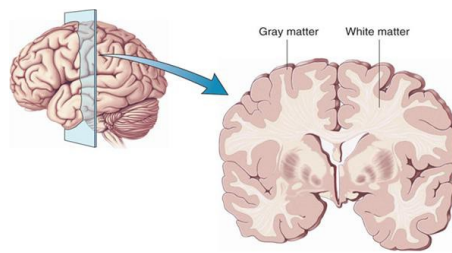


เนื้อเยื่อสมองจำลองแบบสององค์ประกอบ

ดร.จันทมัย สุวรรณประทีป

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

สมองถือได้ว่าเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญต่อมนุษย์เนื่องจากทำหน้าที่ในการควบคุมและสั่งการการเคลื่อนไหว พฤติกรรม และรักษาสสมดุลภายในร่างกาย โดยหลักแล้วเนื้อเยื่อสมองนั้นประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ สมองเนื้อสีเทา (grey or gray matter) และสมองเนื้อสีขาว (white matter) โดยสมองเนื้อสีเทาเป็นเนื้อเยื่อสมองที่อยู่ส่วนด้านนอก ประกอบด้วยเซลล์ประสาท (neuron), เดนไดรต์, แอกซอน, เซลล์ค้ำจุนระบบประสาท (glial cells) และหลอดเลือดฝอย มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ และการให้ความรู้สึก ทั้งประสาทสัมผัส ความคิด ความจำ การเห็น การพูด และการได้ยิน ในขณะที่สมองเนื้อสีขาวเป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ด้านใน เป็นเนื้อเยื่อที่ไม่มีเซลล์ประสาท มีแต่เซลล์ค้ำจุนระบบประสาท และแอกซอน โดยทำหน้าที่หลักในการช่วยส่งสัญญาณ/กระแสประสาทที่ออกจากเซลล์ประสาทในบริเวณของสมองเนื้อสีเทา ซึ่งเนื้อเยื่อสมองทั้ง 2 ส่วนจะต้องทำงานสัมพันธ์กัน เพื่อให้การทำงานของสมองโดยรวมเป็นไปอย่างราบรื่น

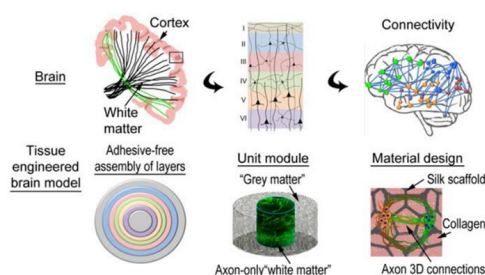


ภาพแสดงองค์ประกอบของสมองที่ประกอบไปด้วยสมองเนื้อสีเทา (grey or gray matter) และสมองเนื้อสีขาว (white matter)^[1]

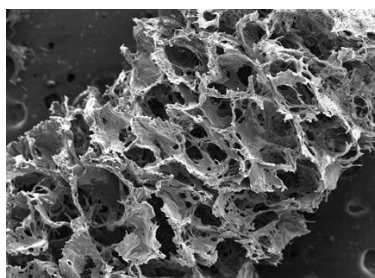
การพัฒนาเพื่อเลียนแบบเนื้อเยื่อสมองนั้นถือได้ว่าเป็นความท้าทายและยากลำบาก เนื่องจากเนื้อเยื่อสมองนั้นจะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีปริมาณของเซลล์ต่าง ๆ ในแต่ละตำแหน่งของสมองที่แตกต่างกันและมีความเฉพาะต่อบริเวณ อย่างไรก็ตาม มีความพยายามจากทีมนักวิทยาศาสตร์จากที่ต่าง ๆ ในการวิจัยและพัฒนาเนื้อเยื่อสมองเทียมด้วยวัสดุและเทคนิคที่หลากหลาย โดยหวังว่าจะสามารถพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้งานในการรักษาหรือวินิจฉัยโรคทางสมองได้ เมื่อไม่นานมานี้ทีมนักวิทยาศาสตร์จากประเทศสหรัฐอเมริกาได้เปิดเผยถึงความสำเร็จของเทคนิคการสร้างเนื้อเยื่อสมองจำลอง 3 มิติที่มีโครงสร้างและการทำงานใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อสมองของหนูในธรรมชาติขึ้น โดยทีมนักวิจัยสามารถรักษาให้เนื้อเยื่อดังกล่าวมีชีวิตและทำงานในห้องปฏิบัติการได้นานมากกว่า 2 เดือน

โครงสร้างของเนื้อเยื่อสมองจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อสมองในธรรมชาติ โดยจะมีลักษณะเป็นโครงสร้าง 2 ส่วนที่มีลักษณะที่ต่างกันแต่เชื่อมต่อกันคือ ประกอบไปด้วยส่วนที่มีลักษณะเป็น

