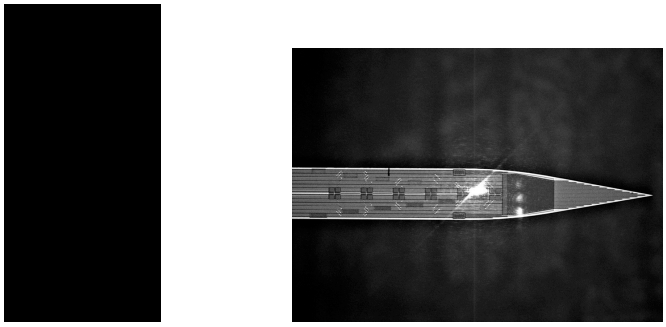
เส้นใยพอลิเมอร์แบบอ่อนนุ่มสำหรับงานทางด้านสรีรวิทยาไฟฟ้า

ดร.จินตมัย สุวรรณประทีป

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

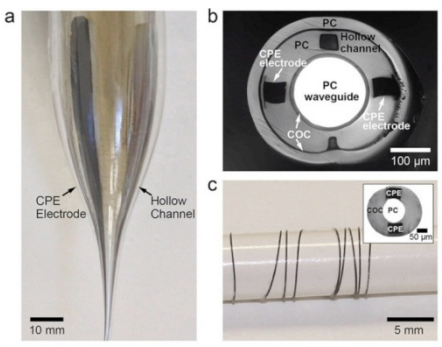
อุปกรณ์ทางการแพทย์ด้านออปโตอิเล็กทริกส์สำหรับงานทางด้านสรีรวิทยาไฟฟ้าสำหรับการบันทึกหรือกระตุ้นระบบประสาทในปัจจุบันนั้น มักจะมีลักษณะเป็นเส้นลวดขนาดเล็กซึ่งมักผลิตจากโลหะ สารกึ่งตัวนำ หรือแก้ว ซึ่งมีสมบัติที่แข็งและมีความแกร่งตัวสูงกว่าเนื้อเยื่อทั่วไปมาก
ซึ่งความแตกต่างนี้อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อโดยรอบอุปกรณ์อันเนื่องมาจากเคลื่อนที่ขนาดต่ำระหว่างเนื้อเยื่อและอุปกรณ์ในระหว่างการใช้งานได้
ทำให้โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์เหล่านี้จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในระยะสั้น
แต่ไม่ประสบความสำเร็จสำหรับการใช้งานในระยะยาว
เนื่องจากจะมีการลดลงของค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนและจำนวนเซลล์โดยรอบ
ทำให้มีความพยายามที่จะพัฒนาอุปกรณ์ที่มีความยืดหยุ่น อ่อนนุ่มและมีค่าความแกร่งที่ลดลง
เพื่อลดโอกาสที่จะทำความเสียหายแก่เซลล์และเนื้อเยื่อโดยรอบ



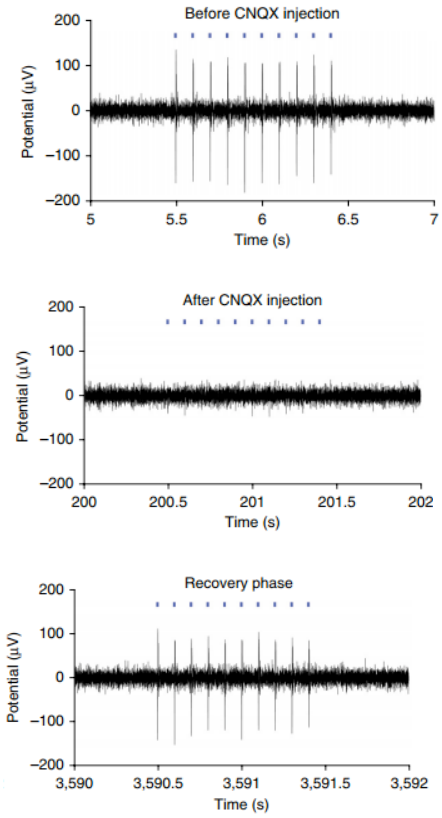
ภาพแสดงหัววัดทางระบบประสาทที่ส่วนใหญ่มักจะผลิตขึ้นจากโลหะ สารกึ่งตัวนำ หรือแก้ว
ซึ่งมีลักษณะที่แข็ง มีความแกร่งตัวสูงกว่าเนื้อเยื่อทั่วไปมาก[1-2]

ทีมวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาชูเซตส์
ได้พัฒนาเส้นใยพอลิเมอร์ชนิดใหม่สำหรับการใช้งานด้านสรีรวิทยาไฟฟ้าที่มีความนิ่มและความแกร่งใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อในธรรมชาติ โดยทีมวิจัยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เรียกว่า
กระบวนการรีดด้วยความร้อน (thermal drawing process)
ซึ่งมักจะใช้งานสำหรับการผลิตใยแก้วนำแสง มาใช้สำหรับการผลิตเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงดังกล่าว

