

บทความพิเศษ

การพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติ

สมชัย บวรกิตติ*, মানপ পিত্তক্ষণাকর**, วิรัช ศรีพัฒนาสกุล***

ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา วิศวกรรมชีวภาพด้านการพิมพ์ ๓ มิติ
ได้พัฒนาไปอย่างมาก ทำให้อาจผลิตอวัยวะมีชีวิต ๓ มิติ
เพื่อใช้ซ่อมร่างกายส่วนที่ชำรุด เสียหาย หรือเสื่อมสภาพได้
นักวิชาการได้คาดการณ์ว่า อีกไม่เกิน ๕๐ ปี
มนุษย์จะเป็นอมตะในสภาพร่างกายและสุขภาพสมบูรณ์

กระบวนการพิมพ์ ๓ มิติ ผลิตสร้างสิ่งต่างๆ เหมือนของจริง เป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งมีการพัฒนารุดหน้าอย่างยิ่ง
ในสมัยต้นๆ การพิมพ์เป็นแบบย่อส่วนสิ่งของขนาดใหญ่ เช่น บ้าน หรือรถยนต์ แต่ในปัจจุบันการผลิตวัตถุขนาดใหญ่ก็ทำได้ เช่น
การพิมพ์ผลิตวัตถุโบราณ มัมมี่ อนุสาวรีย์ ประติมากรรมต่างๆ และสามารถพิมพ์อวัยวะมีชีวิตของมนุษย์ ซึ่งให้ประโยชน์มาก
ทางการแพทย์

* สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสถาน

** ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

*** อุตสาหกรรมเครื่องประดับอัญมณี ประกาศนียบัตรพลมาร์ท

บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ วันที่ ๑๕ กรกฎาคม ๒๕๕๘

ประวัติการพิมพ์ ๓ มิติ

เท่าที่ค้นได้ มีดังต่อไปนี้

พ.ศ. ๒๔๐๒ หนึ่งปีก่อน อับราฮัม ลินคอล์น ได้รับแต่งตั้งให้เป็นประธานาธิบดีประเทศสหรัฐอเมริกา ฟรอนซ์ วิลเลียม นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ได้ใช้วิธีประดิษฐ์กรรมภาพถ่ายสร้างภาพ ๓ มิติ ซึ่งเทียบได้กับภาพพิมพ์ ๓ มิติ ในปัจจุบัน

วิลเลียม ใช้กล้องถ่ายรูป ๒๔ กล้อง ตั้งรายรอบตัวบุคคลที่อยู่บนแท่นกลม (รูปที่ ๑) จากภาพถ่ายพร้อมกันแต่ละกล้องได้ให้ภาพ ๓ มิติของผู้ถูกถ่ายภาพ



รูปที่ ๑ การถ่ายภาพ ๓ มิติ

(แหล่งที่มา: <http://3daddfab.com/blog/index.php?archives/8-1859=The-Year=3D-printing-Hit-the-M...>)

พ.ศ. ๒๔๓๕ แบลนเธอร์ เสนอวิธีเรียงชิ้นในการสร้างแผนที่โทโปกราฟี

พ.ศ. ๒๔๑๕ มัลทูปาร่า แห่งบริษัทเครื่องยนต์มิสบูนิ ใช้วัสดุที่แข็งตัวด้วยแสง (โฟโตพอลิเมอร์) ในการพิมพ์แต่ละชั้น

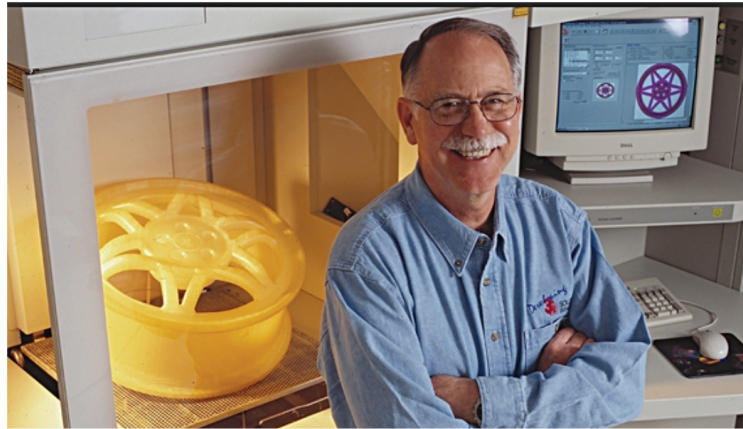
พ.ศ. ๒๕๒๔ ฮิโตะ โคดาม่า แห่งสถาบันวิจัยอุตสาหกรรมเทศบาลนครนาโกย่า เสนอรายงานโครงการและวิธีวางแบบจำลอง ๓ มิติด้วยวัสดุพอลิเมอร์ที่แข็งตัวโดยแสง ใน J Institute Electronics Information and Communication Engineers 1981;j64-c(4):237-41 และ Rev Scientific Instruments 1981;52 (11):



รูปที่ ๒ Hideo Kodama

(แหล่งที่มา: <http://www.kjclub.com>)

พ.ศ. ๒๕๒๗ ชาร์ลส์ ฮัลล์ ผู้ก่อตั้งระบบ ๓ มิติประดิษฐ์วิธีพิมพ์หิน ๓ มิติ [stereolithography (SLA)] ใช้แสงเลเซอร์สแกนวัสดุเหลวพอลิเมอร์ไวแสง สร้างแบบจำลอง ๓ มิติ

