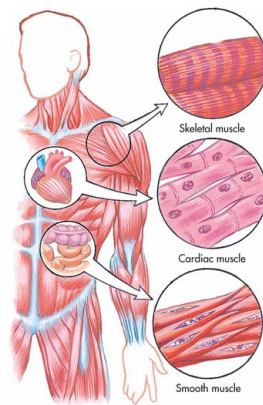


กล้ามเนื้อเทียมที่รักษาตัวเองได้

ดร.จินตมัย สุวรรณประทีป

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค)

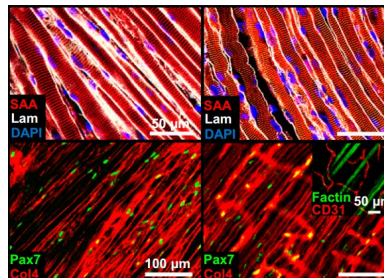
กล้ามเนื้อนั้นเป็นส่วนสำคัญเนื่องจากร่างกายใช้สำหรับทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของอวัยวะต่าง ๆ ภายใต้การควบคุมผ่านการกระตุ้นของระบบเส้นประสาทหรือการตอบสนองที่เกิดจากการถูกกระตุ้น หน้าที่ของกล้ามเนื้อทุกชนิดคือ การหดตัวเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวและทำหน้าที่ต่าง ๆ ตามแต่งงานของแต่ละอวัยวะ เช่น การเคลื่อนไหวของแขนขา การย่อยอาหารของกระเพาะอาหาร การไหลเวียนโลหิตของหลอดเลือด หรือการสูบฉีดโลหิตของหัวใจ เป็นต้น ซึ่งหากกล้ามเนื้อเกิดการบาดเจ็บหรือเสียหายแล้วจะมีความจำเป็นที่จะต้องทำการรักษาหรือทดแทนกล้ามเนื้อที่บาดเจ็บหรือเสียหายไป ปัจจุบันเทคโนโลยีวิศวกรรมเนื้อเยื่อ (tissue engineering) นั้นได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการพัฒนาสำหรับการรักษาทางการแพทย์ และการทดแทนเนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่าง ๆ ซึ่งเทคโนโลยีวิศวกรรมเนื้อเยื่อนั้นก็ถูกพัฒนาเพื่อใช้เป็นวิธีในการรักษาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อเช่นกัน อย่างไรก็ตาม เนื้อเยื่อเทียมสำหรับการทดแทนที่ถูกพัฒนาขึ้นในปัจจุบันนั้นยังคงมีสมบัติที่ยังคงต่างจากกล้ามเนื้อในธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น มีค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวที่ต่ำกว่า มีขนาดของเซลล์ไมโอไฟเบอร์ที่สั้นกว่า เป็นต้น ทำให้ยังคงมีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่ากล้ามเนื้อในธรรมชาติ



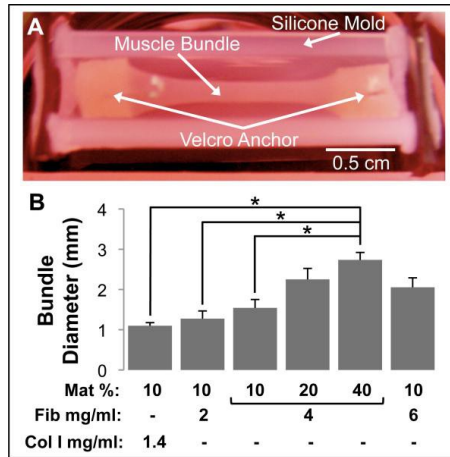
ภาพแสดงประเภทของกล้ามเนื้อหลักในร่างกาย ได้แก่ กล้ามเนื้อโครงร่างหรือกล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อหัวใจ และกล้ามเนื้อเรียบ^[1]

