



และใกล้ชิดสเต็มเซลล์

Know and Closely Identify Stem Cells

· พรชัย เหลืองบริสุทธิ์

· อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน

· คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

· E-mail: Pornchai_lua@utcc.ac.th

บทคัดย่อ

เซลล์เป็นโครงสร้างพื้นฐานของชีวิต สิ่งมีชีวิตทุกชนิดเกิดจากเซลล์ เซลล์สามารถมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะ สเต็มเซลล์ที่เซลล์มีศักยภาพอยู่ในระดับโทดิโพเทินต์ สามารถพัฒนาและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์หรือเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ที่ทำหน้าที่เฉพาะได้ เอ็มบริโอนิกสเต็มเซลล์ คือ เซลล์ที่มีศักยภาพอยู่ในระดับโทดิโพเทินท์ สเต็มเซลล์ในตัวเต็มวัยคือ เซลล์ที่มีศักยภาพอยู่ในระดับพลูริโพเทินท์ มัลติโพเทินท์ หรือยูนิโพเทินท์ซึ่งมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงสภาพไปเป็นเซลล์ต่างๆ ลดหลั่นกันลงมาเพราะเหตุว่าเซลล์เหล่านี้มีศักยภาพที่จะเปลี่ยนแปลงสภาพไปเป็นเซลล์ชนิดต่างๆ ได้ จึงมีการนำเอาสเต็มเซลล์มาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

คำสำคัญ: เซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ สเต็มเซลล์

Abstract

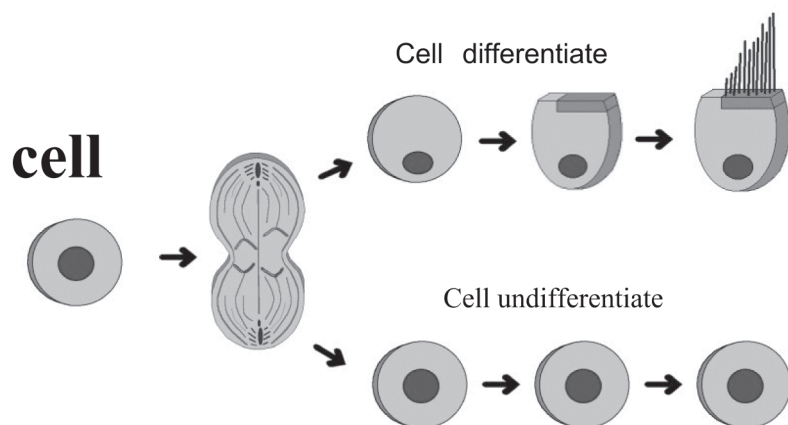
A cell is the basic structure of life. All organisms start from one cell. Cells can develop and differentiate to become specific tissues and organs. Stem cells are cells which have special potency to develop into other specific cells or tissues. Embryonic stem cells are the most totipotent. Adult stem cells are pluripotent, multipotent or unipotent. Because of their potencies, they are used in medical applications.

Keywords: Cell Differentiation, Stem Cells

บทนำ

สิ่งมีชีวิตในโลกนี้ล้วนแล้วแต่มีวิวัฒนาการจากการมีโครงสร้างแบบง่าย ๆ จนมาถึงการมีโครงสร้างที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โดยเริ่มจากเซลล์หนึ่ง เซลล์นั้นมีหลาย ๆ เซลล์นั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพของเซลล์นับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการเจริญเติบโต และการพัฒนาของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เมื่อเซลล์มีการเปลี่ยนแปลง (Cell Differentiation) (ภาพที่ 1)

คือ เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Specialized Cells) เช่น เซลล์ประสาท เซลล์กล้ามเนื้อ เซลล์ผิวหนัง เซลล์เยื่อบุผิว เซลล์กระดูก เป็นต้น เซลล์เหล่านี้เมื่อมารวมกันเกิดเป็นเนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบอวัยวะ ในที่สุดก็ทำให้เราเห็นว่ามันประกอบกันเป็นรูปร่างและโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตขึ้นมา (Wayne and David, 1991)



ที่มา: Goodhill, 2007.