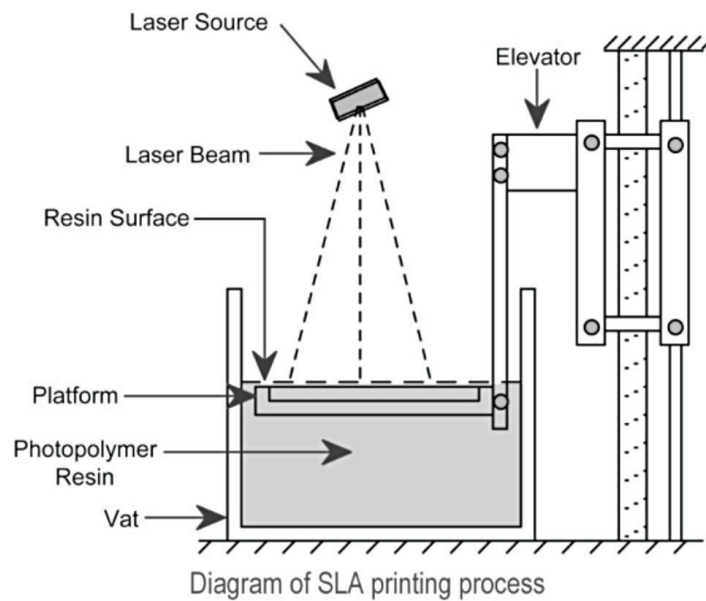


รูปที่ ๓ Charles Hull

(แหล่งที่มา: <http://www.industryweek.com>)

พ.ศ. ๒๕๓๕ บริษัทสแตรทเจสียส์ ผลิตเครื่องขึ้นแบบ
จำลอง (fused deposition modeling; FDM) โดยฉีดพลาสติก

หรือเส้นโลหะเลื่อนไปตามแกน อาศัยคอมพิวเตอร์นำ
พ.ศ. ๒๕๓๕ กำเนิดเครื่องพิมพ์หิน ๓ มิติ

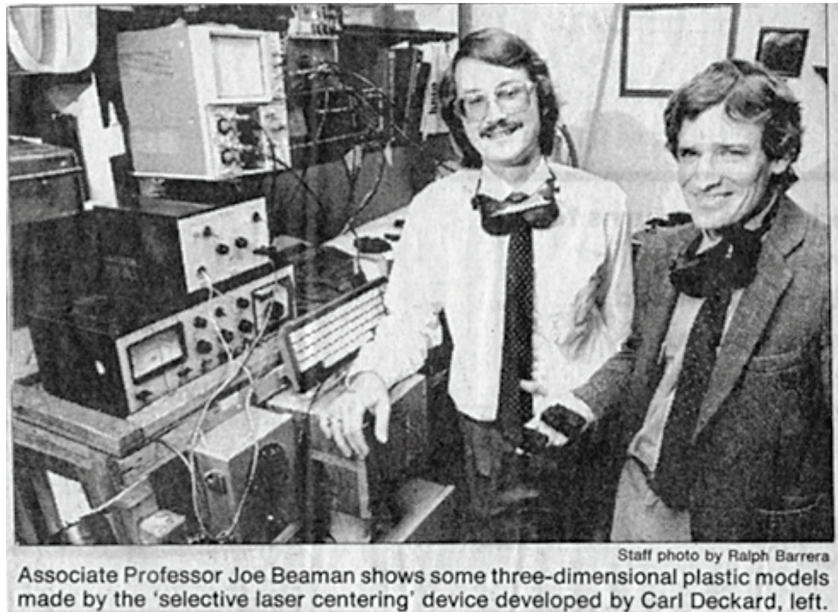


รูปที่ ๔ ผังการทำงานของเครื่องพิมพ์หิน

(แหล่งที่มา: <http://www.print3dd.com>)

พ.ศ. ๒๕๓๕ คาร์ล เดคคาร์ด และเพื่อน ที่มหาวิทยาลัย เท็กซัสแห่งออสติน สร้างเครื่องพิมพ์ที่ใช้สารผงละเอียดแทน ของเหลว เช่น พอลิเอทิลีน เซรามิก แก้ว ไนลอน โลหะ

แล้วฉายแสงเลเซอร์ทำให้ผงวัสดุจับกัน (selective laser sintering; SLS)



รูปที่ ๕ Joe Beaman และ Carl Deckard กับเครื่องพิมพ์เลเซอร์

(แหล่งที่มา: <http://www.me.utexas.edu>)

พ.ศ. ๒๕๓๗ เครื่องพิมพ์ผลิตแบบจำลองใช้สารซีพี้่ง เป็นตัวพอง

พ.ศ. ๒๕๔๐ บริษัท Aeromat ผลิตเครื่องพิมพ์เสริม ด้วยเลเซอร์

พ.ศ. ๒๕๔๓ บริษัท Object Geometries ผลิต เครื่องพิมพ์ฉีดหมึก ๓ มิติ

พ.ศ. ๒๕๔๓ บริษัท Z Corp สร้างเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ หลากสี

พ.ศ. ๒๕๔๔ บริษัท Solidimension สร้างเครื่องพิมพ์ ๓ มิติ แบบตั้งโต๊ะ

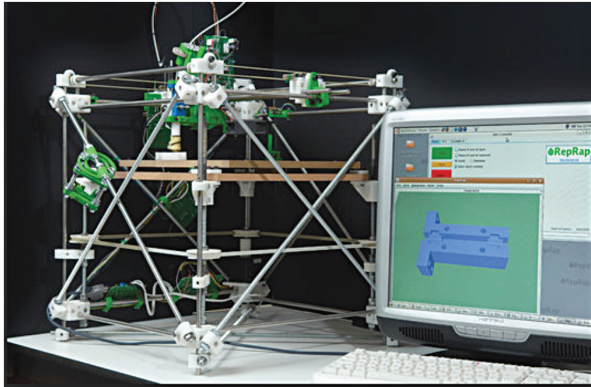
พ.ศ. ๒๕๔๘ แอเดรียน โบว์เยอร์ (บริษัทจำกัดเรป แรปโพร) ตั้งโครงการ RepRap ที่มหาวิทยาลัยบาร์ เพื่อให้ เทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติเป็นงานทั่วไป



