 2 วิธีแรกก็กล่าวแล้วไม่ได้ผล การระงับความรู้สึกเจ็บปวดจะเกิดรวดเร็วมาก ภายในระดับวินาทีหรือนาทีหลังการกระตุ้น และระยะเวลาที่หายปวดได้ผลพอๆ กับการกระตุ้นระดับมอเตอร์ ระยะเวลาที่ใช้กระตุ้นก็สั้นเช่นกัน มักใช้ความแรงของไฟที่แรงพอที่จะเกิดความรู้สึกเจ็บที่ไม่สบาย โดยความแรงของกระแสไฟดังกล่าวจะกระตุ้นทั้งใยประสาทรับความรู้สึกรับรู้ ใยประสาทยนต์ และใยประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดพร้อมกัน ดังนั้นการปรับกระแสควรมีการปรับกระแสสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งผู้ถูกกระตุ้นเกือบทนไม่ได้ ความแรงดังกล่าวอาจเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของการวางขั้วกระตุ้นว่าใกล้ จุดมอเตอร์หรือไม่ หากไม่ต้องการกระแสไฟผ่านเข้าร่างกายมากแต่ให้ถึงระดับรู้สึกเจ็บ อาจเลือกใช้ขั้วกระตุ้นที่มีขนาดเล็กเช่น ขั้วกระตุ้นมือถือ เป็นต้น

1.6 การซ่อมแซมเนื้อเยื่อ

การกระตุ้นเพื่อการส่งเสริมการซ่อมแซมเนื้อเยื่อด้วยกระแสไฟฟ้ามุ่งเป้าหมายที่สำคัญ 3 ประการ คือ การเพิ่มการไหลเวียน การควบคุมการบวมน้ำ และการกระตุ้นการซ่อมแซมเนื้อเยื่อโดยตรง² ได้มีการศึกษาผลการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าต่อการช่วยเพิ่มการไหลเวียนของกล้ามเนื้อทั้งในสัตว์ทดลองและในมนุษย์³⁵⁻³⁸ เชื่อว่าการกระตุ้นกล้ามเนื้อให้เกิดการหดตัวที่แรงพอ อาจไปกระตุ้น somatosympathetic reflex และระบบประสาทขาเข้า type III, IV ส่งผลให้เกิดการกระตุ้น sympathetic และเกิดการตอบสนองต่อระบบไหลเวียน ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของโลหิตในกล้ามเนื้อระดับไมโคร Mohr et al³⁷ ได้อธิบายเชิงทฤษฎีว่า ผลการกระตุ้นนี้อาจช่วยลดความเจ็บปวดและการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) ส่วนกลไกการลดบวมอาจเนื่องจากการป้องกันการซึมผ่านของโปรตีนซึ่งเชื่อว่าเป็นผลจากการที่ประจุลบของกระแสที่ขั้วลบช่วยผลักประจุลบของโมเลกุลของโปรตีน (serum protein) ป้องกันไม่ให้เคลื่อนย้ายออกมานอกเส้นเลือด อย่างไรก็ตามทฤษฎีดังกล่าวก็ยังไม่ได้รับการพิสูจน์ นอกจากนั้นนักวิจัยส่วนหนึ่งยังเชื่อทฤษฎีเก่าๆ ที่กล่าวว่า เมื่อเนื้อเยื่อได้รับบาดเจ็บ จะเกิดการเสียมดุลทางไฟฟ้าบริเวณนั้น และผลของกระแสไฟฟ้าที่กระตุ้นมีส่วนทำให้เกิดการปรับสมดุลทางไฟฟ้าของเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บเกิดการเร่งการซ่อมแซมเนื้อเยื่อบริเวณดังกล่าว² ซึ่งการใช้กระแสไฟฟ้ากระตุ้นเพื่อส่งเสริมการซ่อมแซมเนื้อเยื่อกลับได้รับความนิยมมากขึ้นโดยเฉพาะในแผลกดทับและแผลเรื้อรังต่างๆ³⁹⁻⁴⁶

1.7 การผลักดันตัวยาผ่านผิวหนัง (iontophoresis)

การผลักดันตัวยาผ่านผิวหนังด้วยไฟฟ้าคือการส่งผ่านไอออนในรูปของสารละลายเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังเพื่อการรักษาโดยการซบสารละลายไอออนที่ต้องการใช้รักษาแล้ววางไว้ใต้ขั้วกระตุ้น โดยยึดหลักประจุเหมือนกันจะผลักกัน⁴⁷ ดังนั้น ไอออนที่มีประจุบวกจะวางไว้ที่ขั้วลบ ไอออนที่มีประจุลบจะวางไว้ที่ขั้วลบ โดยมักใช้ในผู้ป่วยที่มีการอักเสบของเอ็นและเนื้อเยื่อ⁴⁸⁻⁵⁰ ซึ่งความลึกของตัวยาที่อยู่ในรูปแบบของไอออนยังไม่พบรายงานว่าลึกขนาดเท่าไร ผู้ป่วยที่ได้รับการพิจารณานั้น ไม่ควรเป็นผู้ที่แพ้ยาและแพ้อากาศไฟฟ้าที่กระตุ้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกระตุ้นด้วยเทคนิคนี้คือ ลักษณะของผิวหนังที่ถูกกระตุ้น ขั้วกระตุ้น ชนิดของไอออนที่ต้องการผลักดันเข้าสู่ผิวหนัง นอกจากนั้นหากผิวหนังบริเวณที่กระตุ้นมีแผลเปิด เช่น รอยขีด ข่วน ควรให้ความระวังเรื่องการใช้ปริมาณกระแสที่กระตุ้น ควรใช้ให้น้อยกว่าปกติ นอกจากนั้นควรคำนึงถึงปฏิกิริยาไฟฟ้าใต้ขั้วกระตุ้น ได้ขั้วลบเกิดภาวะความเป็นด่าง ส่วนใต้ขั้วบวกเกิดภาวะความเป็นกรด ซึ่งความเป็นกรด-ด่างดังกล่าวอาจส่งผลต่อตัวกลางที่เป็นตัวทำละลายของไอออนที่ใช้รักษา หรืออาจส่งผลต่อการซึมผ่านของไอออนเข้าสู่ผิวหนังจึงควรคำนึงถึงด้วย ในปัจจุบันได้มีผู้นำเทคนิค iontophoresis มาใช้ในด้านการเสริมความงามแต่ยังไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว