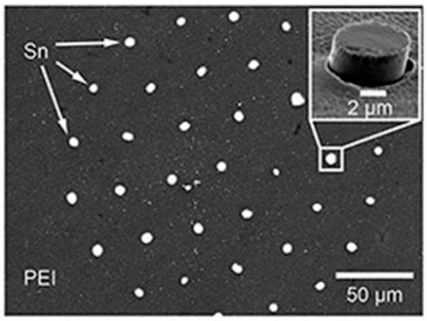
โดยเริ่มจากการเตรียมวัสดุรูปทรงเริ่มต้นขนาดใหญ่ให้มีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ
และการจัดเรียงส่วนประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวตามต้องการ
โดยวัสดุรูปทรงเริ่มต้นนี้อาจจะมีขนาดใหญ่ได้ในระดับของนิ้ว ซึ่งทำให้มีความสะดวกต่อการเตรียม
จากนั้นให้ความร้อนจนมีลักษณะอ่อนตัวแล้วจึงทำการรีดด้วยแรงดึงให้มีขนาดที่เล็กลงโดยยังคงรักษาการจัดเรียงส่วนประกอบต่าง ๆ ไว้เช่นเดิม
ซึ่งการลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุเริ่มต้นในแต่ละครั้งที่ผ่านกระบวนการนั้นอยู่ที่ประมาณ 200 เท่า
โดยสามารถที่จะนำวัสดุผ่านกระบวนการรีดได้หลายครั้งขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสุดท้ายที่ต้องการ ซึ่งพบว่าสามารถทำได้สูงสุดถึงล้านเท่าจนอยู่ในระดับไมโครเมตร
ทั้งนี้พอลิเมอร์ที่เลือกใช้งานจะต้องมีอุณหภูมิคล้ายแก้ว อุณหภูมิหลอมเหลว
และความหนืดหลอมที่ใกล้เคียงกัน โดยพอลิเมอร์ที่เลือกใช้งานวิจัยนี้ได้แก่
พอลิคาร์บอเนตและโคพอลิเมอร์ของไซคลิกโอเลฟินส์ สำหรับใช้เป็นส่วนของการนำแสง
และคาร์บอนโด้ปพอลิเอทิลีนสำหรับใช้เป็นส่วนของอิเล็กโทรด
ซึ่งรูปแบบการจัดเรียงของส่วนประกอบต่าง ๆ
ในเส้นใยพอลิเมอร์นี้สามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามความต้องการในการใช้งาน ตัวอย่างเช่น
สามารถผลิตให้หัววัดชิ้นเดียวทำงานได้หลากหลายหน้าที่ทั้งการกระตุ้น การวัด และการปลดปล่อยยา
โดยประกอบไปด้วยส่วนของการนำแสง ท่อกลวงสำหรับนำส่งยา
และอิเล็กโทรดสำหรับการนำส่งสัญญาณไฟฟ้า เป็นต้น
ซึ่งจะส่งผลให้การศึกษาหรือวินิจฉัยหรือแม้แต่การรักษาเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง
หรือใช้ในการผลิตอิเล็กโทรดแบบพอลิเมอร์คอมโพสิตขนาดเล็กที่ประกอบไปด้วยอิเล็กโทรดจำนวนมาก
ในเนื้อพอลิเมอร์สำหรับการบันทึกสัญญาณของเซลล์ประสาท เป็นต้น



ภาพแสดงกระบวนการดึงยืดด้วยความร้อนที่ใช้ในการผลิตเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงขนาดจิ๋วจากวัสดุรูปทรงเริ่มต้นขนาดใหญ่ที่ภายในประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ สำหรับการทำหน้าที่ที่แตกต่างกัน[3-4]



ภาพแสดงตัวอย่างการศึกษาการทำงานของเส้นใยพอลิเมอร์หลากหลายหน้าที่ทั้งกระตุ้น ตรวจวัด และนำส่งยา
โดยการฝังในหนูทดลองแล้วทำการกระตุ้นเซลล์ประสาทด้วยแสงสีฟ้าและตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (ภาพบน) จากนั้นทำการปลดปล่อยยา และตรวจสัญญาณไฟฟ้าที่ลดลงอันเป็นผลจากยาที่ให้ (ภาพกลาง) และวัดสัญญาณไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นใหม่ภายหลังจากยาหมดฤทธิ์
ซึ่งทั้งหมดนี้ทำโดยเส้นใยพอลิเมอร์ที่พัฒนาขึ้น[5]



ภาพแสดงการกระจายตัวของอิเล็กโทรดขนาดเล็กในเนื้อพอลิอีเทอร์อีไมด์สำหรับการบันทึกสัญญาณของเซลล์ประสาท[3]

จากการศึกษาความเข้ากันได้ทางชีวภาพโดยการทดสอบกับเซลล์และเนื้อเยื่อประสาท พบว่าเส้นใยพอลิเมอร์นี้ก่อให้เกิดปฏิกิริยาต่อต้านสิ่งแปลกปลอมของร่างกายเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นแนวโน้มว่าจะสามารถใช้งานเส้นใยพอลิเมอร์ที่พัฒนาขึ้นนี้ในการศึกษาทางสรีรวิทยาทางไฟฟ้าแบบระยะยาวได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายของเนื้อเยื่อโดยรอบของอวัยวะต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น สมอง ไขสันหลัง และระบบประสาทส่วนปลาย
หรือใช้ในการเพิ่มความสามารถในการตรวจวัดทางกลหรือทางเคมีของระบบประสาทในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. https://www.imtek.de/laboratories/materials_processing/research/neural
2. http://www.scienceandtechnologyresearchnews.com/imec-ku-leuven-and-nerf-combine-electronics-and-photonics-in-neural-probes/
3. http://spie.org/newsroom/technical-articles/6102-optoelectronic-fibers-interrogate-brain-function?pf=true&ArticleID=x116002
4. http://news.mit.edu/2015/fibers-deliver-simultaneous-stimuli-0119
5. A. Canales, X. Jia, U. P. Froriep, R. A. Koppes, C. M. Tringides, J. Selvidge, C. Lu, C. Hou, L. Wei, Y. Fink and P. Anikeeva (2015) Nature Biotechnology, 33, pp. 277.