รูปที่ ๖ แอเดรียน โบว์เยอร์

(แหล่งที่มา: <http://www.unlocking3dprinting.com>)

พ.ศ. ๒๕๕๖ โคตีย์ วิลสัน แห่งบริษัท Defense Distributed ถูกสั่งให้ทำลายแบบพิมพ์ปืน ๓ มิติ และอายัดอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด



รูปที่ ๙ โคดิย์ วิลสัน กับปืนจากการพิมพ์ ๓ มิติ
(แหล่งที่มา: <http://www.newsfilehippo.com>)



พ.ศ. ๒๕๕๘ บริษัทอเมริกัน SynDaver ได้สร้างหุ่นร่างกายสังเคราะห์ ซึ่งมีการหายใจและการเดินของหัวใจเหมือนมนุษย์มีชีวิต ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ใช้เป็นอุปกรณ์ให้นักศึกษาแพทย์ฝึกทำการตรวจวินิจฉัยโรคโดยการถ่ายภาพรังสี โดยภาพคลื่นเสียงความถี่สูง และโดยซีทีสแกน และให้แพทย์ฝึกหัดการผ่าตัดเหมือนทำกับมนุษย์มีชีวิต ในปัจจุบันราคาหุ่นชุดละ ๕๕,๐๐๐ ปอนด์สเตอร์ลิง



รูปที่ ๑๐ หุ่นมนุษย์สังเคราะห์ผลิตโดยบริษัท SynDaver
(แหล่งที่มา: <http://blog.oh-medical.com/>)

ประโยชน์ของหุ่นสังเคราะห์นี้อีกประการหนึ่งก็คือ ได้ร่างอาจารย์ใหญ่สำหรับการเรียนกายวิภาคศาสตร์แทนศพที่ได้จากการอุทิศ

การพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติ มีจุดมุ่งหมายการผลิตแตกต่างไปจากการพิมพ์ ๓ มิติทั่วไป เพราะการพิมพ์อวัยวะนั้นต้องการสิ่งพิมพ์ที่มีชีวิต สามารถนำไปใส่แทนอวัยวะเดิมในร่างกาย แต่ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ยังไม่สามารถผลิตอวัยวะให้สมบูรณ์และมีชีวิตยั่งยืนได้ เพียงผลิตเพื่อใช้ในระยะสั้นสำหรับการศึกษาทดลองยา หรือศึกษาฝึกซ้อมหัตถการศัลยกรรม แต่ก็มีหวังว่าในอนาคตอันใกล้จะสามารถพิมพ์อวัยวะหรือส่วนอวัยวะหรือเซลล์ที่สมบูรณ์มีชีวิต เพื่อนำไปถ่ายปลูกแทนอวัยวะที่หมดสภาพจากสาเหตุต่างๆ ได้ ได้คาดการณ์กันว่า จะทำได้สำเร็จอย่างช้าในปี พ.ศ. ๒๖๐๓ หรือไม่เกิน ๕๐ ปีจากนี้ ดังนั้น ณ เวลานั้น สรรพสิ่งมีชีวิตบนโลกก็จะเป็นอมตะ แม้อาจจะเข้าสู่สภาวะโลกแออัด เกิดการแย่งชิงที่อยู่อาศัยและอาหาร แต่เชื่อว่าจะได้รับการแก้ไขจากกฎธรรมชาติ

ประวัติการพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติ

พ.ศ. ๒๕๕๒ นักวิทยาศาสตร์เริ่มสร้างอวัยวะจากเซลล์ของผู้ป่วย โดยการพิมพ์ระบบ ๓ มิติ (จาก <http://www.avplastics.co.uk/3d-printing-history>) และจากบทรายงานผลการวิจัย พ.ศ. ๒๕๕๓ ในวารสาร Biotechnology and Bioengineering) และมีบทความที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติ ถึง พ.ศ. ๒๕๕๒ (๑๐ ปี) รวม ๑๒๕ บทความ

พ.ศ. ๒๕๕๕ มีรายงานสร้างไต ๓ มิติขนาดย่อส่วน

พ.ศ. ๒๕๕๖ ในบทความเรื่องการพิมพ์อวัยวะ ได้อ้างว่าคณะของธอมัส โบแลนด์ แห่งมหาวิทยาลัยเคลมส์สามารถพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติ และจดสิทธิบัตรในปี พ.ศ. ๒๕๕๙

