



วิศวกรรมเนื้อเยื่อมนุษย์เพื่อมนุษย์ : รูปแบบใหม่ของการสร้างหลอดเลือด

อานนท์ บุณยะรัตเวช

ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ราชบัณฑิตยสถาน

ประดิษฐกรรมใหม่ที่มนุษย์กำลังทำอยู่ขณะนี้คือประดิษฐกรรมเนื้อเยื่อ. ประดิษฐกรรมเนื้อเยื่อมีศักยภาพที่จะใช้แก้ปัญหาการขาดแคลนเนื้อเยื่ออวัยวะของมนุษย์ที่ต้องรอการบริจาคจากผู้ให้. ในอนาคต อวัยวะหรือเนื้อเยื่อของมนุษย์ที่ถูกทำลายเสียหายหรือที่มีพยาธิสภาพ จะถูกสร้างทดแทนขึ้นมาได้ในห้องปฏิบัติการ. ประเทศสหรัฐอเมริกา กำลังวิจัยสร้างหัวใจมนุษย์ไว้ทดแทนหัวใจมนุษย์ที่หมดสภาพ โดยตั้งเป้าไว้ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมผลิตหัวใจภายใน พ.ศ. ๒๕๕๓. ไม่เพียงแต่หัวใจเท่านั้น, มนุษย์เรากำลังดำเนินการผลิตเนื้อเยื่ออื่น อาทิ เนื้อเยื่ออ่อน กระดูก กระดูกอ่อน ลิ้นหัวใจ เนื้อเยื่อประสาท ตับ ตับอ่อน. งานวิจัยด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อในประเทศไทยชิ้นแรกคือ การสร้างหลอดเลือด. ขณะนี้ได้มีการเพาะเลี้ยงเซลล์หลอดเลือด และเซลล์กล้ามเนื้อเรียบในห้องปฏิบัติการ. เซลล์เหล่านี้ถูกกระตุ้นให้แบ่งตัวเพิ่มจำนวนเป็นปริมาณมากเพื่อนำมาประกอบเข้าด้วยกันกับโครงร่างที่ทำให้เซลล์เกาะในรูปทรงหลอดเลือด. เมื่อทำสำเร็จหลอดเลือดนี้จะนำไปใช้ในการแพทย์ได้ เช่น การแก้ปัญหาหลอดเลือดหัวใจ. การใช้ศาสตร์วิศวกรรมเนื้อเยื่อร่วมกับความรู้เรื่องเซลล์ต้นกำเนิดจะถูกนำมาใช้ประโยชน์. เซลล์ต้นกำเนิดที่ใช้อาจเป็นชนิดเซลล์ต้นกำเนิดระยะอ่อนแรกสุด หรือเป็นเซลล์ต้นกำเนิดระยะที่พบได้ในผู้ใหญ่. ขณะนี้ผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกเซลล์ต้นกำเนิดที่พบในผู้ใหญ่ได้ โดยไม่ต้องใช้เซลล์ต้นกำเนิดในระยะแรกสุด จากวิธีการโคลนนิ่งเซลล์, แล้วนำเซลล์ที่แยกได้มากกระตุ้นให้เป็นเซลล์บุหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ. เซลล์ทั้ง ๒ ชนิดนี้จะถูกเลี้ยงในห้องปฏิบัติการประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้ศาสตร์ของวิศวกรรมเนื้อเยื่อเพื่อสร้างหลอดเลือดสำหรับการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับหลอดเลือดต่อไป. วิศวกรรมกรรมเนื้อเยื่อจึงเป็นงานท้าทายที่มนุษย์ทำขึ้นเพื่อมนุษยชาติ.

คำสำคัญ : หลอดเลือด, เซลล์ต้นกำเนิด, วิศวกรรมเนื้อเยื่อ

การแก้ไขปัญหาระบบโรคภัยไข้เจ็บ และการเสื่อมสภาพของมนุษย์กำลังก้าวเข้ามาถึงยุคใหม่ของวงการแพทย์แล้ว. ศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงเซลล์ที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูง ร่วมกับองค์ความรู้ทางวิทยาการแนวใหม่ทำให้เกิดศักยภาพใหม่ขึ้นมา. มนุษย์กำลังจะสร้างและผลิตเนื้อเยื่อและอวัยวะโดยเลียนแบบให้ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด เพื่อนำมาใช้ทดแทนส่วนที่ขาดหายไป หรือที่เสื่อมสภาพใช้การไม่ได้. มนุษย์กำลังหาหนทางเพิ่มอายุขัยของตนเองโดยการสร้างเนื้อเยื่อและอวัยวะโดยฝีมือนักวิทยาศาสตร์, ซึ่งเป็นประดิษฐกรรมมหัศจรรย์ที่ไม่เคยมีมาก่อนในมนุษยชาติ. ประดิษฐกรรมนี้ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเพื่อนมนุษย์ด้วยกันเอง.

ปัจจุบันแห่งซีกโลกตะวันตก

Michal Gillian นักวิเคราะห์ข่าว
ด้านวิทยาศาสตร์ สำนักข่าว ABC



รูปที่ ๑

กระบวนการผลิตแผ่นเซลล์ผิวหนังในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปใช้ในการรักษาโรคที่สูญเสียผิวหนัง เช่น บาดแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก

ได้พูดในรายการอรุณสวัสดิ์อเมริกา เมื่อวันที่ ๒๘ กันยายน ๒๕๕๒ ว่า “หากในกาลข้างหน้าอันไกลโพ้นจากนี้ไป มนุษย์ ณ กาลเวลานั้นมองประวัติศาสตร์ย้อนหลังกลับมาดูวิวัฒนาการของมนุษยชาติในช่วงศตวรรษที่ ๒๐-๒๑ ก็จะเห็นความสำเร็จทางวิทยาศาสตร์อันยิ่งใหญ่ของมนุษย์ในยุคนั้น. ความสำเร็จนั้นไม่ใช่การค้นพบพลังงานนิวเคลียร์ ไม่ใช่การผลิตยารักษาโรค หรือไม่ใช่แม้แต่การท่องอวกาศ แต่เป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ใน ๒ ประเด็น คือ

วิศวกรรมเนื้อเยื่อและอวัยวะของมนุษย์ (tissue engineering), และเวชศาสตร์พันธุกรรม (genetic medicine). มนุษย์ในอนาคตกำลังอุ้งใจกับการมีชีวิตอยู่ที่เพียบพร้อมด้วยเทคโนโลยีที่สามารถช่วยให้เปลี่ยนอวัยวะได้เมื่อเกิดความเสื่อม หรือมีพยาธิสภาพได้ และสามารถคัดสรรพันธุกรรมที่ปราศจากโรครมาเอื้อประโยชน์ให้กับบุคคลผู้มีปัญหา. การค้นพบและประดิษฐ์กรรมอันยิ่งใหญ่ของมนุษย์นี้ทำให้พวกเขาอยู่อย่างเป็นสุข และรู้สึกขอบคุณบรรพบุรุษที่สามารถสร้าง

สรรควิทยาการนี้ขึ้นมาในมนุษยชาติได้. เหมือนกับที่มนุษย์ในยุคปัจจุบันขอบคุณเอ็ดวาร์ด เจนเนอร์ ที่ค้นพบวิธีการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้คนในยุคไม่ต้องตายด้วยโรคฝีดาษระบาดที่คร่าชีวิตมนุษย์ในยุคนั้นจำนวนมาก”.

อดีตแห่งซีกโลกตะวันออก

สมัยผู้เขียนยังเป็นเด็ก เคยได้ฟังจากผู้ใหญ่ท่านแล้วว่า ในกาลข้างหน้าที่ยาวไกล จะมีพระพุทธเจ้าองค์ใหม่ซึ่งมีพระนามว่า พระศรีอารยเมตตรัย. ยุคนั้นจะเจริญรุ่งเรืองมาก บ้านปลูกติดกันหนาแน่น. หลังคาชนกันจนไต่บินขึ้นฟ้าไม่ได้. ผู้คนยุคนั้นจะมีร่างกายลักษณะงดงาม. ทุกคนมีอายุยืนยาวนานและที่สำคัญคือจะมีหน้าตา รูปร่างเหมือนกัน. แต่ละบ้านมีความเป็นอยู่ดีสุขสบาย. อาหารการกินมีมากมายเพียงพอ. ต้นมะเขือที่ปลูกไว้ที่บ้านมีขนาดสูงใหญ่จนต้องใช้ไม้สอยผลมะเขือ. (ผู้ที่ไม่เคยเห็นต้นมะเขือ โปรดทราบว่าต้นมะเขือมีขนาดเล็ก สูงไม่มาก เราสามารถเก็บผลได้เลยไม่ต้องใช้ไม้สอย). ผู้เขียนได้ฟังเรื่องราวนี้ก็ไม่ใส่ใจอะไรมาก เห็นเป็นเรื่องสนุก แต่ก็มีได้คัดค้าน. ผู้เขียนมีจิตเปิดรับอยู่เสมอถึงเรื่องที่ยังไม่เข้าใจ, เคยคิดอยู่เสมอว่าเรื่อง “เป็นไปได้” ก็อาจ “เป็นไปได้”. คำว่า “เป็นไปได้” ในบางครั้งเป็นคำพูดที่ปิดกั้นไม่ให้เราคิด พุด หรือทำต่อ จึงเป็นอันตรายต่อนักวิจัย และนักวิทยาศาสตร์อย่างยิ่ง. เราควรเฉยไว้กับเรื่องที่ตนเองยังไม่เข้าใจก่อนที่



จะสรุปไปเลยว่า “เป็นไปได้”.