ภาพที่ 1 การแบ่งตัวของเซลล์ที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ (Cell Differentiation) ไปทำหน้าที่เฉพาะ และที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพ (Cell Undifferentiation) ไปทำหน้าที่เฉพาะ

โดยทั่วไปแล้วการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในสัตว์ชั้นสูงที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual Reproduction) จะเริ่มต้นด้วยการปฏิสนธิ (Fertilization) เมื่อเซลล์ไข่ที่ได้รับการผสมกับสเปิร์มแล้ว จะมีการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวน (Cell Division) ต่อจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นบลาสโตซิสต์ (Blastocyst) แล้วพัฒนาเป็นฟัตัส (Fetus) และเป็นตัวเต็มวัย (Adult) ตัวเต็มวัยนี้เมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพที่เสื่อมลงและสุดท้ายก็ตายในที่สุด

ขณะเมื่ออยู่ในช่วงโตเต็มวัยนี้ สัตว์นั้นก็สามารถผลิตเซลล์สืบพันธุ์ได้อีก นับเป็นจุดเริ่มต้นของวงจรของการเจริญเติบโตและพัฒนาของสิ่งมีชีวิตใหม่ต่อไป (Wayne and David, 1991)

โดยทั่วไปมนุษย์เรามีเซลล์พร้อมที่จะเจริญเติบโตสามารถแบ่งตัวเองขึ้นมาใหม่และเปลี่ยนแปลง เพื่อไปทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งที่เฉพาะเจาะจงโดยไม่ย้อนกลับมาเป็นเซลล์เดิมได้อีก เช่น เซลล์สมอง เซลล์กล้ามเนื้อ เซลล์กระดูก และเซลล์

ดับ เซลล์เหล่านี้เมื่อตายแล้วจะไม่มีเซลล์เกิดขึ้นมาใหม่มาทดแทนเซลล์เดิม ในขณะที่เดียวกันร่างกายของมนุษย์ก็ยังมีเซลล์อีกกลุ่มหนึ่งที่สามารถเจริญเติบโตได้โดยที่เซลล์พวกนี้สามารถพัฒนาแบ่งตัวเองขึ้นมาใหม่ได้ หรือเป็นเซลล์ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เฉพาะหรือ มีความสามารถเปลี่ยนสภาพไปทำหน้าที่เฉพาะได้ เซลล์พวกนี้เราเรียกว่า **สเต็มเซลล์ (Stem Cells)** สามารถจำแนกได้ 4 ชนิดที่แตกต่างกันตามศักยภาพ (Potency) ในการเปลี่ยนแปลงสภาพของสเต็มเซลล์ (Bora, 2007) ได้แก่

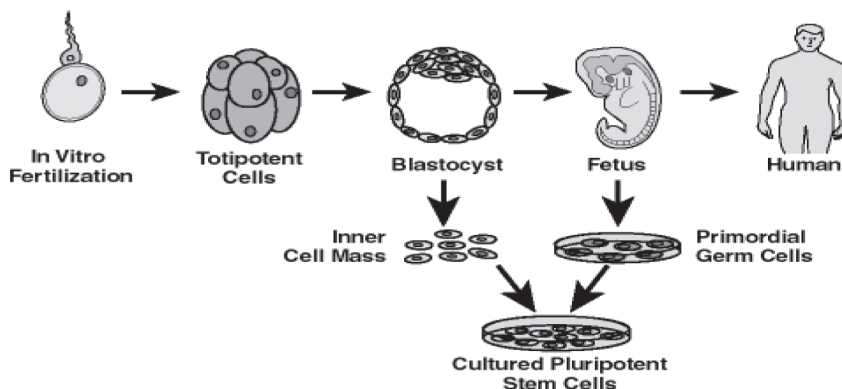
1. โทติโพเทเท็นท์สเต็มเซลล์ (Totipotent Stem Cells) เป็นเซลล์ที่มีการแบ่งตัวเองอย่างไม่จำกัดและพัฒนาได้เป็นเซลล์ทุกชนิดของร่างกายได้ เช่น เซลล์ที่ได้จากเอมบริโอของมนุษย์ ในระยะตอนต้น

2. พลิวริโพเทเท็นท์สเต็มเซลล์ (Pluripotent Stem Cells) เป็นเซลล์ที่มีการแบ่งตัวเองค่อนข้างจำกัดมากกว่าชนิดแรกแต่ก็พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อ (Tissue) ส่วนใหญ่ของร่างกายในสิ่งมีชีวิต เช่น มวลเซลล์ด้านใน (Inner Mass Cells) ของตัวอ่อน