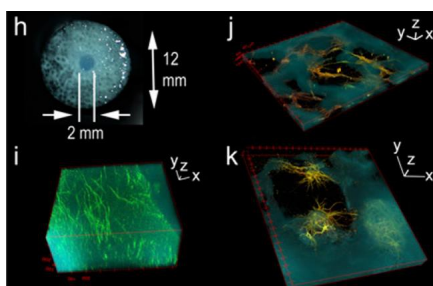
โครงสร้างรูปทูน 3 มิติทางด้านนอกที่ผลิตขึ้นจากโปรตีนไหมเพื่อเลียนแบบส่วนของสมองเนื้อสีเทา และส่วนของเจลคอลลาเจนนิ่มตรงกลางเพื่อเลียนแบบส่วนของสมองเนื้อสีขาว โดยส่วนของเจลคอลลาเจนนี้ยังมีการแทรกซึมผ่านเข้าไปในรูปทูนของโครงสร้างรูปทูน 3 มิติทางด้านนอกอีกด้วย ซึ่งภายหลังจากเพาะเลี้ยงเซลล์ประสาทที่ได้จากหนูทดลองลงบนโครงสร้างเนื้อเยื่อสมองจำลองพบว่า เซลล์ประสาทสามารถเจริญได้ในโครงสร้างรูปทูนทางด้านนอก เกิดเป็นโครงร่างเชื่อมต่อกันจำนวนมาก ในขณะที่บริเวณส่วนที่เป็นเจลคอลลาเจนตรงกลางนั้นจะมีการเจริญเข้ามาของแอกซอนเป็นส่วนใหญ่โดยปราศจากเซลล์ประสาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าโครงสร้างเนื้อเยื่อสมองจำลองที่ได้มีลักษณะคล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อสมองในธรรมชาติ



ภาพแสดงโครงสร้างของสมองในธรรมชาติและโครงสร้างของเนื้อเยื่อสมองจำลองที่พัฒนาขึ้น^[2]

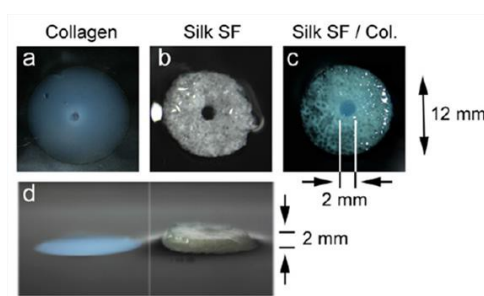


ลักษณะโครงสร้างรูปทูน 3 มิติทางด้านนอกของเนื้อเยื่อสมองจำลองที่ผลิตขึ้นจากโปรตีนไหมสำหรับรองรับการเจริญของเซลล์ประสาท โดยมีขนาดของรูปทูนเฉลี่ยประมาณ 500 ไมครอน^[4]

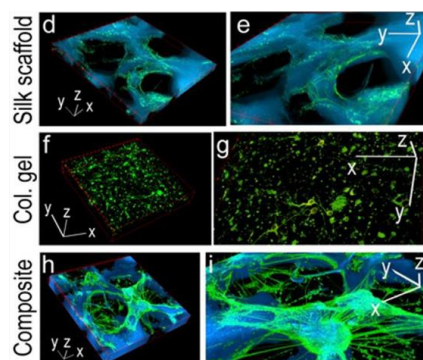


โครงสร้างของเนื้อเยื่อสมองจำลองภายหลังจากเพาะเลี้ยงเซลล์ประสาท ซึ่งจะพบว่าส่วนของเจลคอลลาเจนบริเวณตรงกลางนั้นจะประกอบไปด้วยการเจริญของแอกซอน (ภาพ i) ในขณะที่ส่วนของโครงสร้างรูปทูนนั้นจะมีการเจริญของเซลล์ประสาทจำนวนมากและเชื่อมโยงกันบนพื้นผิวของรูปทูน (ภาพ j) และมีการเจริญของแอกซอนออกมาสู่ส่วนของเจลคอลลาเจนที่อยู่ภายในรูปทูนของโครงสร้างเนื้อเยื่อจำลองด้านนอกอีกด้วย^[2]