เมื่อผู้เขียนโตขึ้นจนถึงปัจจุบัน ก็ได้พบเรื่องราวความจริงต่างๆ มากขึ้น. ความรู้ทางวิทยาการก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว มนุษย์รู้จักวิวัฒนาการของสรรพสัตว์ และค้นพบสิ่งใหม่ๆ พัฒนาเทคโนโลยีอันมหัศจรรย์. เรื่องลึกลับที่มนุษย์ไม่เคยรู้มาก่อนก็เริ่มเข้าใจมากขึ้น. มนุษย์กำลังจัดการกับสิ่งเล็กๆ ที่มองไม่เห็นด้วยเทคโนโลยี, แล้วทำให้สิ่งเล็กๆ เหล่านั้นกลายเป็นตัวเป็นตนขึ้นมาด้วยวิธีการอันลึกลับ เช่น การรู้รหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต, การตัดแต่งตัดแปลงพันธุกรรมพืชและสัตว์ (GMO) ก่อให้เกิดพืชและสัตว์พันธุ์ใหม่. เทคนิคนี้เป็นตัวอย่างหนึ่งที่มนุษย์กำลังนำมาใช้กับการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมของพืช. เป็นไปได้ไหมที่มนุษย์ในยุคพระศรีอารยเมตตรัยมีความเจริญกว่าลักรว่ามนุษย์ในปัจจุบันมากมายหลายเท่า. เทคโนโลยีที่มนุษย์สมัยนี้กำลังเริ่มค้นคิดเป็นความรู้เพียงเศษเสี้ยว. มนุษย์ยุคนี้ยังมีสติปัญญาอันล้ำเลิศที่จัดการผ่าพันธุ์ตนเองให้เป็นผ่าพันธุ์ที่เจริญยั่งยืนไปนานและดีที่สุด. ไม่เพียงแต่ร่างกาย ยังรวมถึงจิตใจด้วยที่สามารถพัฒนาสู่ความหลุดพ้นจากห้วงวัฏสงสาร. ก่อนที่จะไปสู่สมมุติฐานคนในยุคพระศรีอารยเมตตรัยว่าเป็นอย่างไร, กลับมาพิจารณาวิทยาการยุคปัจจุบันนี้ว่า “พัฒนาถึงไหน และมีแนวโน้มจะเป็นอย่างไร”. เมื่อรู้แล้ว, ก็คงจะมองไปข้างหน้า มีวิสัยทัศน์ที่กว้างไกลต่อไป ว่าวิทยาการอย่างนี้มีแนวโน้มที่ควรจะพัฒนาอย่างไร.

ฉากแห่งชีวิตที่เป็นจริงจุดตั้งจินตนาการ

เช้าวันหนึ่งใน “ห้องแล็บ” หรือในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย นครซานฟรานซิสโก, ขณะที่นักวิทยาศาสตร์เข้ามาดูงานแก้วเพาะเลี้ยงเซลล์ สังเกตความเจริญเติบโต และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ที่เพาะเลี้ยงนั้น. เมื่อเขาหยิบขวดแก้วที่เลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่เพาะเลี้ยงในตู้บอดอนอุณหภูมิ ๓๗ องศาเซลเซียส และปรับบรรยากาศไว้พอเหมาะมาตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจที่เพาะเลี้ยงไว้มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อวานที่จับเป็นกลุ่มก้อน. เป็นที่น่าอัศจรรย์ยิ่งเมื่อเห็นกลุ่มก้อนเซลล์เหล่านั้นเด่นกระตุกเป็นจังหวะ ผิดจากเมื่อวานที่อยู่นิ่งสงบเฉย. การค้นพบกลุ่มเซลล์ที่เด่นเป็นจังหวะเหมือนกับหัวใจทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกา ประกาศทำหายธรรมชาติขึ้นมาทันทีว่าภายในสิบปีนับจากนี้ไป สหรัฐอเมริกาจะสร้างหัวใจมนุษย์ได้. เหมือนกับเมื่อช่วงต้นปี ๑๙๖๐ ประธานาธิบดีเคนเนดีได้ประกาศว่าก่อนสิ้นทศวรรษ (๑๐ ปี) คือไม่เกิน ๑๙๗๐ สหรัฐอเมริกาจะส่งคนไปเหยียบดวงจันทร์ให้จงได้. ในปี ๑๙๖๙ สหรัฐอเมริกาก็ส่งนีล อาร์มสตรอง ไปเหยียบดวงจันทร์ได้สำเร็จ. การประกาศต้นปี ๒๐๐๐ ว่าภายใน ๑๐ ปี จะสร้างหัวใจคนขึ้นมาให้ได้ภายในปี ๒๐๑๐ นั้น ไม่ใช่เรื่องที่ประกาศแบบเลื่อนลอย, สหรัฐอเมริกาประกาศแบบจริงจัง โดยจะทุ่มเงินวิจัยและพัฒนาวิทยาการด้านนี้

เป็นเงินมากกว่า ๕,๐๐๐ ล้านดอลลาร์สหรัฐ. การที่ประเทศสหรัฐอเมริกาทุ่มเงินจำนวนมหาศาลนี้ เพราะได้มองเห็น “ความเป็นไปได้” และ “ความคุ้มค่า”.

ความเป็นไปได้ คือการที่สามารถเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจจนจับกลุ่มก้อนและเด่นเป็นจังหวะได้. เขาตระหนักดีว่าวิชาการเรื่องเซลล์ได้พัฒนาไปมาก, มีความเข้าใจศาสตร์ความรู้ใหม่ และมีเทคโนโลยีที่สามารถเข้าไปถึงการควบคุมกลไกการทำงานของเซลล์ได้.

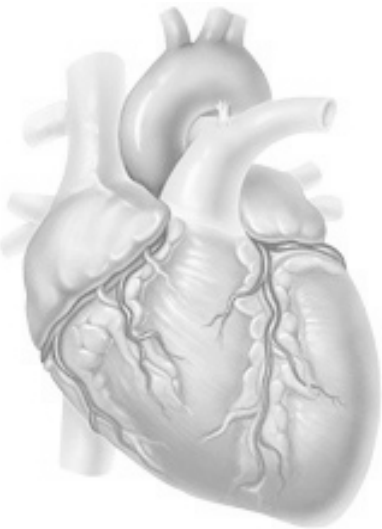
ความคุ้มค่า คือ

(๑) ชาวอเมริกัน (และประชากรโลกทั่วไป) เสียชีวิตด้วยโรคหัวใจในอัตราสูง. สหรัฐอเมริกาเสียเงินไปกับการดูแลรักษาชาวอเมริกันที่ป่วยเป็นโรคหัวใจเป็นจำนวนมหาศาล และสูญเสียทรัพยากรบุคคลในวัยที่มีความสามารถไปจำนวนมาก. การสร้างอวัยวะหัวใจได้จึงจะเป็นหนทางที่มีโอกาสสูงในการแก้ไขปัญหานี้.

(๒) เมื่อสามารถสร้างหัวใจได้, สหรัฐอเมริกาจะสามารถสร้างรายได้ให้ประเทศอย่างมาก เพราะสามารถทำหัวใจใส่กล่อง (กล่องหัวใจ) ขายเป็นสินค้าส่งออกได้. วิธีการนี้จะสร้างรายได้เข้าประเทศได้อย่างมหาศาลเกินเงินที่ลงทุนอย่างแน่นอน.