2. การให้พลังงานความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เครื่องที่ให้ความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือเครื่องไดอะเธอร์มีย์ เป็นเครื่องมือกายภาพบำบัดที่สร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านคลื่นวิทยุสื่อสาร ซึ่งคลื่นวิทยุและโทรทัศน์โดยทั่วไป เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการส่งและรับวิทยุโทรทัศน์ รวมทั้งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เช่น คลื่นที่เกิดขึ้นเมื่อฟ้าผ่า คลื่นในย่านนี้มีความยาวประมาณ $0.3-3 \times 10^3$ m. หรือความถี่ $1-1 \times 10^9$ Hz โดยทั่วไปคลื่นวิทยุ โทรทัศน์ มักสร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วส่งผ่านสู่อากาศโดยเสาอากาศ (antenna) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่งออกสู่อากาศ ซึ่งผลของเครื่องไดอะเธอร์มีย์ทางกายภาพบำบัดทำให้เกิด 1) ผลด้านความร้อน เพิ่มการไหลเวียน แรงการทำงานของเอนไซม์ของร่างกาย เนื้อเยื่อเกิดการยืดหยุ่น และ 2) ผลที่ไม่ใช่ความร้อน⁵¹ ทำให้เกิดการแพร่กระจายของระบบไหลเวียนระดับไมโคร (microvascular perfusion) เพิ่มปริมาณออกซิเจนและสารอาหารให้กับเซลล์ ซึ่งเครื่องไดอะเธอร์มีย์ทางกายภาพบำบัดสามารถแบ่งออกเป็น

2.1 เครื่องซอตเวฟไดอะเธอร์มีย์สำหรับกายภาพบำบัด

เครื่องซอตเวฟไดอะเธอร์มีย์ เป็นเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ทางกายภาพบำบัดที่สร้างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านคลื่นวิทยุย่านคลื่นสั้นที่ปล่อยออกเป็นช่วงๆหรืออย่างต่อเนื่อง ความถี่ที่นิยมใช้ได้แก่ 13.56, 27.12 และ 40.68 MHz \pm 6.78, 160 และ 20 MHz ตามลำดับ^{51,53} เพื่อให้เกิดความร้อนลึกแก่เนื้อเยื่อในร่างกาย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจะถูกส่งผ่านเข้าสู่ร่างกายด้วยอิเล็กทรอนิกส์ตัวเก็บประจุ และขดลวดเหนี่ยวนำ โดยคลื่นแม่เหล็กที่ปล่อยออกจากเครื่องซอตเวฟไดอะเธอร์มีย์ มีทั้งแบบต่อเนื่อง และปล่อยออกเป็นช่วงๆ โดยชนิดที่ปล่อยอย่างต่อเนื่องมักนิยมใช้เพื่อรักษาโรคข้ออักเสบเรื้อรังบริเวณเข่า⁵⁴⁻⁵⁶ และหลัง⁵⁷⁻⁵⁹ ส่วนชนิดที่ปล่อยออกเป็นช่วงๆมักใช้ในผู้ป่วยภายหลังที่ได้รับการผ่าตัด⁶⁰⁻⁶³ ลดการอักเสบของเนื้อเยื่อและข้อต่อระยะเฉียบพลัน⁶⁴⁻⁷⁰

2.2 เครื่องไมโครเวฟไดอะเธอร์มีย์สำหรับกายภาพบำบัด

ไมโครเวฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นประมาณ $0.3-1 \times 10^{-2}$ m. หรือมีความถี่ $3 \times 10^8 - 3 \times 10^{10}$ Hz. ไมโครเวฟ มักใช้สำหรับเครื่องเรดาร์และการสื่อสารระยะไกล คลื่นชนิดนี้มักสร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทางการสื่อสาร (ผ่านดาวเทียม) ได้จัดคลื่นไมโครเวฟ เป็นคลื่นวิทยุย่านความถี่อัลตราไฮ (ultra high frequency) หรือ UHF อย่างไรก็ตามปัจจุบันคลื่นไมโครเวฟไม่ได้ใช้เฉพาะทางการสื่อสาร ดาวเทียม เท่านั้น ยังสามารถใช้สำหรับอุ่นอาหารหรือหุงต้มอาหาร และทางกายภาพบำบัดอีกด้วย

เครื่องไมโครเวฟที่ใช้สำหรับกายภาพบำบัดมีความถี่ประมาณ 2,450, 915, และ 433.9 MHz. ซึ่งมีความยาวคลื่น 12.245, 32.79 และ 69.14 cm. ตามลำดับ⁷¹ โดยทั่วไปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านคลื่นวิทยุ มักถูกสร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีทรานซิสเตอร์เป็นองค์ประกอบสำคัญ จนเรียกติดปากว่า วิทยุ ทรานซิสเตอร์ ส่วนวิทยุสื่อสารรับส่งซึ่งมีความถี่สูงกว่าคลื่นวิทยุที่รับฟังทั่วไป มักสร้างจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีผลึกควอตซ์ เป็นองค์ประกอบสำคัญ ซึ่งสัญญาณความถี่สูงดังกล่าวจะถูกส่งออกสู่บรรยากาศโดยผ่านอุปกรณ์ชนิดหนึ่งเรียกว่า เสาอากาศ (antenna) ที่เหมาะสม เสาอากาศจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าความถี่สูงให้เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายสู่อากาศ เนื่องจากคลื่นไมโครเวฟมีความถี่สูงมาก มากกว่าวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีทรานซิสเตอร์หรือผลึกควอตซ์จะสามารถสร้างได้ ดังนั้น ในสมัยแรกๆ วงจรที่สร้างคลื่นไมโครเวฟ จึงมักใช้หลอดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดใหญ่แทน แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้ามาก ได้พัฒนาโดยใช้แมกนีตรอน (magnetron) และคริสตรอน (klystron) แทน สัญญาณความถี่สูงจากเครื่องไมโครเวฟจะถูกส่งผ่านสายนำสัญญาณชนิด coaxial ไปยังตัวเปลี่ยนสัญญาณและตัวสะท้อนคลื่น ไปยังตัวผู้ป่วยเพื่อทำการรักษาต่อไป ในทางคลินิกมักนิยมใช้รักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาข้ออักเสบเรื้อรัง⁷²⁻⁷³ และอาการบวมจากระบบไหลเวียนผิดปกติ⁷⁴

3. การใช้แสงเพื่อการรักษาทางกายภาพบำบัด

แสงหรือรังสีเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งจัดอยู่ในย่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ย่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งหากแสงที่มีความถี่สูงมาก ๆ เช่น แสงย่านรังสีเอกซ์จะมีความยาวคลื่นสั้นมาก ๆ จนมองแสงในเชิงอนุภาคและพิจารณาพลังงานของแสงเป็นกลุ่มก้อนพลังงาน (quanta) ซึ่งจัดเป็นแสงที่สามารถทำให้เกิดการแตกตัวของไอออน (ionising)⁷⁵ เครื่องมือที่ให้พลังงานแสงทางกายภาพบำบัดได้แก่