ระยะ บลาสโตซิสต์ พัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก ชั้นกลางและชั้นในได้ ซึ่งเนื้อเยื่อเหล่านี้ก็จะพัฒนาต่อไปเป็นอวัยวะ ระบบอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย เช่น ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบประสาท และระบบภูมิคุ้มกัน

3. มัลติโพเทเท็นท์สเต็มเซลล์ (Multipotent Stem Cells) เป็นเซลล์ที่ค่อนข้างจะพัฒนาตัวเองไปเป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น ฮีมาโทโปเอติกสเต็มเซลล์ (Hematopoietic Stem Cells) สามารถเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ และเกล็ดเลือด มีเซนไคมอลสเต็มเซลล์ (Mesenchymal Stem Cells) สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์กระดูก กล้ามเนื้อ และเซลล์ไขมันได้

4. ยูนิโพเทเท็นท์สเต็มเซลล์ (Unipotent Stem Cells) เป็นเซลล์ที่พัฒนาตัวเองไปเป็นเซลล์ได้ชนิดเดียวที่สมบูรณ์ เช่น เอ็มบริโอนิก เจอร์ม (Embryonic Germ, EG or Primordial Germ Cells) สามารถเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์ คือ สเปิร์มหรือไข่ได้

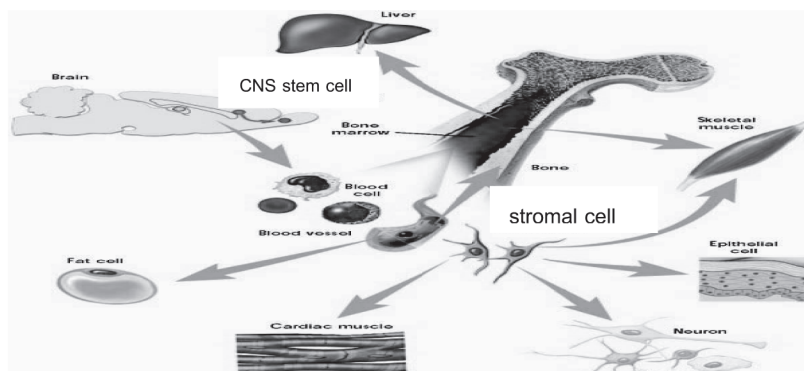


ที่มา: Stevens, 2008.

ภาพที่ 2 วงจรการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของมนุษย์เริ่มจากการปฏิสนธิภายนอกร่างกาย (In Vitro Fertilization) และสเต็มเซลล์ที่ถูกแยกออกมาจากตัวอ่อนระยะบลาสโตซิสต์และฟัตัส

สเต็มเซลล์บางครั้งมีการเปลี่ยนสภาพไปทำหน้าที่เฉพาะที่มีใช้หน้าที่ของเซลล์เดิมได้ซึ่งคุณลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่าพลาสติกิตี้ (Plasticity) เช่น สโตรมอลเซลล์ (Stromal Cell) ที่อยู่ในไขกระดูกสามารถเปลี่ยนสภาพเป็นเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ

เซลล์กล้ามเนื้อลาย เซลล์ประสาท เซลล์เยื่อบุผิว หรือสเต็มเซลล์ของเซลล์สมอง (CNS Stem Cells) เปลี่ยนสภาพเป็นเซลล์เม็ดเลือด (Blood Cell) (ภาพที่ 3) เป็นต้น (Don, 2007)



ที่มา: Don, 2007.

ภาพที่ 3 สเต็มเซลล์ของเซลล์สมอง (CNS Stem Cell) และสโตรมอลเซลล์ (Stromal Cell) ที่อยู่ในไขกระดูกเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซลล์ทำหน้าที่เฉพาะที่มีใช้เซลล์ชนิดเดิม

ในร่างกายของมนุษย์มีเซลล์ประมาณ 100 ล้านล้านเซลล์ (Bora, 2007) แบ่งเป็นเซลล์ชนิดต่างๆ ได้ประมาณ 210 ชนิด (Robert and Freitas, 2008) โดยจะมีเซลล์ทั้งที่ตายไป หรือพวกที่เรียกว่า “ไปไม่กลับ หลับไม่ตื่น ฟันไม่มี หนีไม่พ้น” และเซลล์ที่สร้างขึ้นใหม่แต่เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพร่างกายขึ้นบางครั้งก็จะทำให้สเต็มเซลล์ไม่สามารถทำหน้าที่ต่อไปได้ ดังนั้นจึงทำให้สเต็มเซลล์มีจำนวนลดลงด้วย