“กล่องดวงใจ”

หลายท่านคงเคยอ่านนวนิยายทั้งไทย และเทศ เรื่องการถอดดวงใจออกจากตัวไปใส่ไว้ในกล่อง แล้วนำไปเก็บไว้ในที่มืดสนิทที่ไม่มีผู้ใดรู้นอกจาก



รูปที่ ๒

ลักษณะโครงสร้างอวัยวะหัวใจ กล้ามเนื้อหัวใจมีหลอดเลือดมาเลี้ยงโดยทั่วไป. กระบวนการวิศวกรรมเนื้อเยื่อจะถูกนำมาใช้ในการสร้างหัวใจซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างหลอดเลือด

ตนเอง จึงไม่มีใครสามารถฆ่าให้ตายได้เพราะดวงใจอยู่ที่อื่น เช่นทศกัณฐ์หรือภาพยนตร์เรื่อง Dragon Heart ที่ฉายเมื่อประมาณ ๒ ปีที่แล้ว ไม่มีใครสามารถฆ่าเจ้ามังกรที่ซ่อนหัวใจไว้ที่อื่นได้. กล่องดวงใจจึงเป็นที่หวงแหนของเจ้าของยิ่งนัก ถ้าใครรู้ที่ซ่อนก็สามารถฆ่าเจ้าของกล่องดวงใจได้เพราะกล่องดวงใจมีเพียงกล่องเดียว.

กล่องดวงใจที่ขายได้

เป็นเรื่องที่เหลือเชื่อ ผู้เขียนไม่เคยคิดว่าจะเกิดขึ้นในลักษณะคล้ายคลึงกับเรื่องกล่องดวงใจในนวนิยาย ซึ่งแต่เดิมผู้เขียนคิดเพียงว่าเป็นเรื่องแต่งให้อ่านสนุกๆ. แต่พอมมาเป็นนักวิทยาศาสตร์ทำการวิจัยเรื่องเซลล์ที่พยายามเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

ให้เพิ่มปริมาณ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ ผู้เขียนจึงพบว่าวิชาการด้านการเลี้ยงเซลล์สามารถนำไปสู่การสร้างอวัยวะของมนุษย์ได้. หัวใจหรืออวัยวะจากเซลล์เพาะเลี้ยงขึ้นมาจะนำไปเปลี่ยนให้กับคนที่มีปัญหาได้โดยถอดอวัยวะที่เสื่อมสภาพออกไปแล้วใส่อันใหม่ที่สร้างขึ้นมาเข้าไปแทน. เรื่องการถอดดวงใจนั้นไม่จำเป็น การเปลี่ยนดวงใจต่างหากที่เป็นเรื่องที่เป็นไปได้และมีความสำคัญมากกว่า. ในอนาคต มนุษย์อาจเปลี่ยนหัวใจได้เรื่อยๆ มากกว่าหนึ่งดวง ซึ่งในนวนิยายว่ามีกล่องดวงใจเพียงกล่องเดียว. นวนิยายบอกว่าถ้ากล่องดวงใจถูกค้นพบและถูกทำลาย, เจ้าของดวงใจนั้นก็ต้องตายไป. วิทยาการแนวใหม่กำลังจะบอกเราว่าในอนาคตไม่ต้องซ่อนกล่องดวงใจอีกต่อไป ผู้ใดต้องการหัวใจมาเปลี่ยนทดแทนก็สามารถสั่งซื้อได้. วิทยาศาสตร์แนวใหม่จึงเยี่ยมยอดกว่านวนิยายเดิมเสียอีก.

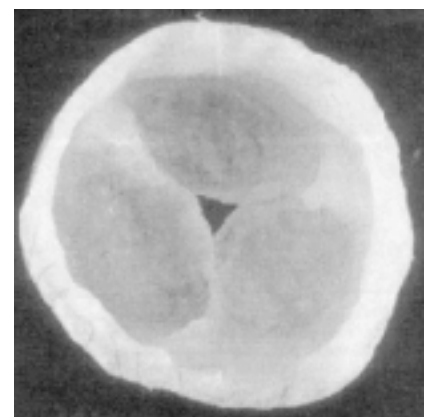
อุตสาหกรรมกล่องดวงใจ

ในอนาคตนักวิทยาศาสตร์จะใช้เทคโนโลยีเลี้ยงเซลล์ให้เป็นเนื้อเยื่อและจากเนื้อเยื่อจะเลี้ยงให้เป็นอวัยวะ. นักวิทยาศาสตร์ตั้งเป้าที่จะเลี้ยงเซลล์สร้างให้เป็นหัวใจและอาจจะผลิตเป็นอุตสาหกรรมสำหรับการผ่าตัดเปลี่ยนหัวใจให้คนที่มีปัญหาโรคหัวใจ. กล่องดวงใจ ๑ กล่อง จะขายในราคาประมาณ ๔-๖ ล้านบาท. การที่ประเทศสหรัฐอเมริกาลงทุนวิจัยเรื่องการสร้างหัวใจเป็นเงิน ๕,๐๐๐ ล้านดอลลาร์หรือประมาณ ๒๐๐,๐๐๐ ล้านบาท

นั้นหมายถึงถ้าทำประมาณ ๕๐,๐๐๐ กล่องก็จะคุ้มทุนที่ลงทุนไปแล้ว. แต่แน่นอนว่าเขาไม่ผลิตเพียง ๕๐,๐๐๐ กล่อง แต่จะผลิตเป็นหลายล้านกล่อง. ผู้ป่วยจำนวนหลายล้านคนที่หมดอายุตายอยากกับชีวิตในขณะนี้, กำลังรอผลสำเร็จของการผลิตกล่องดวงใจอยู่. การผลิตหลายล้านกล่องจึงเป็นอุตสาหกรรมผลิตหัวใจแน่นอนว่าการขายกล่องดวงใจต้องดีกว่าขายรถยนต์. เพราะถ้าไม่ซื้อรถยนต์ ก็ยังสามารถไปไหนมาไหนโดยรถเมล์หรือรถไฟฟ้าได้, ถ้าไม่ซื้อหัวใจก็ตายอย่างเดียวเป็นการบังคับซื้อเพื่อชีวิต.

ไม่ใช่กล่องดวงใจอย่างเดียว

มนุษย์มีใจเดียว แต่ไม่ใช่มีหัวใจอย่างเดียว แต่มีอวัยวะอื่นอีกมากมาย ได้แก่ ตับ ไต ปอด หลอดเลือด กระดูก และอื่นๆ. กล่องที่ผลิตออกมาจึงไม่ใช่กล่องดวงใจอย่างเดียว แต่ยังมีกล่องตับ กล่องไต กล่องปอด กล่องหลอดเลือด กล่องกระดูก และ



รูปที่ ๓

ประติมากรรมลิ้นหัวใจในห้องปฏิบัติการ ซึ่งอยู่ระหว่างการทดลอง



กล่องอื่นๆ อีกมากมาย. ผู้เขียนตั้งใจและตั้งเป้าว่าจะทำวิจัยเรื่องการสร้างหลอดเลือดก่อน. การวิจัยจะถึงขั้นผลิตให้เป็น “กล่อง” หรือไม่ ขึ้นอยู่กับกำลังทรัพย์ที่มีอยู่. นักวิทยาศาสตร์ไทยแม้ว่าใจจะถึง แต่เงินไม่ถึง ก็คงจะทำให้งานถึงในระดับที่ถึงได้ไว้ก่อน. การสร้างหลอดเลือดเป็นจุดเริ่มต้นที่ดี เพราะอวัยวะต่างๆ มีหลอดเลือดเป็นองค์ประกอบ. หากปราศจากหลอดเลือดที่เปรียบเสมือนเส้นทางลำเลียงขนส่งอาหารและสารจำเป็นให้กับเซลล์ต่างๆ ภายในอวัยวะอวัยวะนั้นก็ไม่สามารถคงสภาพอยู่ได้. หลอดเลือดจึงเป็นพื้นฐานที่ดีสำหรับวิชาการด้านนี้. นอกจากนี้ ถ้าเราสามารถสร้างและผลิตหลอดเลือดได้, ก็สามารถนำไปใช้รักษาโรคหลอดเลือดที่มีปัญหาเรื่องอุดตันได้. หลอดเลือดที่สร้างขึ้นใหม่ที่แข็งแรงและไม่อุดตัน เมื่อนำมาใส่แทนของเก่า ยังอาจช่วยรักษาโรคหัวใจที่มีปัญหาหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้ด้วย.

ทำหลอดเลือดได้อย่างไร

ผู้เขียนไม่ได้เขียนบทความเชิงจินตนาการ หรือเขียนนวนิยายวิทยาศาสตร์, แต่ผู้เขียนกำลังเสนอบทความวิชาการทางวิทยาศาสตร์ให้อ่านง่าย เพื่อให้ได้รับความเพลิดเพลิน พร้อมๆ ไปกับความรู้อันลึกซึ้งทางวิชาการ.