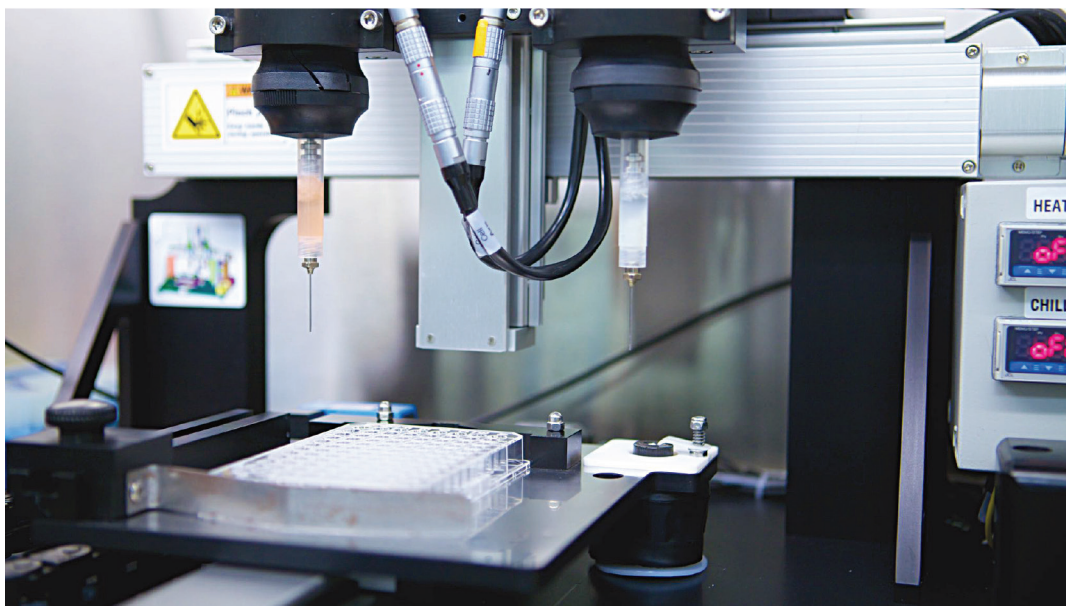
พ.ศ. ๒๕๕๑ บริษัท Stratasys ผลิตวัสดุเอฟทีเอ็ม ที่เข้ากันได้กับสารชีวภาพ

พ.ศ. ๒๕๕๒ บริษัทวิทยาเทคโนโลยีชีวภาพซานดิเอโก ออร์แกนโอ สร้างเครื่องพิมพ์ชีวภาพ ๓ มิติที่พิมพ์เป็นชิ้นเครื่องแรก อันสืบเนื่องจากผลงานวิจัยของศาสตราจารย์ Gabor Forgacs แห่งมหาวิทยาลัยมิสซูรี



รูปที่ ๑๑ Gabor Forgacs

(แหล่งที่มา: <http://www.kclifesciences.org>)



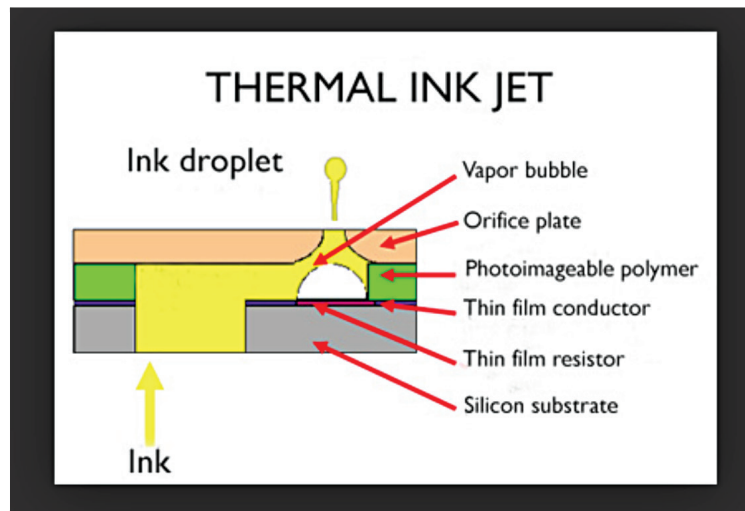
รูปที่ ๑๒ เครื่องพิมพ์ชีวภาพออร์แกนโน

(แหล่งที่มา: Custom Organs, Printed to Order)

พ.ศ. ๒๕๕๒ บริษัทออร์กาโนโว พิมพ์หลอดเลือด
๓ มิติได้

พ.ศ. ๒๕๕๕ Cui, Boland, D'Lima และ Lotz รายงาน
เรื่อง Thermal inkjet printing in tissue engineering and
regenerative medicine ในวารสาร Recent Pat Drug

Deliv Formul 2012;6(2):149-55. บทความดังกล่าวอธิบาย
วิวัฒนาการล่าสุดของการพิมพ์เนื้อเยื่อจากเทคโนโลยีการ
พิมพ์ฉีดหมึกความร้อน Thermal inkjet printing ซึ่งมีความ
แม่นยำสูงในการสร้างโครงสร้างเซลล์และชีววัสดุที่เข้ากับ
ร่างกายได้ดี

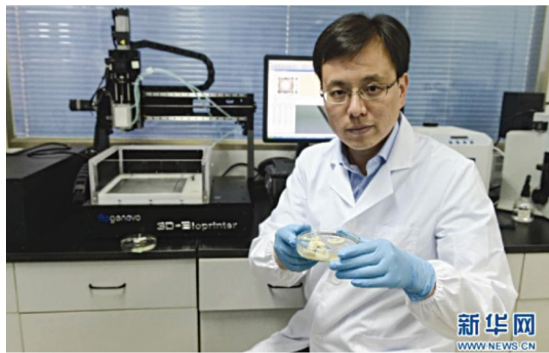


รูปที่ ๑๓ ภาพผังการฉีดหมึกร้อน

(แหล่งที่มา: <http://www.offsetprintingtechnology.com>)

พ.ศ. ๒๕๕๖ มหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งหนึ่งในจังหวัด Zhejiang ตะวันออก น่าจะเป็นสถาบันเริ่มการพิมพ์ชีวภาพในประเทศจีน โดยใช้ไฮโดรเจล

เป็นสารพิมพ์ขึ้นกระดูกอ่อนหู เซลล์ตับ หลอดเลือด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไต ๓ มิติ



รูปที่ ๑๔ นักวิชาการจีน กับไต ๓ มิติ

(แหล่งที่มา: <http://www.3ders.org>)