ล่าสุดที่มวิจัยจากมหาวิทยาลัยดุ๊ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนากล้ามเนื้อเทียมที่มีค่าแรงจากการหดตัวสูง และสามารถรักษาตัวเองเองด้วยเทคนิควิศวกรรมเนื้อเยื่อแบบใหม่ โดยการใส่ส่วนผสมของไฮโดรเจลและเซลล์ไมโอ

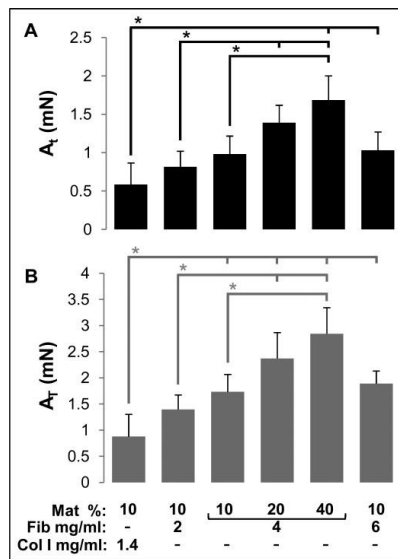
ลาสตินแอม์พิมพิซิลิโคนให้เป็นรูปทรงของกลุ่มมัดกล้ามเนื้อ โดยไฮโดรเจลซึ่งเป็นส่วนรองรับการเจริญของเซลล์ไมโอบลาสต์นั้นประกอบด้วยคอลลาเจน หรือไฟบรินเจน และมาทริเจล (Matrigel) และใช้ thrombin เป็นสารในการเริ่มกระบวนการเกิดพอลิเมอร์เซชันเกิดเป็นเจลไฟบรินภายหลังจากการทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลาครึ่งชั่วโมง จากนั้นนำเจลที่ได้ไปเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเซลล์เพื่อให้เจริญเติบโต ซึ่งกล้ามเนื้อเทียมที่ได้จากการเพาะเลี้ยงนั้นมีลักษณะโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับกล้ามเนื้อในธรรมชาติคือ มีลักษณะประกอบด้วยไมโอไฟเบอร์ที่มีหลายนิวเคลียสที่เรียงตัวในทิศทางเดียวอย่างหนาแน่นและล้อมรอบด้วยลามินินและคอลลาเจนประเภทที่ 4 นอกจากนี้ยังมีเซลล์แพร์บ็อกซ์เจ็ด (paired box 7, Pax7) ซึ่งเป็นเซลล์แซทเทิลไลท์ซึ่งเป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่ยังไม่โตเต็มที่กระจายอยู่ทั่วไป ด้วยการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของส่วนผสมไฮโดรเจลที่ใช้งานเป็นวัสดุรองรับการเจริญของเซลล์ไมโอบลาสต์ในกล้ามเนื้อเทียม ที่วิจัยสามารถปรับแต่งให้กล้ามเนื้อเทียมที่ได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกลุ่มมัดกล้ามเนื้อ และแรงที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งแบบหดตัวครั้งเดียว (twitch) และแบบหดตัวแบบเกร็งค้าง (tetanus) เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเมื่อเลือกส่วนประกอบของไฮโดรเจลที่เหมาะสมแล้ว แรงที่เกิดจากการหดตัวต่อพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเทียมที่เพาะเลี้ยงขึ้นจะสามารถมีค่าที่สูงกว่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อในธรรมชาติเสียอีก โดยมีค่าประมาณ 47.9 มิลลินิวตันต่อตารางมิลลิเมตรภายหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับค่าที่ 44 มิลลินิวตันต่อตารางมิลลิเมตรของกล้ามเนื้อของหนูเกิดใหม่ นอกจากนี้ยังเป็นค่าที่สูงกว่าค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวที่ได้จากกล้ามเนื้อเทียมที่มีการผลิตและรายงานมาก่อนหน้ากว่าสิบเท่า