3.1 เครื่องอินฟราเรดที่ใช้ทางกายภาพบำบัด

รังสีอินฟราเรด (IR) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านแสงที่ให้พลังงานความร้อน ซึ่งมีย่านคลื่น 0.78-1,000 nm. อยู่ระหว่างคลื่นไมโครและแสงที่มองเห็น แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติหลายชนิดที่ให้แสงย่านแสงที่มองเห็น รังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมักให้รังสีอินฟราเรดด้วย The International Commission on Illumination (CIE) ได้แบ่งรังสีอินฟราเรดตามลักษณะการดูดซับของทางเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และส่งผลต่อชีววิทยาได้เป็น IRA, IRB และ IRC ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 0.78-1.4 μm , 1.4-3.0 μm และ 3.0 μm -1.0 mm⁷⁶ ตามลำดับ ซึ่งความยาวคลื่นของรังสีอินฟราเรดที่ใช้ทางคลินิกอยู่ระหว่าง 0.7-1.5 μm ซึ่งจัดอยู่ในย่าน IRA

แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรดในธรรมชาติที่สำคัญคือ ดวงอาทิตย์ ส่วนเครื่องอินฟราเรดโดยทั่วไปเกิดจากการปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ๆ จนสามารถเปล่งรังสีอินฟราเรดได้ แบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ 1) เครื่องอินฟราเรดชนิดเปล่งแสง (luminous generators) มักประกอบด้วยหลอดแก้วบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยความดันต่ำ มีไส้หลอดเป็นโลหะทั้งสแตน เครื่องชนิดนี้สามารถให้ทั้งรังสีอินฟราเรดและแสงที่มองเห็น ความยาวคลื่นประมาณ 1 μm โดยมีตัวกรองแสงควบคุมชนิดของรังสี เช่น หากต้องการให้เปล่งแสง

สีแดงก็จะใช้ตัวกรองแสงสีแดง เป็นต้น 2) เครื่องอินฟราเรดชนิดไม่เปล่งแสง มักประกอบด้วยขดลวดเหนียวนำความต้านทานสูงที่พันรอบหรืออาจฝังอยู่ในฉนวนไฟฟ้าที่เป็นเซรามิก รังสีอินฟราเรดชนิดไม่เปล่งแสงมีความยาวคลื่นประมาณ 4 μm ทั้งสองชนิดจำเป็นต้องใช้เวลาสำหรับอุ่นเครื่องก่อนเสมอ ซึ่งเครื่องอินฟราเรดชนิดไม่เปล่งแสงจะใช้ระยะเวลาสำหรับอุ่นเครื่องนานกว่า ผลด้านการรักษาคือผลด้านความร้อน⁷⁷ ซึ่งมักนิยมใช้ในข้ออักเสบ⁷⁸ และแผลเรื้อรัง⁷⁹

3.2 เครื่องอัลตราไวโอเล็ต

รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 100–400 nm. ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด⁸⁰ คือ 1) UVA หรือ long wave UV, near UV, black light UV มีความยาวคลื่น 320–400 nm. มีคุณสมบัติกระตุ้นเซลล์สร้างเม็ดสี 2) UVB หรือ sunburn spectrum, erythema band, middle UV มีความยาวคลื่น 290–320 nm. มีคุณสมบัติทำให้เกิด sunburn, mutation การสร้างวิตามินดีที่ผิวหนัง 3) UVC หรือ germicidal radiation, shortwave UV, far UV มีความยาวคลื่น 290–100 nm. รังสี UV ที่ใช้สำหรับกายภาพบำบัดคือ UVA และ UVB ซึ่งเครื่องอัลตราไวโอเล็ตโดยทั่วไปประกอบด้วย หลอดที่ให้รังสี UV ปัจจุบันมักใช้หลอดไอปรอทความดันต่ำ ตัวสะท้อนคลื่น ขาดังจับยึดหลอดและตัวสะท้อนคลื่น เชื่อว่ารังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถถูกดูดซึมผ่านผิวหนังและเกิดผลด้านเคมีและปฏิกิริยาเคมีต่อแสง ทำให้เกิดผื่นแดงที่ผิวหนัง ผิวหนังมีสีคล้ำ กระตุ้นให้เซลล์ทำงานมากขึ้น และเกิดการสร้างวิตามินดี⁸¹ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมักนิยมใช้รังสีอัลตราไวโอเล็ตรักษาโรคผิวหนังบางชนิดเช่น Psoriasis⁸²⁻⁸⁴ Urticaria⁸⁵⁻⁸⁶ และแผลเรื้อรัง⁸⁷⁻⁸⁸ โดย dose ของการใช้ขึ้นกับการตอบสนองของผิวหนังต่อแสงของผู้ป่วยแต่ละราย กำลังส่องสว่างของหลอด และระยะห่างระหว่างผิวหนังกับตัวหลอดรังสี ซึ่งจำเป็นต้องทดสอบ (test dose) ก่อนประยุกต์ใช้เสมอ

3.3 เครื่องเลเซอร์ที่ใช้ทางกายภาพบำบัด

เป็นเครื่องที่ให้กำเนิดแสงสีเดียวที่ให้พลังงานต่ำที่ American National Standard Institute (ANSI) จัดแบ่งตามมาตรฐานความปลอดภัยเป็น Class III ที่มีกำลังวัตต์อยู่ระหว่าง 20–500 mW ซึ่งเป็นระดับที่มีความปลอดภัยสำหรับผิวหนัง แต่ไม่ปลอดภัยสำหรับตา เลเซอร์ที่ใช้ทางกายภาพบำบัดเชื่อว่าทำให้เกิดผลด้านกระตุ้นทางชีวภาพในระดับเซลล์ และการระงับปวด⁸⁹⁻⁹⁰ ขึ้นกับชนิดของแสงและระดับการดูดกลืนของเซลล์ได้ผิวหนัง ดังนั้นจึงมักนิยมใช้เลเซอร์เพื่อการระงับปวดของเอ็นอักเสบบริเวณศอก⁹¹⁻⁹⁴ ซึ่งมักใช้ชนิด GaAs ข้ออักเสบเรื้อรัง⁹⁵⁻⁹⁷ เอ็นเท้าอักเสบ⁹⁸ และปวดหลัง⁹⁹ ใช้เทคนิคการฉายรังสีเป็นจุด โดยใช้เวลาในการรักษา 10–30 นาที