สเต็มเซลล์จากอดีตสู่ปัจจุบัน

มีรายงานว่าเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2506 McCulloch และTill ทำการศึกษาและทดลอง สเต็มเซลล์ในไขกระดูกของหนู (Becker, McCulloch, and Till, 2007)

พ.ศ. 2508 Joseph Altman และ Gopal Das ทำการศึกษาสเต็มเซลล์ของเซลล์สมองของหนู (Altman and Das,1965)

พ.ศ. 2511 มีการทดลองถ่ายไขกระดูกได้เป็นผลสำเร็จ

พ.ศ. 2521 มีการค้นพบฮีมาโทโปเอติกสเต็มเซลล์ที่สายรกและสายสะดือของทารก

พ.ศ. 2526 มีการค้นพบเอมบริโอนิกส์สเต็ม-เซลล์ของหนูในมวลเซลล์ด้านใน (Inner Cell Mass) ของเอมบริโอในระยะบลาสโตซิสต์ (Kaufman, Robertson, and Handyside, 1983)

พ.ศ. 2535 มีการเพาะเลี้ยงเซลล์ประสาทในหลอดแก้ว

พ.ศ. 2540 มีการค้นพบว่าโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) เป็นผลจากการที่มีความผิดปกติที่ฮีมาโทโปเอติกสเต็มเซลล์ (Jordan and Van Zant, 2000)

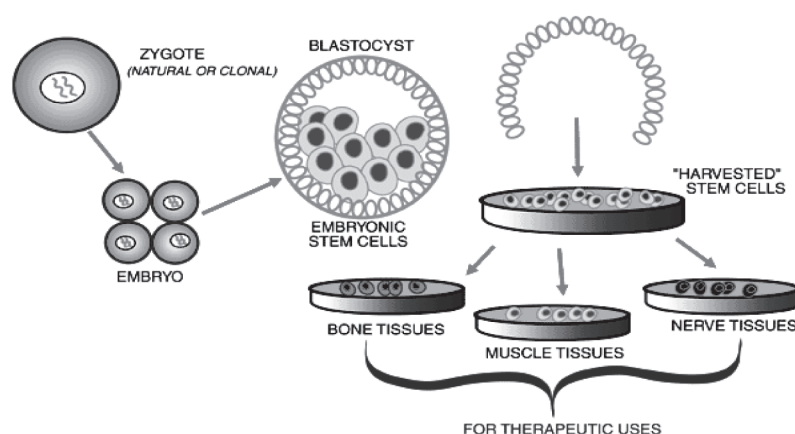
พ.ศ. 2541 นักวิทยาศาสตร์สามารถเพาะสเต็มเซลล์จากตัวอ่อนมนุษย์และเซลล์สืบพันธุ์ ในปีเดียวกันมีคณะวิจัยที่นำโดย เจมส์ ทอมสัน จากมหาวิทยาลัยวิสคอนซินและคณะ ก็สามารถแยกสเต็มเซลล์ในระยะบลาสโตซิสต์มาเพาะเลี้ยงได้เป็นครั้งแรก (Human Embryonic Stem Cells) (Thomson, et al.,1998)

พ.ศ. 2542 สเต็มเซลล์ในหนูทดลองถูกนำไป

เพาะเป็นเซลล์เม็ดเลือด ซึ่งนับว่าเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญ (Ohtaka, Matsuri, and Obnata, 1999)

พ.ศ. 2543 มีรายงานตีพิมพ์เกี่ยวกับเรื่องสเต็มเซลล์มากมาย จากนั้นก็มีการศึกษาวิจัยแพร่หลายไปทั่ว มีการใช้สัตว์ทดลอง เช่น ลิง หนู ซึ่งถือว่าเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมคล้ายกับคน มาทดลองในห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับภาวะน้ำตาลในเลือด (Soria, et al., 2000)

ในปี **พ.ศ. 2544-2549** ประธานาธิบดีประเทศสหรัฐอเมริกา ชื่อ George W. Bush ได้ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยและทดลองเกี่ยวกับเรื่องสเต็มเซลล์ในสัตว์และมนุษย์ (Moeller, 2008)



ที่มา: Rodriguez, 2008.