พ.ศ. ๒๕๕๗ บริษัท Layerwise ประเทศเบลเยียม และบริษัท Xilloc ประเทศเนเธอร์แลนด์เป็นบริษัทการพิมพ์ ๓ มิติทางการแพทย์และทันตกรรมที่สำคัญ ในปัจจุบันบริษัท Xilloc ได้สร้างชากรรไกรล่าง ๓ มิติใส่ให้ผู้ป่วย

ได้มีการคาดการณ์ด้านการพิมพ์ชีวภาพ ๓ มิติ ในช่วง พ.ศ. ๒๕๕๗ - ๒๕๗๓ ว่าเทคโนโลยีการพิมพ์ชีวภาพ ๓ มิติจะมีศักยภาพมหาศาล บริษัท Oxford Performance Materials ก็เพิ่งได้รับอนุมัติจากองค์การเภสัชประเทศไทย สหรัฐอเมริกาให้พิมพ์กะโหลก ๓ มิติ ใส่แทนกะโหลกศีรษะมนุษย์ได้



รูปที่ ๑๕ กระโหลกศีรษะมนุษย์พิมพ์ ๓ มิติ

(แหล่งที่มา: <http://www.medgadget.com>)

วิธีการ

ตัดชิ้นเนื้อจากอวัยวะหรือส่วนร่างกายที่จะต้องพิมพ์อวัยวะหรือเนื้อเยื่อเพื่อนำไปถ่ายปลุกซ่อมแซมหรือใส่แทนที่ นำเซลล์จากชิ้นเนื้อที่เก็บมาไปเพาะเลี้ยงในของเหลวที่มีอาหารและออกซิเจน ที่เรียกกันว่าหมักชีวภาพ หลังจากเพาะเลี้ยงแล้วจึงใส่ลงในตลับพิมพ์แบบโครงสร้างเหมือนอวัยวะหรือเนื้อเยื่อที่ต้องการพิมพ์ แบบโครงสร้างนี้จัดทำโดยอาศัยคอมพิวเตอร์พิมพ์แบบเป็นชั้นๆ

ปัญหาปัจจุบันคือการพิมพ์หลอดเลือดที่นำส่งอาหารและออกซิเจนไปเลี้ยงเซลล์อวัยวะพิมพ์ และซับซ้อนของเสีย

ดร. Luiz Bertassoni และคณะแห่งมหาวิทยาลัยซิดนีย์ ได้รายงานเรื่องดังกล่าวไว้ใน Journal of the Royal Society of Chemistry 2014 และได้คาดการณ์ว่าการพิมพ์หลอดเลือดสมบูรณ์น่าจะประสบความสำเร็จภายในสองสามทศวรรษหน้าหรืออาจเร็วกว่านั้น

ในปัจจุบันงานพิมพ์อวัยวะที่สำเร็จ ได้แก่

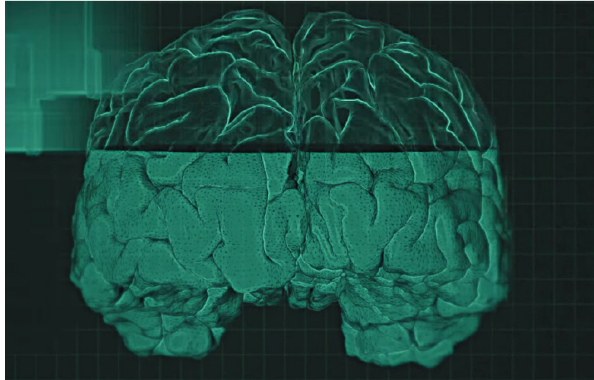
Dr. Frank Bova หัวหน้าห้องปฏิบัติการชีววิทยาและรังสีศัลยศาสตร์ มหาวิทยาลัยฟลอริดา ได้สร้างอวัยวะเหมือนสำหรับการฝึกหัด เช่น สมองและกระโหลกศีรษะเท่าขนาดของคนไข้ที่จะรับการผ่าตัด



รูปที่ ๑๖ แฟรงค์ โบว่า สร้างแบบจำลอง สมองและกระโหลก ๓ มิติ

(แหล่งที่มา: <http://www.discovermagazine.com>)

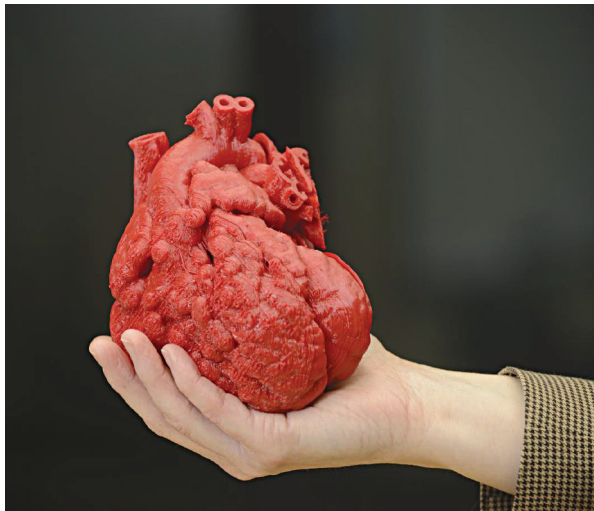
Dr. Joseph Madsen แห่งโรงพยาบาลเด็กบอสตัน ได้ฝึกผ่าตัดสมองล่วงหน้า ๑ วัน ก่อนการผ่าตัดจริง โดยฝึกผ่าตัดสมองพิมพ์ ๓ มิติ