4. การใช้คลื่นเสียงอัลตราโซนิคส์สำหรับกายภาพบำบัด

คลื่นเหนือเสียงหรืออัลตราโซนิคส์ที่ใช้สำหรับกายภาพบำบัด(US) ใช้ความถี่ในย่าน 0.7–3.3 MHz¹⁰⁰ โดยเครื่องอัลตราโซนิคส์เป็นตัวสร้างสัญญาณความถี่สูงจากวงจรออสซิลเลเตอร์ แล้วถูกเปลี่ยนเป็นคลื่นเหนือเสียงโดยการสั่นสะเทือนของผลึกควอทซ์ที่มีคุณสมบัติ piezoelectric ภายใน sound head ที่ผิวหนังสัมผัสกับผิวหนังโดยมีตัวกลาง (มักใช้เจล) เป็นตัวส่งผ่านคลื่นเสียงเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งคลื่นเสียงความถี่สูงสามารถเข้าสู่เนื้อเยื่อลึกประมาณ 2–5 cm. ซึ่งจะเกิดผล 2 ประการคือ ผลด้านความร้อน และผลที่ไม่ใช่ความร้อน

ผลด้านความร้อนคลื่นอัลตราโซนิคส์ที่ส่งผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อทำให้เกิดการเร่งอัตราเมตาบอลิซึมของร่างกาย ลดการนำสัญญาณประสาท ลดความเจ็บปวด เพิ่มการไหลเวียน และเพิ่มความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อ¹⁰⁰ ผล

ที่ไม่ใช่ความร้อนจากคลื่นทำให้เกิดพลังงานกลจากแรงกดปล่อยๆของคลื่นต่อเนื้อเยื่อ ทำให้เพิ่มการยอมให้ผ่านของเซลล์ต่อไอออนแคลเซียมและไอออนอื่นๆ เพิ่ม mast cell degranulation เพิ่ม chemotatic factor และการหลั่ง histamine เพิ่มการตอบสนองของเซลล์ macrophage และเพิ่มอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในการสร้างเนื้อเยื่อใหม่ของแผล¹⁰⁰ ซึ่งจากผลดังกล่าวนี้ในทางคลินิกจึงได้มีการประยุกต์ใช้อัลตราโซนิกส์เพื่อการรักษาใน 1)ผู้ที่ได้รับการบาดเจ็บเนื้อเยื่อระยะเฉียบพลันโดยใช้ US ความถี่ 1.5 MHz ชนิดปล่อยเป็นช่วงๆ ขนาด 0.5-2.0 W/cm² 5-10 นาที พบว่าสามารถลดปวดและเกิดการซ่อมแซมเนื้อเยื่อได้ดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ¹⁰¹ 2) ประยุกต์ใช้ในเนื้อเยื่อที่มีการอักเสบบริเวณรอบๆข้อไหล่ระยะ sub acute โดยใช้ US ที่มีความถี่ 0.8-1.5 MHz ชนิดต่อเนื่องขนาด 0.5-2.0 W/cm² 5-10 นาที/ครั้ง เป็นเวลา 1 สัปดาห์¹⁰²⁻¹⁰⁶ พบว่าได้ผลด้านการรักษาเป็นอย่างดี โดยเฉพาะการศึกษาของ Downing และ Weinstein¹⁰⁵ ซึ่งศึกษาโดยมีกลุ่มเปรียบเทียบ 3)ในข้ออักเสบเรื้อรัง¹⁰⁷⁻¹¹⁰ พบว่าสามารถช่วยระงับอาการปวดและทำให้เพิ่มการทำงานของอวัยวะดังกล่าว 4)ช่วยทำให้แผลเกิดการฟื้นตัวดีขึ้นและสามารถระงับอาการปวด¹¹¹⁻¹¹³ 5)ในแผลเปิดต่างๆ ได้แก่ แผลกดทับ¹¹⁴ แผลที่เส้นเลือดดำ (venous ulcers)¹¹⁵⁻¹¹⁶ โดยใช้ US ที่มีความถี่ 3 MHz ชนิดเป็นช่วงๆ 2:8, 0.8-1 W/cm² เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดของแผล พบว่าได้ผลดีกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ 6)ลดการหดรั้งของแผลเป็น¹¹⁷⁻¹¹⁹ และสามารถใช้ระงับปวด¹²⁰⁻¹²² อย่างได้ผล ในปัจจุบันยังมีผู้นิยมใช้ US เพื่อผลักดันตัวยาผ่านทางผิวหนัง (phonophoresis) ร่วมกับการรักษาในผู้ป่วยที่มีการปวดข้อและภาวะการอักเสบของเนื้อเยื่อต่างๆ¹²³⁻¹²⁶ พบว่าได้ผลดี

บทสรุปและวิจารณ์

การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าเพื่อการรักษาทางกายภาพบำบัดในทศวรรษที่ผ่านมานักวิจัยต่างให้ความสนใจกับการกระตุ้นกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการทำงานไม่ว่าจะเน้นเรื่องความแข็งแรงทดแทนการฝีกออกกำลัง³⁻⁶ การฟื้นสภาพความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเข้าหลังการผ่าตัด¹²⁷⁻¹²⁸ และพยายามกระตุ้นให้อวัยวะเกิดการการทำงานที่ปกติใกล้เคียงกับธรรมชาติทั้งในผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตครึ่งซีกและอัมพาตครึ่งท่อน¹²⁻¹⁷ กระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อควบคุมการกลืนปัสสาวะ¹²⁹⁻¹³³ นอกจากนี้มีการนำมาใช้กระตุ้นเพื่อการซ่อมแซมแผลโดยเฉพาะแผลเรื้อรังจากถูกกดทับ³⁹⁻⁴⁴ หรือการส่งเสริมการซ่อมแซมแผลเรื้อรังในผู้ป่วยเบาหวาน⁴⁵⁻⁴⁶ ส่วนในด้านการรักษาด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงนั้น จากการสำรวจความคิดเห็นของนักกายภาพบำบัดใน Britain ประเทศอังกฤษ 1985 โดย ter Haar, Dyson และ Oakey¹³⁴ ต่อประเด็นความนิยมใช้เครื่องมือทางกายภาพบำบัด พบว่าเครื่องเสียงความถี่สูงเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมสูงสุด ในจำนวนนี้ 20% ทำงานในโรงพยาบาลของรัฐ และ 54% ใช้ในคลินิกส่วนตัว ซึ่งแสดงให้เห็นชัดว่า US ได้ถูกนำมาใช้ในการรักษาทางกายภาพบำบัดอย่างแพร่หลายมาก ซึ่งนอกจากใช้เพื่อการระงับปวดแล้วยังมีการนำมาใช้ในการส่งเสริมการซ่อมแซมแผลเปิดเรื้อรัง^{114,135-136} ในด้านการใช้เครื่องไดอะเธอร์มีย์ เครื่องชอตเวฟชนิดที่ปล่อยคลื่นเป็นช่วงๆถูกนำมาใช้เพื่อเร่งการซ่อมแซมแผลและเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บ⁶⁴⁻⁷⁰ อย่างไรก็ตามการศึกษาวินิจฉัยยังคงมีลักษณะเป็นรายงานผลการรักษา มากกว่าการศึกษาเชิงทดลองแบบมีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ