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการทดลองนำสเต็มเซลล์จากตัวอ่อนในระยะบลาสโตซิสต์มาเพาะเลี้ยง

ในปัจจุบันศาสตราจารย์โคลีฟ สเวนเซน จากมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ ได้ระบุว่าการศึกษาวิจัยด้านสเต็มเซลล์เพื่อการบำบัดและรักษาโรคถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ผู้เชี่ยวชาญทั่วโลกให้ความสนใจ ซึ่งในขณะนี้ก็มีกลุ่มประเทศที่ทำการค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับสเต็มเซลล์ (The International Stem Cell

Forum, ISCF) มีอยู่ทั้งหมดประมาณ 21 ประเทศ (Macauley, 2008)

แหล่งกำเนิดของสเต็มเซลล์

ได้มีการค้นคว้าและทดลองทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่องสเต็มเซลล์ในสัตว์และมนุษย์หลายต่อหลาย

ครั้งพอจะสรุปได้ว่าแหล่งกำเนิดของสเต็มเซลล์ของมนุษย์ได้มาจาก 4 แหล่งดังต่อไปนี้ คือ (ภาพที่ 5) (David, 2007)

1. เอ็มบริโอนิกสเต็มเซลล์ (Embryonic Stem Cells, ESC) มีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอยู่ในระดับที่เรียกว่า *Totipotent Stem Cells* เกิดจากการนำเซลล์ภายหลังไข่และสเปิร์มผสมกันมาเพาะเลี้ยงเป็นสเต็มเซลล์ เช่น มวลเซลล์ด้านในของเอ็มบริโอในระยะบลาสโตซิสต์

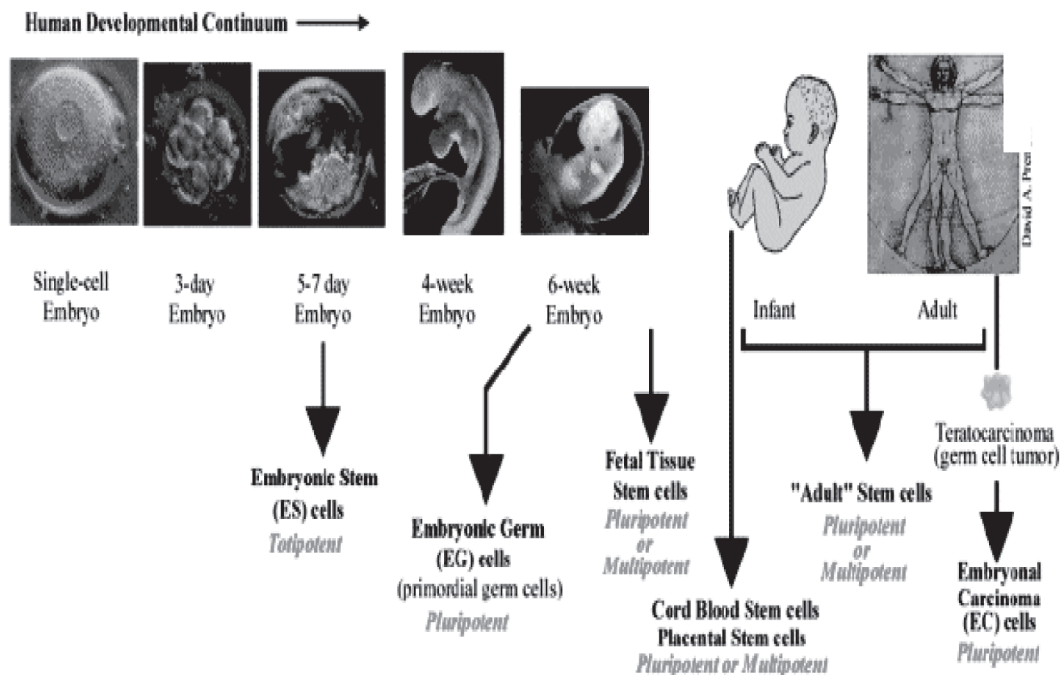
2. ฟีตัลสเต็มเซลล์ (Fetal Stem Cells, FTC) มีศักยภาพอยู่ในระดับที่เรียกว่า *Pluripotent Stem Cells, Multipotent Stem Cells* เกิดจากสเต็มเซลล์ที่ได้จากตัวอ่อนของมนุษย์ (หลังจากการปฏิสนธิประมาณเดือนที่สามขึ้นไปจนถึงก่อนคลอด) เช่น ส่วนที่เป็น Cord Blood Stem Cells ในสายรกและสายสะดือของทารก