รูปที่ ๑๗ สมองพิมพ์ ๓ มิติ สำหรับฝึกผ่าตัด

(แหล่งที่มา: <http://http://www.medicaldaily.com/3d-printing-organs-head-ing-toward-future-indestructible-humans-328098#big-shots/328098/2>)

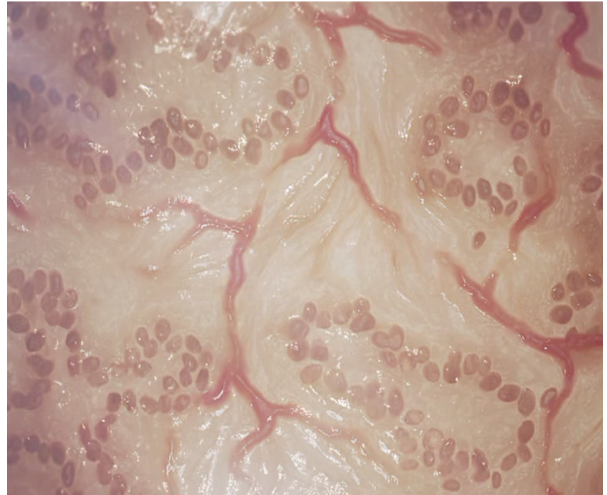
การพิมพ์หัวใจ ๓ มิติ เพื่อฝึกก่อนการผ่าตัดทำได้ เช่นเดียวกับการผ่าตัดสมอง



รูปที่ ๑๘ หัวใจจำลอง ๓ มิติ

(แหล่งที่มา: <http://www.medicaldaily.com/3d-printing-organs-heading-toward-future-indestructible-humans-328098#big-shots/328098/3>)

สำหรับตับพิมพ์ ๓ มิตินั้น นักวิทยาศาสตร์ทำให้ตับมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ ๖ สัปดาห์ ใช้สำหรับทดลองและการค้นหายาใหม่ราคาถูกลง



รูปที่ ๑๙ ตับจำลอง ๓ มิติ สำหรับใช้ทดลองยา

(แหล่งที่มา: <http://www.medicaldaily.com/3d-printing-organs-heading-toward-future-indestructible-humans-328098#big-shots/328098/3>)

นายแพทย์ Toshiaki Morikawa แห่งโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยจเคอี ในกรุงโตเกียว ได้สอนการผ่าตัดแก่นักเรียนแพทย์ โดยใช้ปอด ๓ มิติ เขาเชื่อว่าอวัยวะพิมพ์ ๓ มิติ จะถูกนำไปใช้ในการแพทย์ด้านการถ่ายปลูกอวัยวะในอนาคต



รูปที่ ๒๐ นายแพทย์โตมิตะคิ มอริคาวา สอนการผ่าตัดโดยใช้ปอด ๓ มิติ

(แหล่งที่มา: <http://www.bworldonline.com/weekender/content.php?id=104242>)

สรุป

ในช่วงเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีการพิมพ์ ๓ มิติ รวมทั้งการพิมพ์ชีวภาพ ๓ มิติ ได้พัฒนาการอย่างมากและรวดเร็ว จากวิทยาการที่ก้าวหน้าทำให้ระบบการทำงานต่างๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และได้ช่วยให้มนุษย์มีประสิทธิภาพการดำรงชีวิตดีขึ้น ทั้งด้านกายภาพและทางด้านการแพทย์ ในปัจจุบันนี้ ได้นำการพิมพ์อวัยวะ ๓ มิติไปใช้ในด้านเวชศาสตร์ฟื้นฟู ด้านศัลยกรรมถ่ายปลูก การศึกษาด้านการแพทย์ และการค้นคว้าวิจัย แต่การพิมพ์ชีวภาพมีปัญหาซับซ้อนกว่าการพิมพ์ ๓ มิติทั่วไป เพราะเป็นเรื่องการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีชีวิตให้สมบูรณ์และยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีวิศวกรรมชีวภาพทำให้เชื่อว่าไม่เกินกี่ศตวรรษนี้ มนุษย์จะมีอายุยืนยาวและมีสภาพร่างกายและสุขภาพดั่งปรารถนา

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

๑. Choi CQ. "Pop-Up" 3D Structures Can Mimic Brain Circuits. Live Science Contributor Jan.08,2015. From : <http://www.livescience.com/49377-pop-up-3d-structures.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒. Choi CQ. 4D Implant Saves Babies with Breathing Problems. Live Science Contributor. April 29,2015. From: <http://www.livescience.com/50668-4d-implant-babies-breathing-problems.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

๓. Cooper-White M. How 3D Printing Could End the Deadly Shortage of Donor Organs. The Huffington Post 03/01/2015 From: http://www.huffingtonpost.com/2015/03/01/3d-printed-organs-regenerative-medicine_n_6698606.html เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔. Davey M. 3D printed organs come a step closer. 4 July 2014 From: <http://www.theguardian.com/science/2014/jul/04/3d-printed-organs-step-closer> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๕. Dhar M. Surgeons Get Practice Using Brains Made on 3D Printers. Contributing Writer. November 18, 2013. From: <http://www.livescience.com/41309-brain-surgeons-practice-3d-printing.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๖. Dorrier J. They're Alive! Watch These Mini 3D Printed Organs Beat Just Like Hearts. Apr 22, 2015. From: <http://singularityhub.com/2015/04/22/theyre-alive-watch-these-mini-3d-printed-organs-beat-just-like-hearts/> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๗. 1859 – The Year 3D Printing Hit the Mainstream. 3D Additive Fabrication Monday, January 2, 2012. From: <http://3daddfab.com/blog/index.php?/archives/8-1859-The-Year-3D-Printing-Hit-the-Mainstream.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