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการรองรับการเจริญเติบโตของเซลล์ประสาทระหว่างการใช้เจลคอลลาเจนเพียงอย่างเดียว การใช้โครงสร้างรูพรุน 3 มิติอย่างเดียว และการใช้ส่วนประกอบระหว่างโครงสร้างรูพรุน 3 มิติและเจลคอลลาเจนซึ่งเป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อสมองเทียมจำลองที่พัฒนาขึ้น จะพบว่าเซลล์ประสาทจะเจริญอยู่บนพื้นผิวของโครงสร้างรูพรุน 3 มิติ และมีการเจริญของแอกซอนที่จำกัดในบริเวณพื้นผิวใกล้เคียงในลักษณะ 2 มิติเท่านั้น ในขณะที่เซลล์ประสาทที่เจริญในเจลคอลลาเจนนั้นจะกระจายตัวอยู่อย่างเดี่ยว ๆ และไม่สามารถเชื่อมโยงเข้าด้วยกันได้ ในทางตรงข้ามเซลล์ประสาทที่เจริญบนโครงสร้างผสมของเนื้อเยื่อสมองจำลองจะสามารถรองรับและสนับสนุนการเจริญของเซลล์ประสาทและแอกซอน และการเชื่อมต่อกันใน 3 มิติผ่านทางเจลคอลลาเจนในรูพรุนอีกด้วย ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวจะช่วยในการส่งสัญญาณประสาทเพื่อสื่อสารระหว่างเซลล์ประสาทได้ จากการวิเคราะห์พบว่า เซลล์ในโครงสร้างเนื้อเยื่อสมองจำลองจะมีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญและการทำงานของเซลล์ประสาทที่สูงกว่า และมีการกิจกรรมทางเมตาบอลิซึมที่คงที่ตลอดระยะเวลา 5 สัปดาห์ ในขณะที่เซลล์ที่เพาะเลี้ยงในเจลคอลลาเจนจะมีกิจกรรมที่ลดลงภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงเท่านั้น นอกจากนี้เซลล์ประสาทในเนื้อเยื่อสมองจำลองยังแสดงสัญญาณทางไฟฟ้าและการตอบสนองที่คล้ายคลึงกับสัญญาณประสาทที่เห็นได้ในสมองในธรรมชาติ เมื่อนำเนื้อเยื่อจำลองไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าและกิจกรรมทางเคมีของเซลล์ประสาทเมื่อได้รับการบาดเจ็บ พบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีลักษณะใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อสมองของสัตว์ทดลองเกิดการบาดเจ็บ



ภาพเปรียบเทียบโครงสร้างของเจลคอลลาเจน, โครงสร้างรูพรุน 3 มิติที่ผลิตจากโปรตีนไหม และโครงสร้างเนื้อเยื่อสมองเทียมที่ผลิตขึ้นจากการใส่เจลคอลลาเจนลงในบริเวณช่องตรงกลางและให้แทรกซึมไปทั่วรูพรุนของโครงสร้างรูพรุน 3 มิติ^[2]



ภาพฟลูออเรสเซนซ์แสดงการเจริญของเซลล์ประสาทในโครงสร้างรูพรุน 3 มิติอย่างเดียว (ภาพ d, e) การใช้เจลคอลลาเจนเพียงอย่างเดียว (ภาพ f, g) และการใช้ส่วนประกอบระหว่างโครงสร้างรูพรุน 3 มิติและเจลคอลลาเจนซึ่งเป็นโครงสร้างของเนื้อเยื่อสมองเทียมจำลอง (ภาพ h, i)^[2]

การพัฒนาเนื้อเยื่อสมองจำลองที่มีโครงสร้างและการทำงานคล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อสมองในธรรมชาตินี้ ถือได้ว่าเป็นก้าวแรกที่สำคัญซึ่งเปิดโอกาสและความเป็นไปได้ในการที่จะศึกษาเนื้อเยื่อจำลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อในธรรมชาติจากสภาวะการบาดเจ็บต่าง ๆ ซึ่งจะมีข้อได้เปรียบคือ สามารถลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจากการศึกษาและเตรียมชิ้นงานของสัตว์ทดลองได้ ซึ่งคงจะต้องมีการพัฒนาต่อไปเพื่อให้เนื้อเยื่อจำลองดังกล่าวมีการทำงานที่ใกล้เคียงกับเนื้อเยื่อสมองในธรรมชาติมากขึ้น เพื่อให้การนำไปใช้งานมีความถูกต้องมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. <http://multiple-sclerosis-research.blogspot.com/2015/01/education-whats-mri.html>
2. Min D. Tang-Schomera, James D. Whitea, Lee W. Tiena, L. Ian Schmittb, Thomas M. Valentina, Daniel J. Grazianoa, Amy M. Hopkinsa, Fiorenzo G. Omenetto^{a,c}, Philip G. Haydon^b, and David L. Kaplan^a (2014) PNAS, 111(38), pp. 13811-13816.
3. <http://www.nibib.nih.gov/news-events/newsroom/bioengineers-create-functional-3d-brain-tissue>
4. <http://www.materialstoday.com/biomaterials/news/functional-3d-brainlike-materials/>