3. สเต็มเซลล์ในตัวเต็มวัย (Adult Stem Cells, ASC) เป็นสเต็มเซลล์ที่มีศักยภาพอยู่ในระดับที่เป็น *Multipotent Stem Cells, Pluripotent Stem Cells* เป็นสเต็มเซลล์ที่พบในตัวเต็มวัยหรือในกลุ่มเนื้อเยื่อหรือเซลล์ (ภาพที่ 6) ได้แก่ ไขกระดูก

กระแสดโลหิตและเลือดจากสายสะดือ (Umbilical Cord) และสายรก (Placenta) ผิวหนัง (Skin Cells) เยื่อบุผิว (Epithelial Cells) กล้ามเนื้อ (Skeletal Muscle) ไขมัน (Fat) เลือด (Peripheral Blood) และสมอง (Brain) เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ASC จะมี มีเซนไคมอลสเต็มเซลล์ (Mesenchymal Stem Cells) ซึ่งเชื่อกันว่าสเต็มเซลล์ชนิดนี้จะสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ของอวัยวะต่างๆ ได้ เช่น กระดูก กล้ามเนื้อ เซลล์ประสาท และฮีมาโทโปเอติก (Hematopoietic Stem Cells, HSC) จะสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์ของระบบโลหิตต่างๆ เช่น เม็ดเลือดแดง เม็ดเลือดขาว และเกล็ดเลือด (Metcalf and Moore, 1971)

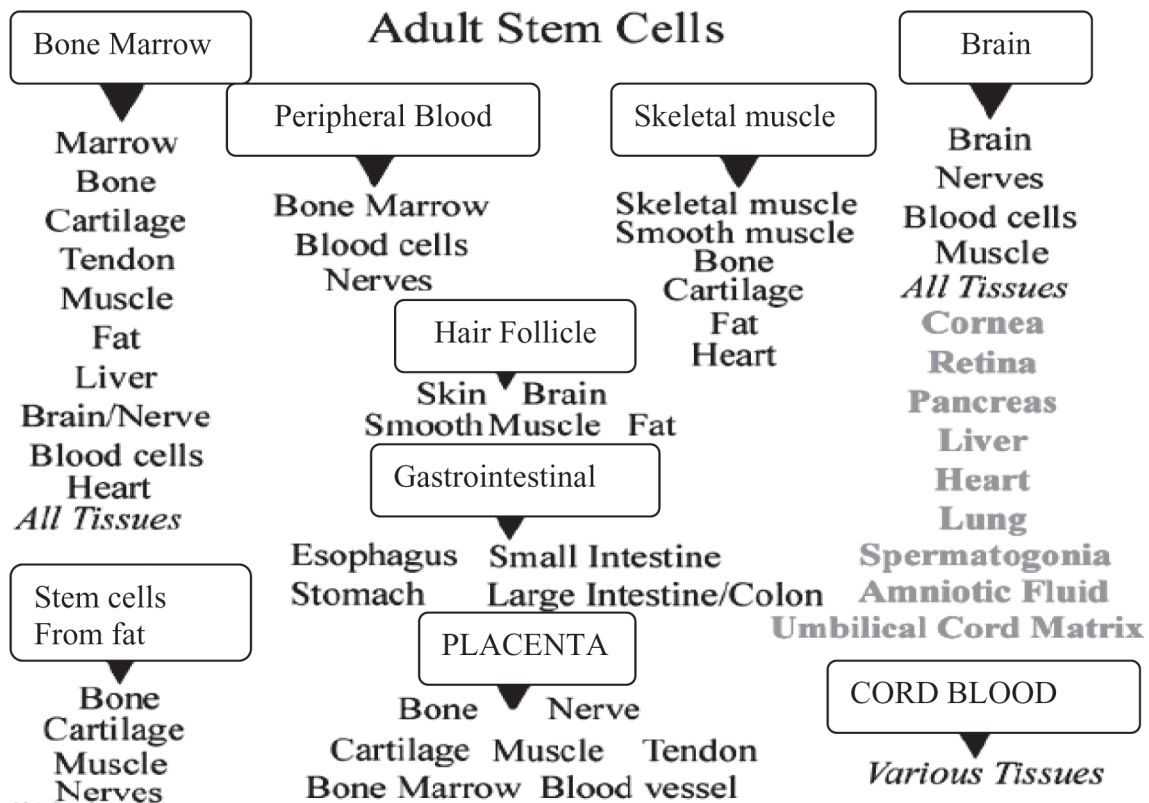
4. เอ็มบริโอนิก เจริ้ม และ เอ็มบริโอนอล คาร์ซิโนมา (Embryonic Germ, EG and Embryonal Carcinoma, EC) เป็นสเต็มเซลล์ที่มีศักยภาพอยู่ในระดับที่เป็น *Pluripotent Stem Cells* **เอ็มบริโอนิก เจริ้ม** เป็นสเต็มเซลล์ที่ได้จากตัวอ่อนของมนุษย์อายุประมาณสัปดาห์ที่ 6 หลังจากปฏิสนธิในขณะที่เนื้อเยื่อจะมีการพัฒนาไปเป็นรังไข่หรืออัณฑะ **เอ็มบริโอนอล คาร์ซิโนมา** เป็นสเต็มเซลล์ที่ได้จากเซลล์มะเร็ง (Germ Cell Tumor)