๘. 3D-printed sugar network to help grow artificial liver. Technology 2 July 2012. From: <http://www.bbc.com/news/technology-18677627> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๙. 3-D Printing. A New Dimension. From: <http://www.cbc.ca/news/arts/3d-printing-a-whole-new-dimension-of-design-1.3074631> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๑๐. 3D Printing History. AV Plastics. From: <http://www.avplastics.co.uk/3d-printing-history> เปิดอ่านวันที่ ๒๘ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๑๑. 3D printing – Wikipedia, the free encyclopedia. From: http://en.m.wikipedia.org/wiki/3D_printing เปิดอ่านวันที่ ๒๓ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๑๒. 3D-Printing Spare Human Parts: Ears and Jaws Already, Livers Coming Up; Need an Organ? Just Print It. From: <http://globeconomicanalysis.blogspot.com/2013/08/3d-printing-spare-human-parts-ears-and.html> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๑๓. Dunham S. Surgeon's Helper: 3D printing Is Revolutionizing Health Care (Op-Ed). SmarTech Markets Feb. 23, 2015. From: <http://www.livescience.com/49913-3d-printing-revolutionizing-health-care.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๑๔. Embryonic Stem Cells Exclusive: Cloned vs 3D printed to Breakthrough in Medical Field. May 15, 2013. From: <http://www.designntrend.com/articles/4343/20130515/embryonic-stem-cells-exclusive-cloned-vs-3d-printed-breakthrough-medical.htm> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๑๕. Engineering Ourselves – The Future Potential Power of 3D-Bioprinting? From: <http://www.engineering.com/3DPrinting/3DPrintingArticles/ArticleID/7379/Engineering-Ourselves-The-Future-Potential-Power-of-3D-Bioprinting.aspx> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๑๖. Fedorovich NE, Alblas J, Hennink WE, Oener FC, Dhert WJA. Organ printing: the future of bone regeneration? Trends in Biotechnology 2011; 29: 601-5. From: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21831463> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๑๗. Ghose T. Live Cells Printed Using 'Rubber Stamp' Method. Staff Writer. February 10, 2014. From: <http://news.yahoo.com/live-cells-printed-using-39-rubber-stamp-39-202752907.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๑๘. Ghose T. Artificial Heart 'Jacket' Made on 3D Printer. Staff Writer. March 03, 2014. From: <http://mannaimay-aadventure.com/tag/artificial-heart-jacket-made-on-3d-printer/> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๑๙. Ghose T. 3D Printing Can Improve Face Transplants. Staff Writer. December 01, 2014. From: <http://www.livescience.com/48950-3d-printing-face-transplants-models.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒๐. Ghose T. 3D Printing Molecules Can Reveal New Insights. Staff Writer December 29, 2014. From: <http://www.livescience.com/49278-3d-printing-molecules.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒๑. Ghose T. Bio-Art: 3D-Printed Faces Reconstructed From Stray DNA. Staff Writer March 16, 2015. From: <http://www.biotechprism.com/bio-art-3d-printed-faces-reconstructed-from-stray-dna/> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒๒. Gilpin L. New 3D bioprinter to reproduce human organs , change the face of health care: The inside story. From: <http://www.techrepublic.com/article/new-3d-bioprinter-to-reproduce-human-organs/> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๒๓. How do they 3D print kidney in China. 3D printer and 3D printing news Aug. 15, 2013. From: <http://www.3ders.org/articles/20130815-how-do-they-3d-print-kidney-in-china.html> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๒๔. Hsu J. 3D Printing Aim to Deliver Organs on Demand. September 24, 2013. From: <http://www.livescience.com/39885-3d-printing-to-deliver-organs.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒๕. Hsu J. Tiny 3d-Printed Liver Slices Pave Way for Growing Organs. November 06, 2013. From: <http://www.livescience.com/40974-3d-printed-liver-slices-created.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