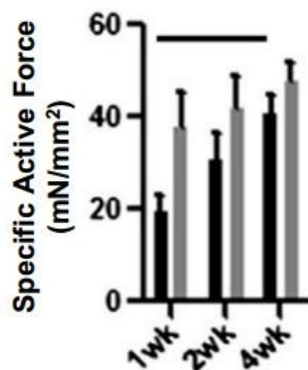
ภาพแสดงกล้ามเนื้อเทียมที่เพาะเลี้ยงขึ้น (ซ้าย) เมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อในธรรมชาติของหนูเกิดใหม่ (ขวา) โดยพบว่าประกอบด้วยไมโอไฟเบอร์ที่มีหลายนิวเคลียสที่เรียงตัวในทิศทางเดียวอย่างหนาแน่นและล้อมรอบด้วยลามินิน (LAM) และคอลลาเจนประเภทที่ 4 (Col4) นอกจากนี้ยังมีเซลล์แพร์บ็อกซ์เจ็ด (paired box 7, Pax7) กระจายอยู่ทั่วไป^[2]



ภาพแสดงกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อเทียมในแม่พิมพ์ซิลิโคนที่ผลิตขึ้น (A) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนของส่วนประกอบต่าง ๆ ในไฮโดรเจลที่ใช้งาน (B)^[3]

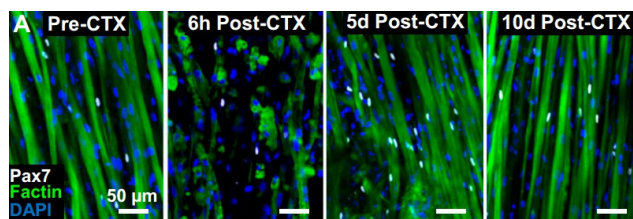


ภาพแสดงแรงที่เกิดจากการหดตัวครั้งเดียว (A) และแรงที่เกิดจากการหดตัวแบบเกร็งค้าง (B) ของกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อเทียมที่เปลี่ยนแปลงตามอัตราส่วนของส่วนประกอบต่าง ๆ ในไฮโดรเจลที่ใช้งาน^[3]

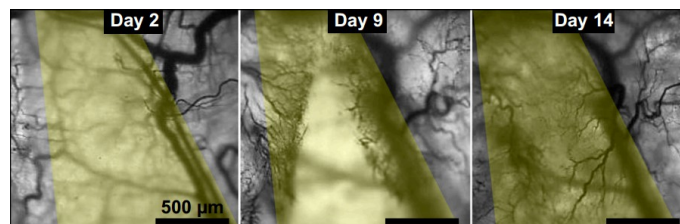


กราฟแสดงแรงในการหดตัวแบบเกร็งค้างของกล้ามเนื้อเทียมภายหลังจากการเพาะเลี้ยงที่ระยะเวลาต่าง ๆ^[3]