ปัจจุบันกระแสการประกันและคุณภาพด้านการให้บริการกำลังได้รับความสนใจ ดังนั้นงานวิจัยด้านกายภาพบำบัดจึงให้ความสำคัญในด้านนี้ โดยมีการศึกษาวินิจฉัยประสิทธิภาพประสิทธิผลของเครื่องมือที่ให้บริการ¹³⁷ การตรวจสอบผลการรักษาและความพึงพอใจของผู้รับบริการทางกายภาพบำบัดด้วยเครื่องมือต่างๆจากผู้ให้และใช้บริการ¹³⁸⁻¹⁴¹ ซึ่งจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างนักกายภาพบำบัดโดยแบบสอบถามในประเด็น เทคนิคการใช้ ความเข้มของ US ที่ใช้ โรคที่ใช้ ความถี่ของการใช้งาน และการ calibrate เครื่อง และการสังเกตผลแทรกซ้อนของการใช้งาน ซึ่งผลการทดลองพบว่า 1) ขนาดความเข้มของคลื่นอยู่ในช่วง 0.1-3.0 w/cm² 2)

ยังคงมีความสับสนระหว่างการเลือกชนิดของคลื่นแบบต่อเนื่องหรือแบบปล่อยเป็นช่วงๆ 3) ข้อสรุปบางประเด็นที่เกี่ยวกับข้อห้ามและข้อควรระวังของการใช้ US ยังมีน้อย และไม่มีหลักฐานด้านงานวิจัยสนับสนุน 4) การ calibrate เครื่องในโรงพยาบาล เฉลี่ย 3-6 เดือนต่อ 1 ครั้ง ส่วนในคลินิกส่วนตัวประมาณ ปีละ 1 ครั้ง นอกจากนั้นปัญหาที่มักพบคือ จะเลือกเครื่องมือทางกายภาพบำบัดชนิดใดให้เหมาะกับโรค¹³⁴ จากหลักฐานดังกล่าวชี้ชัดว่ายังมีปัญหาด้านความรู้เกี่ยวกับ ผลชีววิทยาของเครื่องมือทางกายภาพบำบัด ความคุ้มค่า และความปลอดภัยและข้อจำกัดของการใช้งาน ซึ่งปัญหาดังกล่าวควรได้รับการพิจารณาและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลทางด้านคลินิกและงานวิจัยที่มีคุณภาพมาสนับสนุน

เอกสารอ้างอิง

1. McDonough S, Kitchen S. Neuromuscular and muscular electrical stimulation. In: Kitchen S, Bazin S. eds. *Electrotherapy evidence-based practice*. 11st edition. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002: 242.
2. Selkowitz DM. Electrical current. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 1999: 345-427.
3. McMiken DF, Todd-Smith M, Thompson C. Strengthening of human quadriceps muscles by cutaneous electrical stimulation. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1983; 15: 25-8.
4. Laughman RK, Youdas JW, Garrett TR, Chao EYS. Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Physical Therapy* 1983; 63(4): 494-9.
5. Balogun JA, Onilari OO, Akeju OA, Marzouk DK. High voltage electrical stimulation in the augmentation of muscle strength : effects of pulse frequency. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1993; 74: 910-6.
6. Lai HS, De Domenico G, Strauss GR. The effect of different electro-motor stimulation training intensities on strength improvement. *Australian Journal of Physiotherapy* 1988; 34(3): 151-64.
7. Kramer JF. Efferct of electrical stimulation current frequencies on isometric knee extension torque. *Phys Ther* 1987; 67: 31-8.
8. Snyder-Mackler L, Garrett M, Roberts M: A comparison of torque generating capabilities of three different electrical stimulating currents. *J Orthop Sport Phys Ther* 1989; 10: 297-301.
9. Kramer J, Lindsay D, Magee D, et al. Comparison of voluntary and electrical stimulation contraction torques, *J Orthop Sports Phys Ther* 1984; 5: 324-31.
10. Walmsley RP, Letts G, Vooy J. A comparison of torque generated by knee extension with a maximal voluntary muscle contraction vis-a-vis electrical stimulation *J Orthop Sports Phys Ther* 1984; 6: 10-7.
11. Strauss GR, De Domenico G. Torque production in human upper and lower limb muscles with voluntary and electrically stimulated contractions. *Aust J Physiother* 1986; 32: 38-49.
12. King TI. The effect of neuromuscular electrical stimulation in reducing tone. *American Journal of Occupational Therapy* 1996; 50: 62-4.

13. Burridge JH, Taylor PN, Hagan SA, Wood DE, Swain ID. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking: a randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clinical Rehabilitation* 1997; 11: 201-10.
14. Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson ACB, Lees KR, Barbenel JC. Peroneal stimulator: evaluation for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1996; 77: 19-24.
15. Pandyan AD, Granat MH, Stott DJ. Effects of electrical stimulation on flexion contractures in the hemiplegic wrist. *Clinical Rehabilitation* 1997; 11: 123-30.
16. Kraft GH, Fitts SS, Hammond MC. Techniques to improve function of the arm and hand in chronic hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1992; 73: 220-7.
17. Faghri PD. The effects of neuromuscular stimulation-induced muscle contraction versus elevation on hand oedema in CVA patients. *Journal of Hand Therapy* 1997; 10: 29-34.
18. Carmick J. Use of neuromuscular electrical stimulation and a dorsal wrist splint to improve the hand function of a child with spastic hemiparesis. *Phys Ther* 1997; 77: 661-71.
19. Bajd T, Gregoric M, Vodovnik L, et al. Electrical stimulation in treating spasticity resulting from spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1985; 66: 515-7.
20. Levin MF, Hui-Chan CWY. Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions. *Electroencephalogram Clin Neurophys* 1992; 85: 131-42.
21. Walker JB. Modulation of spasticity: prolonged suppression of spinal reflex by electrical stimulation. *Science* 1982; 216: 203-4.
22. Lee KH, Chung JM, Willis WD. Inhibition of primate spinthalamic tract cells by TENS. *J Neurosurg* 1985; 62: 276-87.
23. Garrison DW, Foreman RD. Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). *Pain* 1994; 58: 309-15.
24. Wang S-F, Chen Y-W, Shyu B-C. The suppressive effect of electrical stimulation on nociceptive responses in the rat. *Phys Ther* 1997; 77: 839-47.
25. Hollman JE, Morgan BJ. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on the pressure response to static handgrip exercise. *Phys Ther* 1997; 77: 28-36.
26. Chung JM, Fang ZR, Cargill GL, et al. Prolonged, Naloxone-reversible inhibition of the flexion reflex in the cat. *Pain* 1983; 15: 35-53.
27. Chung JM, Fang ZR, Hori Y, et al. Prolonged inhibition of primate spinothalamic tract cells by peripheral nerve stimulation. *Pain* 1984; 19: 259-75.
28. Han JS, Chen XH, Sun SL, et al. Effect of low and high frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunoreactivity in human lumbar CSF. *Pain* 1991; 47: 295-8.
29. Smith CR, Lewith GT, Machin D. TNS and osteo-arthritic pain. *Physiotherapy* 1983; 69 (7): 266-8.