๒๖. Hsu J. 3D-Printed Kidneys Take Small Steps Toward Organ Replacements. November 25, 2013. From: <http://www.livescience.com/41480-3d-printed-kidneys-take-small-steps.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒๗. Invetech helps bring bio-printers to life. Regenerative Medicine 11 December 2009. From: <http://www.lifescientist.com.au/content/biotechnology/news/invetech-helps-bring-bio-p...> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๒๘. Ito S. 3D printed organs offer ultra-realistic practice models. AFP March 10, 2015. From: <http://www.3ders.org/articles/20150310-ultra-realistic-3d-printed-organs-prep-japanese-doctors-for-real-surgery.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๒๙. King A. Pharma moves into 3D printing with customizable drug delivery devices. Free News Letter, 19-Mar-2015. From: <http://www.in-pharmatechnologist.com/Drug-Delivery/Pharma-moves-into-3D-printing-with-customizable-drug-delivery-devices> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๓๐. Leckart S. How 3-D Printing Body Parts Will Revolutionize Medicine. From: <http://www.popsoci.com/science/article/2013-07/how-3-d-printing-body-parts-will-revol...> เปิดอ่านวันที่ ๒๕ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๓๑. Ledford H. The printed organs coming to a body near you. 15 April 2015. From: <http://www.nature.com/news/the-printed-organs-coming-to-a-body-near-you-1.17320> เปิดอ่านวันที่ ๑๕ เมษายน ๒๕๕๘
๓๒. Lee W. What is 3D Printing? An Overview. From: <http://www.3dprinter.net/reference/what-is-3d-printing> เปิดอ่านวันที่ ๒๕ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๓๓. Lee Ventola C. Medical Application for 3D Printing: Current and Projected Uses. P T 2014 Oct; 39(10): 704-11. From: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4189697/> เปิดอ่านวันที่ ๒๕ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๓๔. Lewis T. How 3D Printing Gets a Boost from Vitamin B2. Staff Writer October 30, 2013. From: <http://www.livescience.com/40822-3d-printing-gets-boost-from-vitamin-b2.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๓๕. Lewis T. 3D-Printed Blood Vessels Could Be Used for Transplants. Staff Writer. June 03, 2014. From: <http://www.livescience.com/46067-3d-printed-blood-vessels.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๓๖. Life-like Synthetic Bodies Could Soon Replace Medical School Cadavers. Openhouse Medical News- From: <http://blog.oh-medical.comp/> เปิดอ่านวันที่ ๒ มิถุนายน ๒๕๕๘
๓๗. Lim JR. Muscle Tissue Could Make Robots More Lifelike. Staff Writer. June 30, 2014. From: <http://www.livescience.com/46601-3d-printed-robot-muscle-tissue.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๓๘. Morber J. Custom Organs, Printed to Order. Nova Next March 18, 2015. From: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/body/3d-printed-organs/> เปิดอ่านวันที่ ๑๓ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๓๙. Nathan S. Building body parts with 3D printing. The Engineer May 24, 2010. From: <http://www.theengineer.co.uk/in-depth/analysis/building-body-parts-with-3d-printing/1...> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๔๐. Odde DJ, Renn MJ. Laser-guided direct writing for applications in biotechnology. Nanotechnology 1999; 17: 385-9. From: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10481169> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔๑. Odde, DJ, Renn MJ. Laser-guided direct writing of living cells. Biotechnol Bioeng 2000;67(3):312-8. From: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10620261> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔๒. Organ printing. From: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15299269> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔๓. Palermo E. Bye, Bye Baubles: New 3D Printers Could Build Implants, Electronics. Staff Writer. January 15, 2015. From: <http://www.livescience.com/49466-3d-printers-science-applications.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔๔. Pappa S. 3D-Printed Bacteria May Unlock Disease Secrets. Live Science Contributor. October 07, 2013. From: <http://www.livescience.com/40219-3d-printed-bacteria.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

๔๕. Pearce J. Bone Replacement and Heart Monitors Spur Health Revolution in Open Source 3D Printing (Op-Ed). Op-Ed & Insights March 01, 2014. From: <http://m.livescience.com/43787-bone-replacements-and-heart-monitors-spur-health-revolution-in-open-source-3d-printing.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔๖. Professionals: Hideo Kodama. From : <http://kai-u.jp/english/staff0.1.html> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๔๗. Quigley JT. Chinese scientists are 3D printing ears and livers – with living tissue. The Diplomat August 15, 2013. From: <http://thediplomat.com/2013/08/Chinese-scientists-are-3d-printing-ears-and-liver-with...> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๔๘. Rettner R. 3D-Printt a Brain with Free Government Library. Senior Writer. June 18, 2014. From: <http://www.livescience.com/46393-nih-3d-print-exchange.html> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๔๙. Ringeisen Br, Spargo BJ, Wu PK. Cells and organ printing. New York: Springer Science+Business Media B.V. 2010 From: http://download.springer.com/static/pdf/286/bfm%253A978-90-481-9145-1%252F1.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Fbook%2Fbfm%3A978-90-481-9145-1%252F1&token2=exp=1433307583~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F286%2Fbfm%25253A978-90-481-9145-1%252F1.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Fbook%252Fbfm%253A978-90-481-9145-1%252F1*~hmac=c29a173dd41728682ad62808df0b08701efcd1437f6025d27adc85859055485d เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘
๕๐. Silverstein J. “Organ printing” could drastically change medicine. ABC News Feb. 10, 2006 From: <http://abcnews.go.com/Technology/story?id=1603783&page=1> เปิดอ่านวันที่ ๒๔ พฤษภาคม ๒๕๕๘
๕๑. Vaccarezza M, Papa V. 3D prunting: a valuable resource in human anatomy education. (Letter to the Editor). Jap Assoc Anatomists 2014. From: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12565-014-0257/s12565-7/fulltext.html>
๕๒. Weller Ch. 3D Printing Organs Heading Toward Future of Indestructible Humans. Apr 6, 2015. From: <http://www.medicaldaily.com/3d-printing-organs-heading-toward-future-indestructible-humans-328098> เปิดอ่านวันที่ ๓ มิถุนายน ๒๕๕๘

Abstract

3D Organ Printing

Somchai Bovornkitti*, Manop Pithukpakorn**, Wiraj Sripatanasakul***

* The Academy of Science, The Royal Society of Thailand, Bangkok

** Department of Medicine, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University

*** Jewelry Manufacturer, Walmart Certificate

The development of the 3D printing technology has come a long way over the past several years. There is widespread optimism that this technology is likely to gain prominence in coming years and has a far reaching impact on daily life. In particular, 3D organ printing is garnering attention from researchers as it offers the prospect of advancing medical science and practice with the commercializing of the technology over the next decade or so.

Currently, 3D organ printing has become a reality in several areas of medical practice, for example clinical implementation with regard to hollow structures, such as the bladder and urine tubes. Research is being conducted on many sophisticated tissues, including kidney and liver, as well as other major organs. An important breakthrough in research is the 3D printing of embryonic stem cells. Scientists would not need to extract real embryonic stem cells in order to conduct research, as that process has been controversial. Other applications include developing 3D printed models for medical education and research, such as in drug development and toxicology.

Currently, although vascularization remains a critical challenge in tissue engineering of 3D organs, many scientists anticipate that only a couple of decades would be needed for the technology to overcome problem related to sustaining the life of the transplanted 3D organs.