Stem Cells



ที่มา: David, 2007.

ภาพที่ 5 แหล่งกำเนิดของสเต็มเซลล์ทั้ง 4 แหล่งและชนิดของสเต็มเซลล์



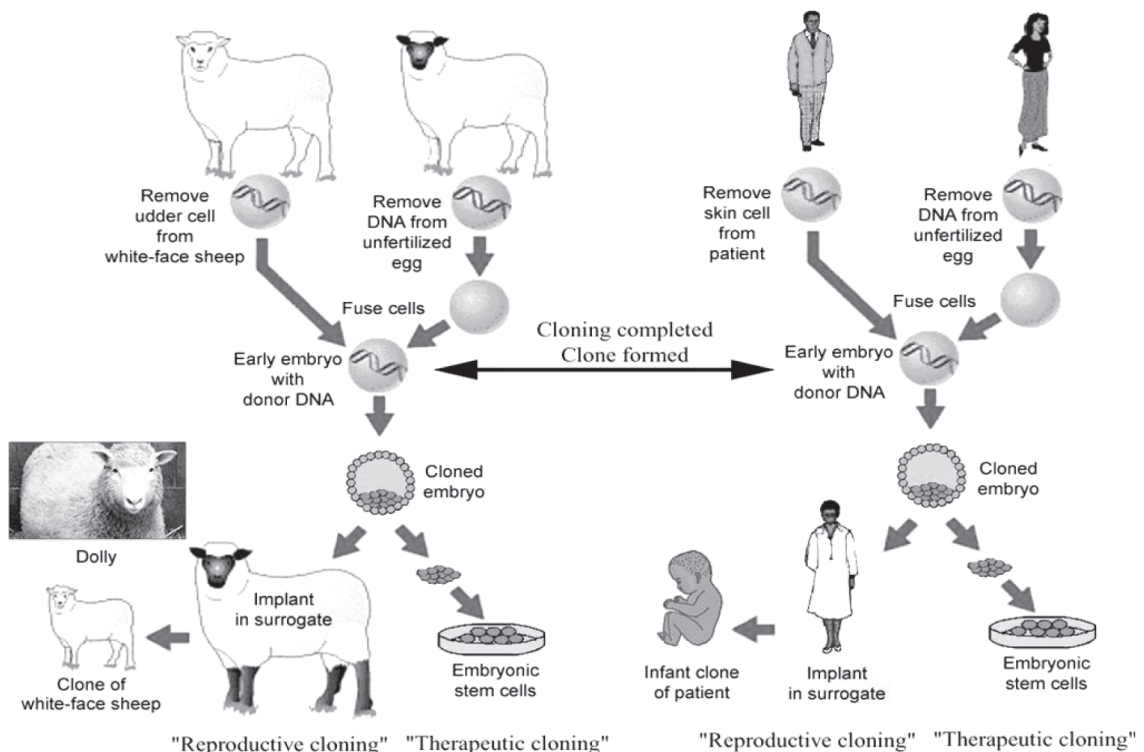
ที่มา: David, 2007.