การสร้างหลอดเลือดไม่ใช่จินตนาการ เป็นเรื่องที่ทำได้ภายใน ๓ ปี ถ้าเงินทุนสนับสนุนการวิจัยเพียงพอ. จะทำได้อย่างไร ขออธิบาย ดังนี้.

หลอดเลือดมีโครงสร้างเป็นหลอด

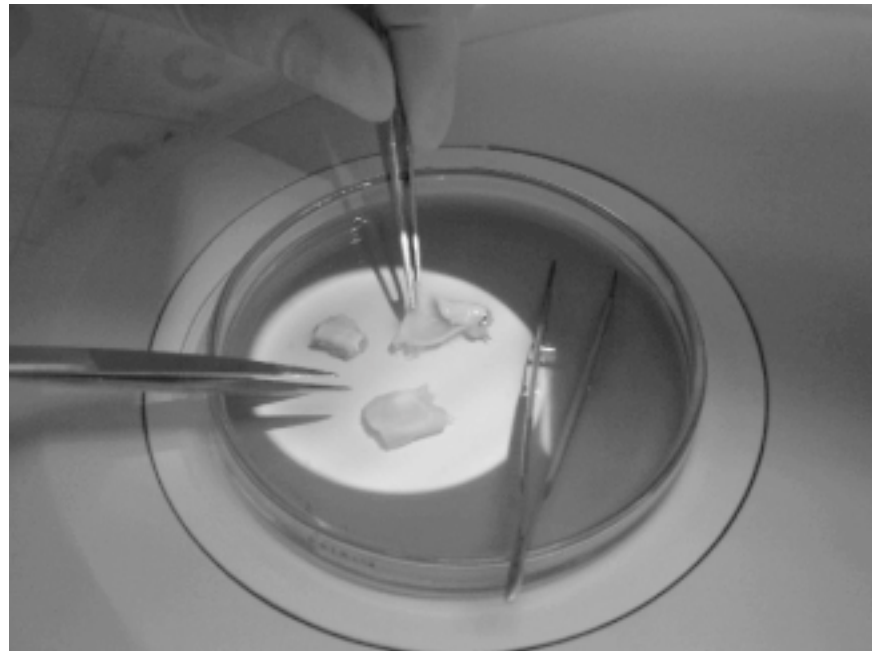
กลวงมีขนาดต่างๆ กัน. ในส่วนกลวงนี้ทำหน้าที่ให้เลือดไหลผ่านเปรียบได้กับเส้นลำนํ้า ที่เป็นแม่น้ำลำคลอง. หลอดเลือดมีการแตกแขนง เพื่อกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของอวัยวะ เช่นเดียวกับแม่น้ำที่แยกสาขาเป็นคูคลองและลำธารเล็กๆ. ปัญหาหลอดเลือดคือ “ตัน” กับ “เปราะบาง”. “ตัน” ทำให้ระบบขนส่งชะงักงันไปไม่ถึงจุดปลายทาง, ทำให้เซลล์ที่อยู่ปลายทางต้องตายเพราะขาดอาหารที่ส่งมาทางกระแสเลือด. “เปราะบาง” อาจทำให้หลอดเลือดแตก รั่ว, ทำให้เลือดไหลออกจากหลอดเลือด เกิดการสูญเสียเลือด และเกิดการคั่งของเลือดที่ทะลักล้นออกนอกหลอดเลือด. เลือดที่ทะลักออกมาจะแข็งเป็นก้อน. ก้อนเลือดอาจกดบริเวณอวัยวะนั้น

ทำให้การทำงานของอวัยวะนั้นถูกรบกวน. ความผิดปกตินี้อาจรุนแรงถึงเสียชีวิต, โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าหลอดเลือดแตกในสมอง เป็นต้น.

หลอดเลือดประกอบด้วยเซลล์สำคัญ ๒ ชนิด คือ

๑. เซลล์บุหลอดเลือดอยู่ชั้นใน
๒. เซลล์กล้ามเนื้อเรียบอยู่ชั้นรอบนอก.

การสร้างหลอดเลือดต้องทำจากการเพาะเลี้ยงเซลล์ทั้ง ๒ ชนิดนี้ให้ได้ก่อน. ห้องปฏิบัติการของผู้เขียนได้พัฒนาวิธีการเลี้ยงเซลล์บุหลอดเลือดมาเป็นเวลากว่า ๘ ปีแล้ว. โดยสามารถเลี้ยงเซลล์บุหลอดเลือดให้เพิ่มจำนวนมีปริมาณมาก และกระตุ้นให้แตกแขนงเรียงต่อกันได้แล้ว. ขั้นตอนต่อไป คือการเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ



รูปที่ ๔

กระบวนการเก็บเซลล์บุหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบจากหลอดเลือด

ซึ่งขณะนี้ได้พัฒนาการเลี้ยงอยู่. เมื่อเลี้ยงได้แล้ว ต้องนำเซลล์ทั้ง ๒ ชนิดนี้ไปเพาะเลี้ยงในเครื่องมือเลี้ยงเซลล์ชนิดพิเศษที่สามารถเลี้ยงเซลล์ปริมาณมากๆ ได้ เพื่อให้เซลล์เกาะกลุ่มกันได้. เซลล์กลุ่มนี้จะถูกนำไปเกาะอยู่บนแม่แบบที่สังเคราะห์จากสารพิเศษเป็นรูปหลอดเลือดกลวง. เมื่อเซลล์เกาะได้ดีแล้วก็ใส่ตัวปั๊มที่เหมือนหัวใจคอยอัดแรงดันเข้าหลอดเลือดที่สร้างขึ้นนั้นให้มีความแข็งแรง คงทน เพื่อนำไปใช้ได้ต่อไป.^{๑,๒} วิทยาการดังกล่าวนี้เป็นศาสตร์ใหม่ที่เรียกว่า วิศวกรรมเนื้อเยื่อ.

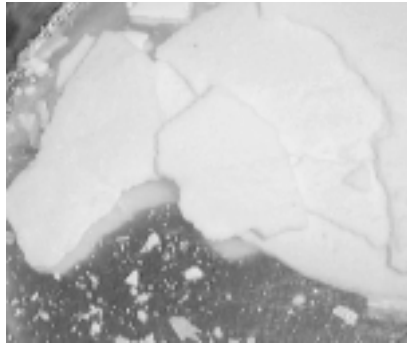


รูปที่ ๕

โครงร่างสังเคราะห์สำหรับให้เซลล์หลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบมาเกาะเพื่อทำเป็นหลอดเลือด

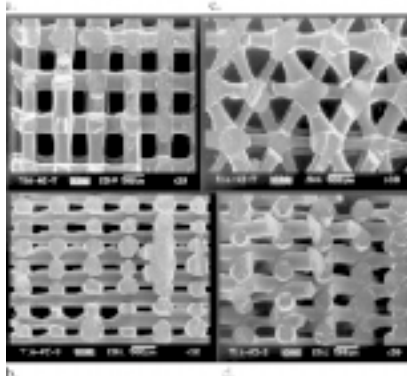
นิยามและความหมาย

ประดิษฐ์กรรมเนื้อเยื่อเป็นประดิษฐ์กรรมของมนุษย์ที่พยายามใช้กรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์สร้างเนื้อเยื่อ



รูปที่ ๖

สารพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ทำโครงร่างสังเคราะห์



รูปที่ ๗

โครงร่างสังเคราะห์ที่ติดด้วยกาสองจุลทวารคือนิวส์เล็ทวอน แสดงรูปแบบต่างๆ



รูปที่ ๘

อุปกรณ์ที่ออกแบบพิเศษสำหรับเลี้ยงเซลล์ร่วมกับโครงร่างสังเคราะห์ เพื่อสร้างหลอดเลือด

หรืออวัยวะ. เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการนำมาทดแทนเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะที่เสียหาย^{๓,๔}, ซึ่งใช้ศาสตร์วิชาการหลายแขนงเข้ามาร่วมด้วยกัน ซึ่งอย่างน้อยมี ๓ องค์ประกอบ คือ.

๑. เซลล์ชนิดต่างๆ ของอวัยวะนั้น.

๒. สารกระตุ้นที่ทำให้เซลล์มีปฏิกิริยาสนองตอบ.

๓. โครงร่างที่ให้เซลล์มาเกาะเป็นรูปร่าง^{๕,๖}.