30. Melzack R, Vetere P, Finch L. Transcutaneous electrical nerve stimulation for low back pain. *Physical Therapy* 1983; 63(4): 489-93.
31. Hargreaves A, Lander J. Use of transcutaneous electrical nerve stimulation for postoperative pain. *Nursing Research* 1989; 38(3): 159-61.
32. Sim D T. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation following cholecystectomy. *Physiotherapy* 1991; 77(10): 715-21.
33. Leandri M, Parodi CI, Corrieri N, Rigardo S. Comparison of TENS treatments in hemiplegic shoulder pain. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1990; 22: 69-72.
34. Taylor K, Newton RA, Personius WJ, Bush FM. Effects of interferential current stimulation for treatment of subjects with recurrent jaw pain. *Physical Therapy* 1987; 67(3):346-50.
35. Tracy JE, Currier DP, Threlkeld AJ. Comparison of selected pulsed frequencies from two different electrical stimulators on blood flow in healthy subjects. *Phys Ther* 1988; 68: 1526-32.
36. Currier DP, Petrilli CR, Threlkeld AJ. Effect of graded electrical stimulation on blood flow healthy muscle. *Phys Ther* 1986; 66: 937-43.
37. Mohr T, Akers TK, Wessman HC, Effect of high voltage stimulation on blood flow in the rat hind limb. *Phys Ther* 1987; 67: 526-33.
38. Clemente FR, Matulionis DH, Barron KW, et al. Effect of motor neuromuscular electrical stimulation on microvascular perfusion of stimulated rat skeletal muscle. *Phys Ther* 1991; 71: 397-404.
39. Kloth LC, Feedar JA. Acceleration of wound healing with high voltage monophasic, pulsed current. *Phys Ther* 1988; 68(4): 503-8.
40. Carley PJ, Wainapel SF. Electrotherapy for acceleration of wound healing: Low intensity direct current. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1985; 66: 443-6.
41. Griffin JW, Tooms RE, Mendius RA, Clifft JK, Zwaag RV, El-Zeky F. Efficacy of high voltage pulsed current for healing of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. *Phys Ther* 1991, 71(6): 433-44.
42. Mulder GD. Treatment of open-skin wounds with electrical stimulation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1991; 72: 375-7.
43. Feedar JA, Kloth LC, Gentzkow GD. Chronic dermal ulcers healing enhanced with monophasic pulsed electrical stimulation. *Phys Ther* 1991; 71(9): 639-49.
44. Wood JM, Evans PE, Schallreuter KU, Jacobson WE, Sufit R, Newman J, White C, Jacobson M. A multi-center study on the use of pulsed low-intensity direct current for healing chronic stage II and stage III decubitus ulcers. *Archives of Dermatology* 1993; 129: 999-1009.
45. Baker LL, DeMuth SK, Chambers R, Villar F. Effects of electrical stimulation on wound healing in patients with diabetic ulcers. *Diabetes Care* 1997; 20(3): 405-412.
46. Lundeberg TCM, Eriksson SV, Malm M. Electrical nerve stimulation improves healing of diabetic ulcers. *Annals of Plastic Surgery* 1992; 29: 328-31.

47. Costello CT, Jeske AH. Iontophoresis: applications in transdermal medication delivery. *Phys Ther* 1995; 75(6): 554-563.
48. DeLacerda FG. A comparative study of three methods of treatment for shoulder girdle myofascial syndrome. *Journal of Orthopaedic and Sports Phys Ther* 1982; 4: 51-4.
49. Bertolucci LE. Introduction of anti-inflammatory drugs by iontophoresis: double blind study. *Journal of Orthopaedic and Sports Phys Ther* 1982; 4: 109-12.
50. Perron M, Malouin F. Acetic acid iontophoresis and ultrasound for the treatment of calcifying tendinitis of the shoulder: A randomized control trial. *Archives of Phys Med and Rehabil* 1997; 78: 379-84.
51. Cameron MH, Perez D, Otano-Lata S. Electromagnetic radiation. In: Cameron MH ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 1999: 303-44.
52. Selkowitz DM. Electrical currents. In: Cameron MH ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 1999: 345-427.
53. Scott S, McMeeken J, Stillman B. Diathermy. In: Kitchen S, Bazin S. eds. *Electrotherapy evidence-based practice*. 11st edition. Edinburgh, Churchill Livingstone; 2002: 145-70.
54. Quirk AS, Newman RJ, Newman KJ. An evaluation of interferential therapy, shortwave diathermy and exercise in the treatment of osteo-arthritis of the knee. *Physiotherapy* 1985; 71(2): 55-7.
55. Clarke GR, Willis LA, Stenners L, Nichols PJR. Evaluation of physiotherapy in the treatment of osteo-arthritis of the knee. *Rheumatology and Rehabilitation* 1974; 13: 190-7.
56. Chamberlain MA, Care G, Gharfield B. Physiotherapy in osteo-arthritis of the knee. *Annals of Rheumatic Diseases* 1982; 23: 389-91.
57. Nwuga GB. A study of the value of shortwave diathermy and isometric exercise in back pain management. *Proceedings of the Ixth International Congress of the WCPT, Legitimerader Sjukgymnaasters Riksförbundet, Stockholm, Sweden* 1982: 355-7.
58. Gibson T, Grahame R, Harkness J, Woo P, Blagrove P and Hills R. Controlled comparison of shortwave diathermy treatment with osteopathic treatment in non-specific low back pain. *The Lancet* 1985; June 1, 1258-61.
59. Wagstaff P, Wagstaff S, Downie M. A pilot study to compare the efficacy of continuous and pulsed magnetic energy (SWD) on the relief of low back pain. *Physiotherapy* 1986; 72(11): 563-6.
60. Aronofsky DH. Reduction of dental post-surgical symptoms using non-thermal pulsed high-peak-power electromagnetic energy. *Oral Surgery* 1971; 32(5): 688-96.
61. Wilson DH. Comparison of shortwave diathermy and pulsed electromagnetic energy in treatment of soft tissue injuries. *Physiotherapy* 1974; 60(10): 309-10.