นอกจากนี้กล้ามเนื้อเทียมที่เพาะเลี้ยงขึ้นนี้ยังสามารถซ่อมแซมตัวเองได้ ทั้งนี้เนื่องจากประกอบไปด้วยเซลล์ Pax7 ซึ่งเป็นเซลล์กล้ามเนื้อที่ยังไม่โตเต็มที่ที่สามารถจะถูกกระตุ้นให้เจริญเติบโตเมื่อเซลล์กล้ามเนื้อปกติเกิดการบาดเจ็บเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อในธรรมชาติ ที่มวิจัยได้ทดลองความสามารถในการซ่อมแซมตัวเองของกล้ามเนื้อเทียมนี้ด้วยการใส่สารพิษลงไปในงานเพาะเลี้ยงกล้ามเนื้อเทียมที่ผ่านการเพาะเลี้ยงมาเป็นระยะเวลา 14 วันแล้ว ภายหลังจากผ่านไป 6 ชั่วโมงจึงทำการล้างเอาสารพิษดังกล่าวออกแล้วทำการวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของกล้ามเนื้อเทียมต่อไป ซึ่งในระยะแรกพบว่าเซลล์ไมโอไฟเบอร์จะเกิดการขาดสั้น มีการตายของเซลล์ต่าง ๆ และมีการลดลงของแรงที่เกิดจากการหดตัว แต่ภายหลังจากระยะเวลาผ่านไป 5 วัน จะพบว่ากล้ามเนื้อเทียมมีการซ่อมแซมตัวเองโดยพบการเจริญของเซลล์ไมโอไฟเบอร์และการเพิ่มขึ้นของเซลล์ต่าง ๆ กลับมา ที่ระยะเวลา 10 วันพบว่ากล้ามเนื้อเทียมดังกล่าวมีค่าแรงที่เกิดขึ้นจากการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งแบบหดตัวครั้งเดียวและแบบหดตัวแบบเกร็งค้างกลับไปสู่ระดับก่อนหน้าที่จะถูกสารพิษ จากการศึกษาในหนูทดลองโดยการฝังกล้ามเนื้อเทียมนี้ในผิวหนังที่บริเวณหลังของหนูพบว่าจะมีการเจริญงอกเข้ามาของหลอดเลือดอย่างเห็นได้ชัดที่ระยะเวลาเพียง 7 วันภายหลังจากการผ่าตัด และจะมีปริมาณความหนาแน่นของหลอดเลือดที่ใกล้เคียงกับกล้ามเนื้อเทียมที่ได้รับการเพาะเลี้ยงให้มีการเจริญเข้ามาของหลอดเลือดในห้องปฏิบัติการในระยะเวลา 14 วันภายหลังจากการผ่าตัด สิ่งนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเจริญเติบโตที่ดีในสภาพทางชีววิทยาในสิ่งมีชีวิตของกล้ามเนื้อเทียมเพาะเลี้ยงดังกล่าว ซึ่งเทคนิคการเพาะเลี้ยงกล้ามเนื้อเทียมที่สามารถซ่อมแซมตัวเองได้และมีค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวสูงใกล้เคียงกับกล้ามเนื้อในธรรมชาตินี้ถือได้ว่าเป็นความก้าวหน้าทางด้านวิศวกรรมเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้ออย่างมากที่จะช่วยเบิกทางต่อการพัฒนากล้ามเนื้อเทียมสำหรับการใช้งานทดแทนกล้ามเนื้อธรรมชาติที่เกิดการบาดเจ็บเสียหายในอนาคต



ภาพจากซ้ายไปขวาแสดงการฟื้นฟูของกล้ามเนื้อเทียมภายหลังจากได้รับพิษในหลอดทดลองที่ระยะเวลา 6 ชั่วโมง, 5 วัน และ 10 วันภายหลังจากได้รับพิษเมื่อเปรียบเทียบกับภาพของกล้ามเนื้อเทียมก่อนได้รับพิษ^[2]



ภาพแสดงการเจริญงอกเข้าไปของหลอดเลือดในกล้ามเนื้อเทียมผ่านการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 14 วัน
ก่อนนำไปทดลองฝังลงในบริเวณผิวหนังที่หลังของหนูทดลองที่ระยะเวลาต่าง ๆ^[2]

เอกสารอ้างอิง

1. <http://biology-forums.com/index.php?action=gallery;sa=view;id=9126>
2. M. Juhas, G. C. Engelmayr, Jr., A. N. Fontanella, G. M. Palmer and N. Bursac (2014) Biomimetic engineered muscle with capacity for vascular integration and functional maturation in vivo. PNAS, 111(15), pp. 5508-5513.
3. S. Hinds, W. Bian, R. G. Dennis and N. Bursac (2011) The Role of Extracellular Matrix Composition in Structure and Function of Bioengineered Skeletal Muscle, Biomaterials, 32(14), pp. 3575-3583.
4. <http://www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140331153606.htm>