ใน ๓ องค์ประกอบนี้ เซลล์เป็นองค์ประกอบหลัก. องค์ความรู้และเทคโนโลยีเกี่ยวกับเซลล์มีความก้าวหน้าไปมาก. องค์ความรู้เรื่องเซลล์คือการค้นพบเซลล์ต้นกำเนิด (stem cell)^{๗,๘}, การควบคุมการทำงานของเซลล์, การเข้าใจกลไกทางวงจรแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของเซลล์, กลไกการตายของเซลล์ (apoptosis), การกระตุ้นให้เกิดการจำแนกชนิดเซลล์ (cell differentiation). ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกี่ยวกับเรื่องเซลล์คือการสร้างเซลล์ต้นกำเนิดตัวอ่อน ซึ่งเป็นเซลล์ต้นกำเนิดของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ดังที่นายกราชบัณฑิตยสถาน อรรถสิทธิ์ เวชชาชีวะ และราช



บัณฑิต สุรพล อิศรไกรศีล ได้กล่าวไว้ในบทความในวารสารราชบัณฑิตยสถาน^๕. ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอีกประเด็นคือความสามารถในการเพาะเลี้ยงเซลล์ให้อยู่เป็นกลุ่มเป็นก้อนตามโครงสร้างที่กำหนด.

องค์ประกอบสำคัญต่อมาคือ สารกระตุ้น และโครงร่าง.

สารกระตุ้น ได้แก่ คัยโตไคน์ ที่สำคัญคือปัจจัยการเจริญเติบโตที่กระตุ้นให้เซลล์แบ่งตัวเพิ่มจำนวนและมีการจำแนกชนิดตามต้องการ^๖.

ส่วนโครงร่าง มี ๒ ประเภท คือ โครงร่างตามธรรมชาติ^๗ ได้แก่ โครงร่างที่ประกอบด้วยสารที่หลั่งออกมาจากเซลล์หรือสารโปรตีนและสารอื่นๆ ในร่างกายที่อยู่นอกเซลล์ (extracellular matrix). โครงร่างอีกประเภทหนึ่งคือ โครงร่างสังเคราะห์ (synthetic scaffold)^{๘,๙,๑๐}. โครงร่างสังเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นสารประเภทพอลิเมอร์ที่มีสมบัติใกล้เคียงธรรมชาติมาก และควรมีสมบัติสลายตัวไปตามธรรมชาติได้.

กระบวนการประดิษฐ์กรรมเนื้อเยื่อ มีขั้นตอนดังนี้

การเพาะเลี้ยงเซลล์ และการทำให้เซลล์จำแนกชนิด. ขั้นตอนนี้ต้องมีความรู้ความเข้าใจเรื่องต่อไปนี้เป็น

๑. การจัดการเรียงตัวของเซลล์ให้เป็นโครงร่างที่ซับซ้อนขึ้น.

๒. การศึกษาสภาวะระหว่างเซลล์กับแมทริกซ์นอกเซลล์ (ECM) ซึ่งต้องเข้าใจลึกกลงไปถึงระดับอนุของ

แมทริกซ์. แมทริกซ์ประกอบด้วยของสำคัญคือ คอลลาเจน, ไฟโบรเนคติน, ลามินิน และโปรทีโอไกลัยแคน.

๓. การชักนำให้มีการพัฒนาเซลล์เป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะที่ต้องการ.

๔. กระบวนการกำเนิดสัณฐาน (morphogenesis) เริ่มต้นโดยก่อตัวเป็นรูปร่าง. การพัฒนาก่อตัวมีแบบแผนเป็นรูปทรงที่มีความกว้าง ยาว ลึก และมีความเป็นซ้าย ขวา ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลักษณะสมมาตร. วิศวกรรมเนื้อเยื่อที่ดีควรต้องดำเนินการเลียนกำเนิดสัณฐานแบบธรรมชาติ.

การดำเนินการวิศวกรรมเนื้อเยื่อที่ใช้ในแนวทางธรรมชาติของกำเนิดสัณฐาน มีสูตรการดำเนินการใหญ่ๆ ๓ ประการคือ

- การสร้างสัญญาณชักนำ (inductive morphogenetic signals). เซลล์และ ECM เป็นองค์ประกอบที่อยู่ด้วยกัน ถ้าสามารถชักนำให้เกิดกระบวนการก่อร่างเซลล์และ ECM อย่างมีแบบแผน. เซลล์และ ECM ก็จะมีการดำเนินกระบวนการด้วยตัวเองไปในแนวทางเดียวกับกำเนิดสัณฐาน.

- การหาเซลล์ต้นกำเนิดที่สามารถถูกชักนำได้. เซลล์ต้นกำเนิดนี้ควรเป็นระยะที่พอเหมาะกับเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่ต้องการให้มีกำเนิดสัณฐานขึ้น.

- โครงร่างต้นแบบสำหรับให้แมทริกซ์ก่อตัว (extracellular matrix scaffold). นักวิทยาศาสตร์ต้องหาโครงร่างต้นแบบที่เหมาะสม สำหรับให้เซลล์มาเกาะติดและก่อตัวเป็น

เนื้อเยื่อ.

วิศวกรรมเนื้อเยื่อสร้างอวัยวะใดได้บ้าง

นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกได้ทำการวิจัยค้นคว้าพัฒนาวิธีการเพื่อให้ได้การสร้างเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของร่างกายมนุษย์. การทำวิศวกรรมเนื้อเยื่อหรืออวัยวะแต่ละชนิด มีเทคนิคและวิธีการแตกต่างกันออกไปรายละเอียดแต่หลักการมีความคล้ายคลึงกัน. ขอสรุปว่าขณะนี้ได้มีการทำวิศวกรรมเนื้อเยื่อเกือบทุกอวัยวะ ซึ่งอยู่ในระหว่างการดำเนินการในห้องปฏิบัติการและการทดลองในสัตว์ทดลองเป็นส่วนใหญ่ ดังตัวอย่างที่แสดงดังต่อไปนี้.

๑. เนื้อเยื่ออ่อน ซึ่งรวมถึงระบบเลือดด้วย.

๒. กระดูก^{๑๑,๑๒}

๓. กระดูกอ่อน^{๑๓}

๔. หลอดเลือด^{๑๔}

๕. ลิ้นหัวใจ^{๑๕}

๖. ระบบประสาท^{๑๖}

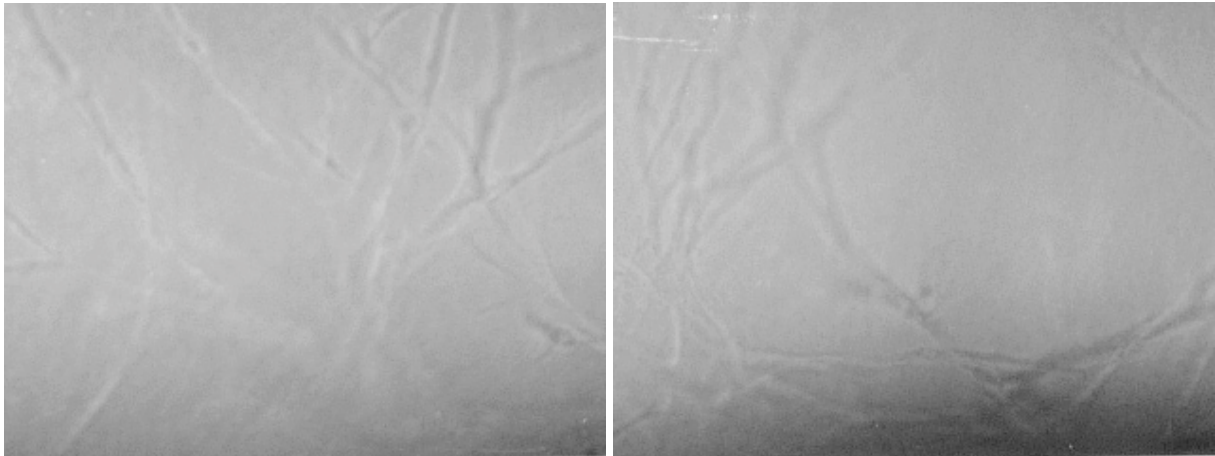
๗. ตับ^{๑๗}

๘. เซลล์ตับอ่อน ในกรณีโรคเบาหวาน^{๑๘}.

นอกจากนี้ มีการทำเนื้อเยื่ออื่นอีกมากมาย เช่น กระดูกตา^{๑๙}, ทางเดินปัสสาวะ^{๒๐} และระบบเจริญพันธุ์ ซึ่งแต่ละเนื้อเยื่อมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไป.