62. Goldin JH, Broadbent NRG, Nancarrow JD, Marshall T. The effects of Diapulse on the healing of wounds: a double blind randomised controlled trial in man. *British Journal of Plastic Surgery* 1981; 34, 267-70.
63. Nicolle FV, Bentall RM. The use of radiofrequency pulsed energy in the control of post-operative reaction to blepharoplasty. *Anaesthetic Plastic Surgery* 1982; 6: 169-71.
64. Ginsberg AJ. Pulsed shortwave in the treatment of bursitis with calcification. *International Record of Medicine* 1961; 174(2): 71-5.
65. Barclay V, Collier RJ, Jones A. Treatment of various hand injuries by pulsed electromagnetic energy. *Physiotherapy* 1983; 69(6): 186-8.
66. Pasila M, Visuri T, Sundholm A. Pulsating shortwave diathermy: Value in treatment of recent ankle and foot sprains. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1978; 59: 383-6.
67. Barker AT, Barlow PS, Porter J, Smith ME, Clifton S, Andrews L, O'Dowd WJ. A double blind controlled clinical trial of low power pulsed shortwave therapy in the treatment of a soft tissue injury. *Physiotherapy* 1985; 71(12): 500-4.
68. Grant A, Sleep J, McIntosh J, Ashurst H. Ultrasound and pulsed electromagnetic energy treatment for peroneal trauma: A randomised placebo-controlled trial. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology* 1989; 96: 434-9.
69. McGill SN. The effect of pulsed shortwave therapy on lateral ligament sprain of the ankle. *New Zealand Journal of Physiotherapy* 1988; 10: 21-4.
70. Livesley PJ, Mugglestone, A, Whitton J. Electrotherapy and the management of minimally displaced fracture of the neck of the humerus. *Injury* 1992; 23(5):323-7.
71. Low J, Reed Ann. *Electrotherapy explained; principle and practice*, 3rd edition. Oxford: Butterworth Heinemann, 2000: 327-39.
72. Spiegel TM, Hirschberg J, Taylor J, Paul HE and Furst DE. Heating rheumatoid knees to intra-articular temperatures of 42.1°C. *Annals of Rheumatic Disease* 1987; 46: 716.
73. Weinberger A, Fadilah R, Lev A, Shohami E, Pinkhas J. Treatment of articular effusions with local deep microwave hyperthermia. *Clinical Rheumatology* 1989; 8(4): 461-6.
74. Ti-Sheng C, Liang-Yu H, Ji-Liang G, Wen-Yi H. Microwave: An alternative to electric heating in the treatment of peripheral lymphoedema. *Lymphology* 1989; 22: 20-4.
75. Haar GT. Electrophysical and thermal principles. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 2002: 18.
76. Kitchen S. Infrared irradiation. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 2002: 139.
77. Cameron MH. Thermal agents: physical principles, cold and superficial heat. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 1999: 164.

78. Wright V, Johns RJ. Quantitative and qualitative analysis of joint stiffness in normal subjects and in patients with connective tissue disease. *Annals of Rheumatological Disease* 1961; 20: 26-36.
79. Hyland DB and Kirkland VJ. Infra-red therapy for skin ulcers. *American Journal of Nursing* 1980; October: 1800-1.
80. Diffey B, Farr P. Ultraviolet therapy. In: Kitchen S, Bazin S. eds. *Electrotherapy evidence-based practice*. 11st edition. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002: 192.
81. Cameron MH, Perez D, Otano-Lata S. Electromagnetic radiation. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 1999: 307-8.
82. Parrish JA, Jaenicke KF. Action spectrum for phototherapy of psoriasis. *Journal of Investigative Dermatology* 1981; 76: 359-62.
83. Van Weelden H, Baart de la Faille H, Young E, van der Leun JC. A new development in UV-B phototherapy of psoriasis. *British Journal of Dermatology* 1988; 119: 11-9.
84. Fisher T, Alsins J, Berne B. Ultraviolet spectrum and evaluation of ultraviolet lamps for psoriasis healing. *International Journal of Dermatology* 1984; 23: 633-7.
85. Olafsson J, Larko O, Roupe G, Granerus G, Bengtsson U. Treatment of chronic urticaria with PUVA or UV-A plus placebo: A double blind study. *Archives of Dermatological Research* 1986; 278: 228-31.
86. Johnsson M, Falk ES, Volden G. UV-B treatment of factitious urticaria. *Photodermatology* 1987; 4: 302-4.
87. Dodd JH, Sarkany I, Gaylarde PM. The short-term benefit and long-term failure of light in the treatment of venous leg ulcers. *British Journal of Dermatology* 1989; 120: 809-18.
88. Wills EE, Anderson TW, Beattie LB, Scott A. A randomised placebo controlled trial of ultraviolet in the treatment of superficial pressure sores. *Journal of American Geriatric Society* 1983; 31: 131-3.
89. Cameron MH, Perez D, Otano-Lata S. Electromagnetic radiation. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company; 1999: 316-9.
90. Baxter D. Low intensity laser therapy. In: Kitchen S, Bazin S. eds. *Electrotherapy evidence-based practice*. 11st edition. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002: 172.
91. Haker EHK, Lundeberg TCM. Lateral epicondylalgia : Report of noneffective midlaser treatment. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1991; 72: 984-988.
92. Vasseljen Jr. O, Hoeg N, Kjeldstad B, Johnsson A, Larsen S. Low level laser versus placebo in the treatment of tennis elbow. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1992; 24: 37-42.
93. Vasseljen O. Low-level laser versus traditional physiotherapy in the treatment of tennis elbow. *Physiotherapy* 1992; 78(5): 329-34.

94. Lundeberg T, Haker E, Thomas M. Effect of laser versus placebo in tennis elbow. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1987; 19: 135-8.
95. Goats GC, Flett E, Hunter JA, Stirling A. Low intensity laser and phototherapy for rheumatoid arthritis. *Physiotherapy* 1996; 82(5): 311-20.
96. Basford JR, Sheffield CG, Mair SD, Ilstrup DM. Low energy helium neon laser treatment of thumb osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1987; 68:794-7.
97. Bulow PM, Jensen H, Danneskiold-Samsøe B. Low power GaAlAs laser treatment of painful osteoarthritis of the knee: A double blind placebo-controlled study. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 1994; 26: 155-9.
98. Basford JR, Malanga GA, Krause DA, Harmsen WS. A randomized controlled evaluation of low-intensity laser therapy: Plantar fasciitis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1998; 79: 249-54.
99. Klein RG, Eek BC. Low energy laser treatment and exercise for chronic low back pain: double blind controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1990, 71: 34-7.
100. Cameron MH. Ultrasound. In: Cameron MH. ed. *Physical agents in rehabilitation: from research to practice*. Philadelphia: WB Saunders company. 1999: 272-89.
101. Middlemast SJ, Chatterjee DS. Comparison of ultrasound and thermography for soft tissue injuries. *Physiotherapy* 1978; 64(11): 331-2.
102. Lehman JF, Erickson DJ, Martin GM, Krusen FH. Comparison of ultrasonic and microwave diathermy in the physical treatment of peri-arthritis of the shoulder. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1954; 35: 627-34.
103. Bearzy JH. Clinical applications of ultrasonic energy in treatment of acute and chronic subacromial bursitis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1953; 34: 228-31.
104. Newman MK, Kill M, Frampton G. Effects of ultrasound alone and combined with hydrocortisone injections by needle or hypospray. *American Journal of Physical Medicine* 1957; 37: 206-9.
105. Downing DS, Weinstein A. Ultrasound therapy of subacromial bursitis: a double blind trial. *Phys Ther* 1986; 66(2): 194-9.
106. Munting E. Ultrasonic therapy for painful shoulder. *Physiotherapy* 1978; 64(6): 180-1.
107. De Preux T. Ultrasonic wave therapy in osteo-arthritis of the hip joint. *British Journal of Physical Medicine* 1952; 15(10): 14-9.
108. Inaba MK, Piorkowski M. Ultrasound in treatment of painful shoulders in patients with hemiplegia. *Phys Ther* 1972; 52 (7): 737-41.
109. Griffin JE, Echternach JL, Bowmaker KL. Results of frequency differences in ultrasonic therapy. *Phys Ther* 1970; 50(4): 481-6.
110. Marks R, Ghanagaraja S, Ghassemi M. Ultrasound for osteo-arthritis of the knee. *Physiotherapy* 2000; 86(9): 452-63.

111. Fieldhouse C. Ultrasound for relief of painful episiotomy scars. *Physiotherapy* 1979; 65 (7): 217.
112. Ferguson HN. Ultrasound in the treatment of surgical wounds. *Physiotherapy* 1981; 67 (2): 12.
113. McLaren J. Randomised controlled trial of ultrasound therapy for the damaged perineum. *Clinical Physics and Physiological Measurement* 1984; 5(1): 40.
114. McDiarmid T, Burns PN, Lewith GT, Machin D. Ultrasound and the treatment of pressure sores. *Physiotherapy* 1985; 71(2): 66-70.
115. Dyson M, Franks C, Suckling J. Stimulation of healing of varicose ulcers by ultrasound. *Ultrasonics* 1976; 14: 232-6.
116. Roche C, West J. A controlled trial investigating the effect of ultrasound on venous ulcers referred from general practitioners. *Physiotherapy* 1984; 70(12): 475-7.
117. Lehman JF, Fordyce WE, Rathbun LA, Larson RE, Wood DH. Clinical evaluation of a new approach in the treatment of contracture associated with hip fracture after internal fixation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1961; 42: 95-100.
118. Bierman W. Ultrasound in the treatment of scars. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1954; 35: 209-13.
119. Markham DE, Wood MR. Ultrasound for Dupuytren's contracture. *Physiotherapy* 1980; 66(2): 55-8.
120. Patrick MK. Ultrasound in Physiotherapy. *Ultrasonics* 1966; January: 10-14.
121. Nwuga VCB. Ultrasound in the treatment of back pain resulting from prolapsed intervertebral disc. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1983; 64: 88-9.
122. Rubin D, Kuitert JH. Use of ultrasonic vibration in the treatment of pain arising from phantom limbs, scars and neuromas: A preliminary report. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1955; 36: 445.
123. Griffin JE, Echternach JL, Price RE, Touchstone JC. Patients treated with ultrasonic driven hydrocortisone and with ultrasound alone. *Phys Ther* 1967; 47(7): 594-601.
124. Kleinkort JA, Wood F. Phonophoresis with 1% versus 10% hydrocortisone. *Phys Ther* 1975; 55(12): 1320-1324.
125. Stratford PW, Levy DR, Gaudie S, Miferi D, Levy K. The evaluation of phonophoresis and friction massage as treatments for extensor carpi radialis tendinitis: A randomized controlled trial. *Physiotherapy Canada* 1989; 41(2): 93-9.
126. Moll MJ. A new approach to pain: lidocaine and decadron with ultrasound. *USAF Medical Service Digest* 1979; 30: 8-11.
127. Delitto A, Rose SJ, McKowen JM, Lehman RC, Thomas JA, Shively RA. Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther* 1988; 68(5): 660-3.

128. Synder-Mackler L, Ladin Z, Schepsis AA, Young JC. Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament: Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and on strength of the thigh muscles. *Journal of Bone and Joint Surgery (A)* 1991; 73A(7): 1025-36.
129. Blowman C, Pickles C, Emery S, Creates S, Towell L, Blackburn N, Doyle N, Walkden B. Prospective double blind controlled trial of intensive physiotherapy with and without stimulation of the pelvic floor in treatment of genuine stress incontinence. *Physiotherapy* 1991; 77(10): 661-4.
130. Dougall DS. The effects of interferential therapy on incontinence and frequency of micturition. *Physiotherapy* 1985; 71(3): 135-6.
131. Laycock J, Jerwood D. Does pre-modulated interferential therapy cure genuine stress incontinence? *Physiotherapy* 1993; 79(8): 553-60.
132. Siegel SW, Richardson DA, Miller KL, Karram MM, Blackwood NB, Sand PK, Staskin DR, Tuttle JP. Pelvic floor electrical stimulation for the treatment of urge and mixed urinary incontinence in women. *Urology* 1997; 50: 934-40.
133. Brubaker L, Benson JT, Bent A, Clark A, Shott S. Transvaginal electrical stimulation for female urinary incontinence. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 1997; 177: 536-40.
134. Young S. Ultrasound therapy. In: Kitchen S, Bazin S. eds. *Electrotherapy evidence-based practice*. 11st edition. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002: 212.
135. Eriksson SV, Lundeberg T, Malm M. A placebo controlled trial of ultrasound therapy in chronic leg ulceration. *Scand J Rehabil Med* 1991; 23: 211-3.
136. TerRiet G, Kessels AGH, Knipschild P. A randomized clinical trial of ultrasound in the treatment of pressure ulcers. *Phys Ther* 1996; 76(12): 1301-12.
137. Artho PA, Thyne JG, Warring BP, et al. A calibration study of therapeutic ultrasound units. *Phys Ther* 2002; 82(3): 257-63.
138. Partridge XJ, Kitchen SS. Adverse effects of electrotherapy used by physiotherapists. *Physiotherapy* 1999; 85(6): 298-303.
139. Kitchen S. Audit of the unexpected effects of electrophysical agents. *Physiotherapy* 2000; 86(3): 152-5.
140. Kitchen S. Audit of the unexpected effects of electrophysical agents. *Physiotherapy* 2000; 86(10): 509-11.
141. Summer M, Mead J, ten Hove R. Audit and re-audit of the CSP core standards of physiotherapy practice. *Physiotherapy* 2000; 86(10): 512-6.
-