การทำให้เนื้อเยื่อและอวัยวะนั้นคงสภาพในร่างกายได้

เนื้อเยื่อและอวัยวะที่สร้างขึ้นมา



รูปที่ ๙

เซลล์บุหลอดเลือดที่แบ่งตัวเพิ่มจำนวนงอกออกมาเพื่อก่อโครงร่างเป็นแขนงหลอดเลือด

เพื่อนำมาปลูกถ่ายในคนหรือสัตว์ จะต้องมีความสัมพันธ์หลัก ๒ ประการ คือ

๑. มีหลอดเลือดนำเลือดมาหล่อเลี้ยงได้. ก่อนเนื้อเยื่อและอวัยวะ ต้องอาศัยเลือดมาหล่อเลี้ยงเพื่อให้เซลล์ของเนื้อเยื่ออวัยวะนั้นทำงานได้. กลไกการกระตุ้นให้มีการสร้างหลอดเลือดเป็นเรื่องที่มีการศึกษาวิจัยกันมากในขณะนี้. นอกจากนี้ยังมีความพยายามที่จะสร้างหลอดเลือดด้วยกระบวนการของวิศวกรรมเนื้อเยื่อด้วย. ผู้เขียนได้มุ่งเป้าสร้างหลอดเลือดจากการเพาะเลี้ยงเซลล์บุหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ. ขั้นตอนต่อไป คือการกระตุ้นให้เซลล์ทั้ง ๒ ประเภทนี้ให้ก่อร่างเป็นหลอดเลือดบนโครงร่าง. สารกระตุ้นคือ vascular endothelial growth factor (VEGF) ทำให้เซลล์แบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากมายภายใต้การเพาะเลี้ยงเซลล์ในสภาวะพิเศษ. ซึ่งถ้าทำสำเร็จก็จะสามารถผลิตหลอดเลือดของแต่ละคนมาใช้

ทดแทน และยังได้ศาสตร์เรื่องการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อและอวัยวะสร้างหลอดเลือดเองตามธรรมชาติ ที่จะทำให้การถ่ายปลูกเนื้อเยื่อและอวัยวะนั้นได้ผลอีกด้วย.

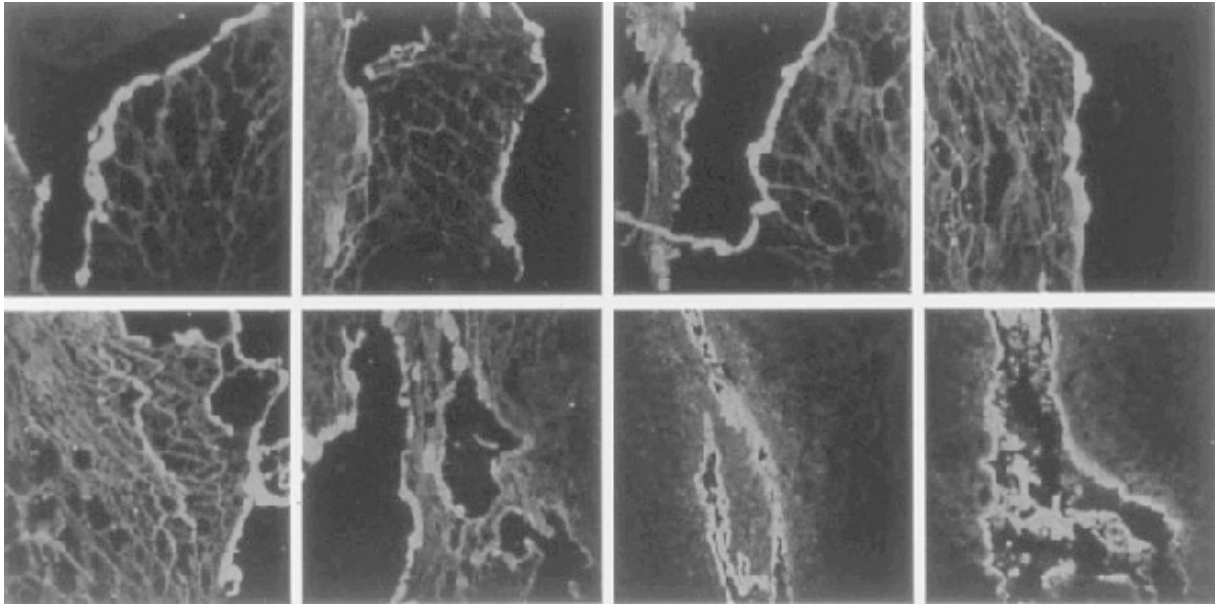
๒. มีการยอมรับเนื้อเยื่ออวัยวะนั้น การยอมรับต้องเกิดจากระบบแอนติเจน-แอนติบอดีที่เข้ากันได้. หลักการนี้มีแนวทางทางวิทยาศาสตร์ ๒ วิธีการ คือ

๒.๑ การใช้เซลล์ต้นกำเนิด. เซลล์ต้นกำเนิดมีความสามารถที่แบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากมายและถูกกระตุ้นให้จำแนกชนิดไปเป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อของอวัยวะตามต้องการ. เซลล์ต้นกำเนิดมีหลายระดับ. ระดับอ่อนสุดเรียกว่า เซลล์ต้นกำเนิดตัวอ่อน (embryonic stem cell; ES cell). เซลล์ต้นกำเนิดระดับตัวอ่อนนี้สามารถสร้างขึ้นได้ โดยการทำโคลนนิ่งระดับเซลล์เพื่อให้ได้เซลล์ต้นกำเนิดตัวอ่อนของคนแต่ละคน. เซลล์ต้นกำเนิดนำ

ไปกระตุ้นเป็นเซลล์ของอวัยวะที่ต้องการจะทำวิศวกรรมเนื้อเยื่อได้. การทำเซลล์โคลนนิ่งเพื่อนำเซลล์ไปใช้ในการรักษา (therapeutic cell cloning) เป็นศาสตร์ที่ยอมรับในปัจจุบันว่ามีประโยชน์อย่างมาก. ขณะนี้หลายประเทศกำลังดำเนินการวิจัยด้านนี้.

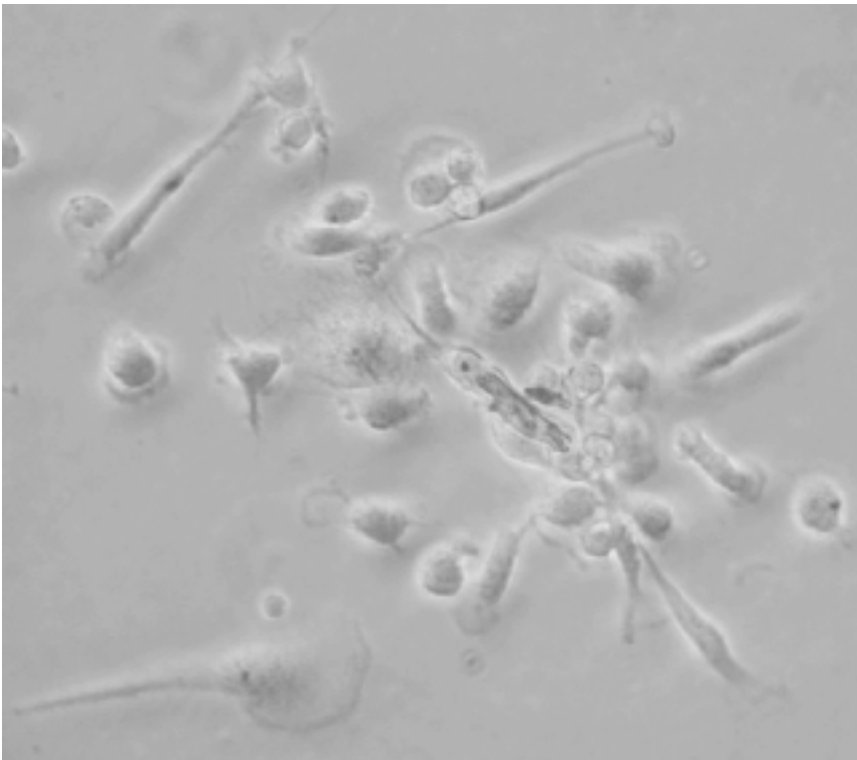
๒.๒ นอกเหนือจากการโคลนนิ่งเซลล์เพื่อให้ได้เซลล์ต้นกำเนิดตัวอ่อนแล้วยังมีอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้เซลล์ต้นกำเนิดจากผู้ใหญ่ (adult stem cell). ขณะนี้ผู้เขียนได้วิจัยเรื่องเซลล์ต้นกำเนิดจากผู้ใหญ่ ชนิดมีเซนชัยล์^{๒๔} ซึ่งเป็นเซลล์ต้นกำเนิดของเนื้อเยื่อหลายชนิด เช่น กระดูก, กระดูกอ่อน, เอ็น, กล้ามเนื้อเรียบ, เซลล์บุหลอดเลือด, ไขมัน, ไชกระดูก และเม็ดเลือด. การใช้เซลล์ต้นกำเนิดเต็มวัยผู้ใหญ่นี้มีข้อดีที่ว่าหาได้จากคนนั้นได้เลย ไม่ต้องทำโคลนนิ่งเซลล์.

องค์ความรู้เรื่องกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ ๑๐

การย้อมด้วยสีสสารเรืองแสงเพื่อแสดงว่าเซลล์ที่งอกมาคือเซลล์บุหลอดเลือดซึ่งติดสีเขียวเรืองแสง



รูปที่ ๑๑

เซลล์ต้นกำเนิดมีเส้นใยที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เซลล์เหล่านี้จะถูกกระตุ้นให้เป็นเซลล์ชนิดต่างๆ รวมทั้งเซลล์บุหลอดเลือดและเซลล์กล้ามเนื้อเรียบ เพื่อใช้ในกระบวนการวิศวกรรมเนื้อเยื่อต่อไป. เซลล์ที่เห็นนี้มาจากตุ่มในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่

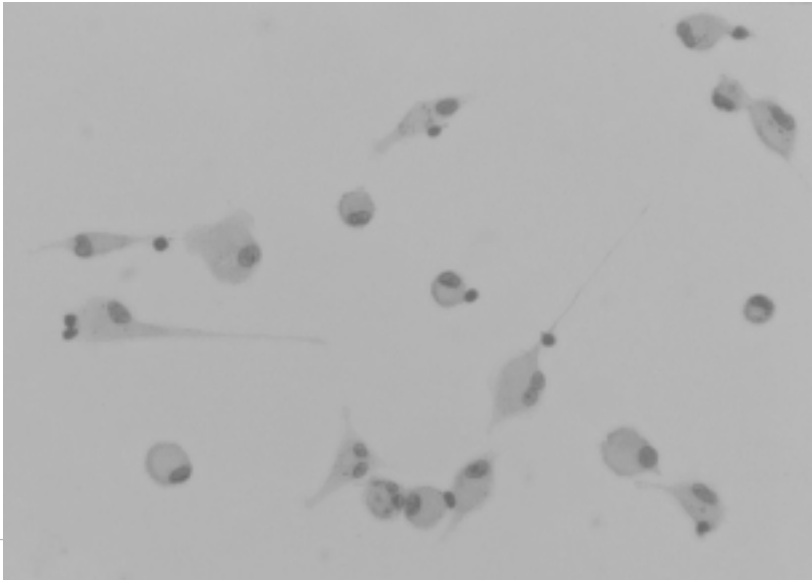
จะช่วยในการทำวิศวกรรมเนื้อเยื่อ และการทำ regeneration ของเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะง่ายขึ้น. โดยสามารถออกแบบการดำเนินได้ถูกต้องตามกระบวนการทางธรรมชาติมากที่สุด.

สรุป

วิศวกรรมเนื้อเยื่อเป็นทั้งวิทยาศาสตร์ และศิลปะ, ผู้ที่ดำเนินการด้านนี้ควรมีลักษณะมุมมองเชิงสร้างสรรค์สูง และต้องมีความรู้วิชาการเรื่องเซลล์เป็นอย่างดี.

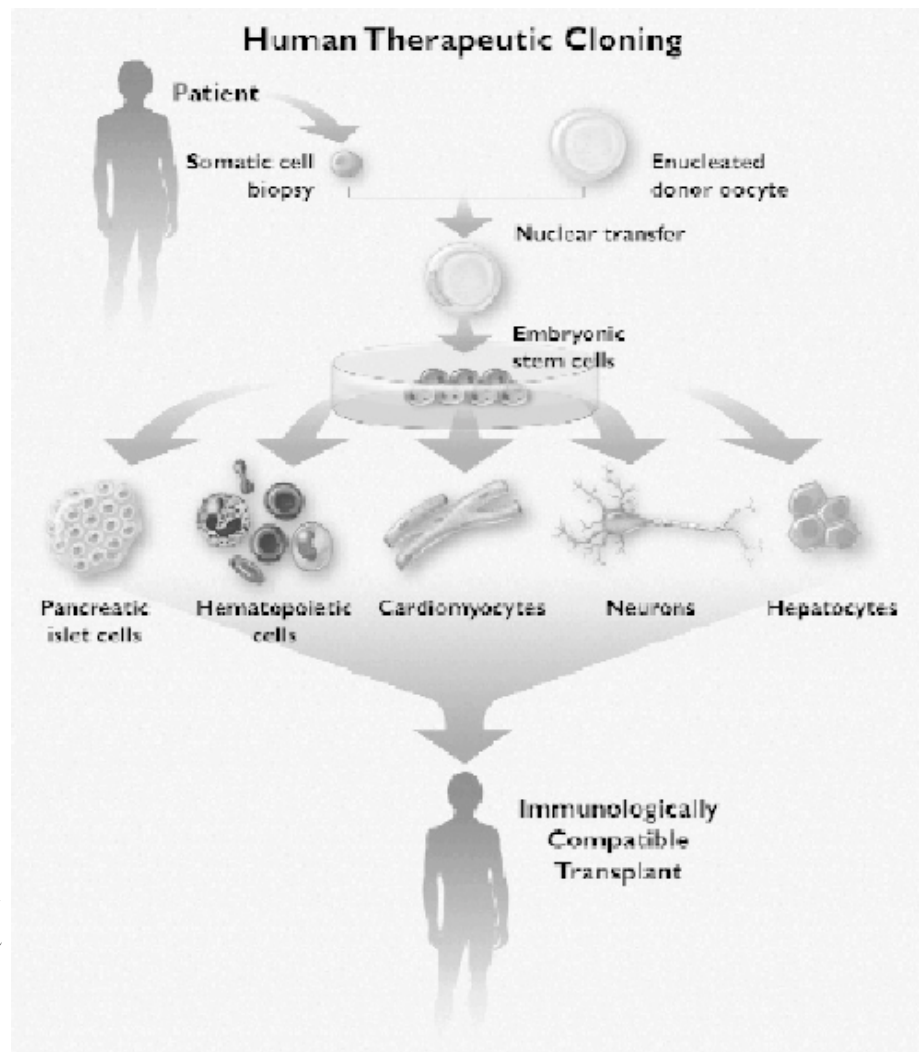
การนำเรื่องเซลล์ต้นกำเนิดมาประยุกต์เข้ากับการทำประดิษฐกรรมเนื้อเยื่อ จะทำให้ศักยภาพของวิศวกรรมเนื้อเยื่อสูงขึ้น และนำไปสู่ความสำเร็จในการนำไปใช้ในการรักษาได้ในอนาคต.

กระบวนการวิศวกรรมเนื้อเยื่อ



รูปที่ ๑๒

เซลล์ต้นกำเนิดมิสเซนซ์เซลล์ชนิดเดียวกันที่นำมาผสมแล้ว

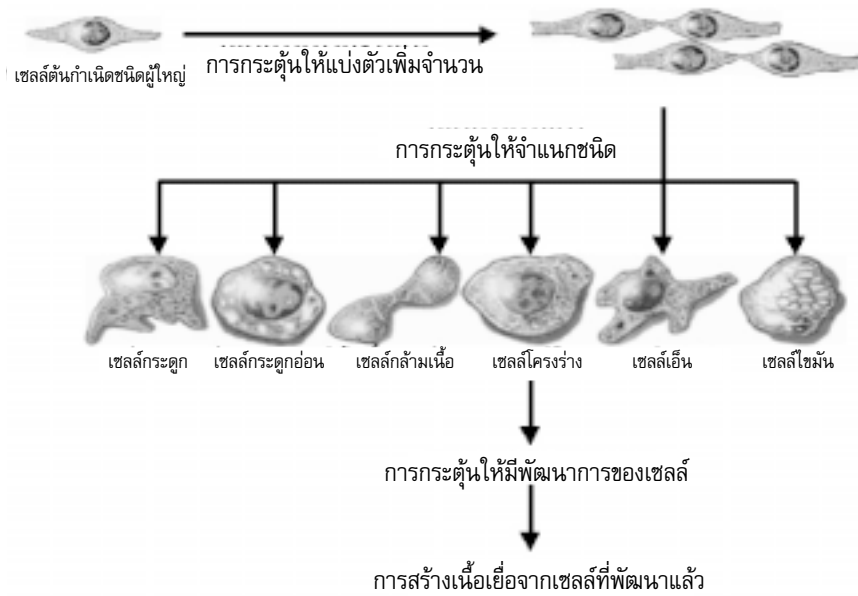


รูปที่ ๑๓

การทำวิศวกรรมเนื้อเยื่อจากเซลล์ต้นกำเนิดเพื่อการรักษา. เซลล์จากผู้ป่วยถูกนำมาทำโคลนนิ่งให้เป็นเซลล์ต้นกำเนิดตัวอ่อน และการตั้งให้เป็นเซลล์ชนิดต่างๆ ตามต้องการ. เซลล์ชนิดต่างๆ เหล่านี้ถูกนำมาผ่านกระบวนการวิศวกรรมเนื้อเยื่อเพื่อถ่ายปลูกคืนสู่ผู้ป่วยต่อไป



วิศวกรรมเนื้อเยื่อจากเซลล์ต้นกำเนิดชนิดผู้ใหญ่



รูปที่ ๑๔

วิศวกรรมเนื้อเยื่อจากเซลล์ต้นกำเนิดชนิดผู้ใหญ่ เซลล์ต้นกำเนิดที่มีอยู่แล้วในผู้ใหญ่ถูกนำมากระตุ้นให้แบ่งตัวเพิ่มจำนวน, กระตุ้นให้จำแนกชนิด และกระตุ้นให้มีพัฒนาการของเซลล์ในวิศวกรรมเนื้อเยื่อ

ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนทางห้องปฏิบัติการ โดยใช้เซลล์และเนื้อเยื่อจากคนหรือสัตว์. การนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงรักษาอาจทำได้แค่ระดับเซลล์ หรือเนื้อเยื่อแต่ยังไม่ถึงขั้นอวัยวะ, แต่มีแนวโน้มสูงที่จะนำไปสู่ยุคของการทำอวัยวะในอนาคต^{๒๕}.

เอกสารอ้างอิง

๑. L'heureux N, Paquet S, Labbe R, Germain L, Auger FA. A completely biological tissue-engineered human blood vessel. FASEB J 1998; 12:47-56.

๒. Edelman ER. Vascular tissue engineering: designer arteries. Circ Res 1999; 85: 1115-7.
 ๓. Atala A. Engineering tissues and organs. Curr Opin Urol 1999; 9: 517-26.
 ๔. Kim SS, Vacanti JP. The current status of tissue engineering as potential therapy. Semin Pediatr Surg 1999; 8: 119-23.
 ๕. Chapekar MS. Tissue engineering: challenges and opportunities. J Biomed Mater Res 2000; 53: 617-20.
 ๖. Niklason LE, Langer R. Prospects for organ and tissue replacement. JAMA 2001; 285: 573-6.
 ๗. Huang JI, Beanes SR, Zhu M, Lorenz HP, Hedrick MH, Benhaim P. Rat extramedullary adipose tissue as a source of osteochondrogenic progenitor cells. Plast Reconstr Surg 2002; 109: 1033-41.

๘. Hori Y, Nakamura T, Kimura D, Kaino K, Kurokawa Y, Satomi S, Shimizu Y. Experimental study on tissue engineering of the small intestine by mesenchymal stem cell seeding. J Surg Res 2002; 102: 156-60.
 ๙. อรรถสิทธิ์ เวชชาชีวะ, สุรพล อิศรไกรศีล. เซลล์ต้นกำเนิด. วารสารราชบัณฑิตยสถาน 2545; 27: 153-7.
 ๑๐. Muschler GF, Midura RJ. Connective tissue progenitors: practical concepts for clinical applications. Clin Orthop 2002; 2002: 66-80.
 ๑๑. Clarke DR, Lust RM, Sun YS, Black KS, Ollerenshaw JD. Transformation of nonvascular acellular tissue matrices into durable vascular conduits. Ann Thorac Surg 2001; 71 Suppl): S433-6.
 ๑๒. Kwon IK, Park KD, Choi SW, Lee SH, Lee EB, Na JS, et al. Fibroblast culture on surface-modified poly (glycolide-co-epsilon-caprolactone) scaffold for soft tissue regeneration. J Biomater Sci Polym Ed 2001; 12: 1147-60.
 ๑๓. Yang S, Leong KF, Du Z, Chua CK. The design of scaffolds for use in tissue engineering. Part II. rapid prototyping Techniques. Tissue Eng 2002; 8: 1-11.
 ๑๔. Laurencin CT, Ambrosio AM, Borden MD, Cooper JA Jr. Tissue engineering: orthopedic applications. Annu Rev Biomed Eng 1999; 1: 19-46.
 ๑๕. Temenoff JS, Mikos AG. Injectable biodegradable materials for orthopedic tissue engineering. Biomaterials 2000; 21: 2405-12.
 ๑๖. Yung Lee J, Hall R, Pelinkovic D, Cassinelli E, Usas A, Gilbertson L, et al. New use of a three-dimensional pellet culture system for human intervertebral disc cells: initial characterization and potential use for tissue engineering. Spine 2001 Nov 1; 26: 2316-22.
 ๑๗. Watanabe M, Shinoka T, Tohyama S, Hibino N, Konuma T, Matsumura



- G, et al. Tissue-engineered vascular autograft: inferior vena cava replacement in a dog model. *Tissue Eng* 2001; 7: 429-39.
๑๘. Fabiani JN, Dreyfus GD, Marchand M, Jourdan J, Aupart M, Latremouille C, et al. The autologous tissue cardiac valve: a new paradigm for heart valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 189-94.
๑๙. Woerly S, Plant GW, Harvey AR. Neural tissue engineering: from polymer to biohybrid organs. *Biomaterials* 1996; 17: 301-10.
๒๐. De Bartolo L, Bader A. Review of a flat membrane bioreactor as a bioartificial liver. *Ann Transplant* 2001; 6: 40-6.
๒๑. Cui W, Kim DH, Imamura M, Hyon SH, Inoue K. Tissue-engineered pancreatic islets: culturing rat islets in the chitosan sponge. *Cell Transplant* 2001; 10: 499-502.
๒๒. Germain L, Auger FA, Grandbois E, Guignard R, Giasson M, Boisjoly H, et al. Reconstructed human cornea produced in vitro by tissue engineering. *Pathobiology* 1999; 67:140-7.
๒๓. Yoo JJ, Atala A. Tissue engineering applications in the genitourinary tract system. *Yonsei Med J* 2000; 41: 789-802.
๒๔. อานนท์ บุญยะรัตเวช, ศีลาอาสน์ M, บุญยะรัตเวช P. Imitation of bone marrow condition by using peripheral blood cell culture. *Engineering Tissue Growth International Conference and Exposition, Pittsburgh, March 26-29, 2001.*
๒๕. อานนท์ บุญยะรัตเวช. ธนาคารอวัยวะ, โคลนนิ่งเทคโนโลยีสะท้อนโลก. มูลนิธิพันธุศาสตร์, สวทช ๒๕๔๔: ๗๕-๘๕.

Abstract **Human Tissue Engineering for Humanity: A Model for Creating Blood Vessels**
Ahnonn Bunyaratvej

Associate Member, the Academy of Science, the Royal Institute, Thailand

Tissue engineering has the potential to solve the transplantation crisis due to the shortage of donor tissues and organs. Human tissues or organs, which are hopelessly damaged or diseased, will be replaced in the future. Then it may be possible to extend human life owing to the abundant supply of tissue or organ spare parts. Human hearts are in the process of being "manufactured" in the laboratory in the United States and may become wider available by the year 2010. Not only the heart but also many other organs are in the process of tissue engineering including soft tissue, bone, cartilage, cardiac valves, nerve, liver and pancreas. In Thailand, the first research on tissue engineering has been carried out for making blood vessels. Endothelial cells and smooth muscle cells have been grown in the laboratory. The cells were stimulated for cell proliferation using cell interaction with an extracellular matrix or scaffold. Blood vessels created in the laboratory may be used for replacement in some diseases, for example, cardiovascular disease. Tissue engineering and related knowledge of stem cells and stem cell technology could be combined for the benefit of humans. There are two possibilities for using stem cells for tissue engineering: embryonic stem cells and adult stem cells. Adult stem cells are available from patients, whereas embryonic stem cells have to be created by cell cloning technology. Mesenchymal stem cells (MSC), one of the adult stem cells, are isolated from human blood. MSC are stimulated to differentiate into endothelial cells and smooth muscle cells. Coculture of these two cell types in a matrix or scaffold device will be carried out for blood vessel formation. Tissue engineering of blood vessels will help patients by solving the problem of human blood vessel supply. Tissue engineering is a challenging attempt of humans to benefit humanity.

Key words : blood vessels, stem cells, tissue engineering