ภาพที่ 6 สเต็มเซลล์ในตัวเต็มวัย (Adult Stem Cells, ASC) ในอวัยวะต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนสภาพหรือพัฒนาไปเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ (Specialized Cells)

สเต็มเซลล์และการโคลนนิ่ง (Stem Cells and Cloning)

การโคลนหรือโคลนนิ่ง คือ การผลิตเซลล์หรือสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนกัน เราสามารถทำการโคลนโดยนำเอานิวเคลียสที่มีสารพันธุกรรมจากเซลล์ร่างกาย (Somatic Cells) นำมาใส่ลงในเซลล์ไข่ (Unfertilized Egg) ที่เอานิวเคลียสออกแล้ว จากนั้นเอาไปเพาะเลี้ยงจนกระทั่งถึงระยะ

บลาสโตซิสต์ซึ่งจะเป็นแหล่งของสเต็มเซลล์ การโคลนนิ่งได้มีการทดลองในสัตว์หลายชนิดรวมทั้งมนุษย์ด้วย (ภาพที่ 7) มีรายงานการวิจัยนำเอาสเต็มเซลล์ที่ได้จากการโคลนมาประยุกต์ใช้ในด้าน การแพทย์ในการรักษาโรคบางอย่างได้ เช่น โรคสมองเสื่อม โรคเบาหวาน โรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อ โรคมะเร็ง และโรคชนิดอื่นๆ รวมถึงการทดสอบทางยาชนิดต่างๆ ได้อีกด้วย (Don, 2007)



ที่มา: Cicerone, 2008.

ภาพที่ 7 ขั้นตอนการโคลนนิ่งและสเต็มเซลล์ที่ได้ (Embryonic Stem Cells) ในสัตว์และมนุษย์

จริงหรือไม่ มีการประยุกต์ใช้สเต็มเซลล์ทางการแพทย์

มีรายงานว่าได้นำสเต็มเซลล์มาใช้ในการรักษาโรคต่างๆ ที่สำคัญ เช่น โรคเบาหวาน โรคที่เกี่ยวข้องหัวใจและหลอดเลือด โรคโลหิตที่เกิดจากการผิดปกติทางกรรมพันธุ์ เช่น ธาลัสซีเมีย โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukemia) โรคสมองเสื่อม อัลไซเมอร์ โรคพาร์คินสัน ไต กระดูกพรุน รูมาตอยด์ ฯลฯ (Don, 2007) แต่ข้อมูลส่วนใหญ่ก็ยังไม่ได้รับการยืนยันผลการรักษาที่ชัดเจน

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก ก็คือ ความปลอดภัยในการใช้เทคโนโลยีด้านนี้

เพราะเคยมีรายงานว่าเกิดมะเร็งหรือความผิดปกติของร่างกายเนื่องจากการไม่ยอมรับเซลล์หรือเนื้อเยื่อขึ้นในสัตว์ทดลองหรือไม่แน่ใจว่าเมื่อใช้สเต็มเซลล์ในผู้ป่วยที่ทำการรักษาแล้ว สเต็มเซลล์เองจะพัฒนาไปเป็นเนื้อเยื่อตามที่ต้องการได้หรือไม่ นอกจากนี้ยังมีรายงานเพิ่มเติมอีกว่า ยีน (Gene) หรือยีนที่เกิดการกลาย (Mutated Gene) นั้นอาจจะไปมีผลกระทบต่อสภาพของเซลล์เพื่อไปทำหน้าที่เฉพาะได้ สิ่งเหล่านี้ยังต้องการผลงานวิจัยอยู่อย่างต่อเนื่อง และสิ่งที่ต้องนำมาคำนึงถึงให้มากที่สุด ก็คือ ปัญหาทางด้านสังคมและจริยธรรมของของชนชาติในแต่ละประเทศที่มีความเข้าใจแตกต่างกันอันเนื่องมาจากการใช้สเต็มเซลล์ ทั้งนี้ก็เพราะ

สเต็มเซลล์ก็คือชีวิตหนึ่งที่คาดหวังว่าจะนำไปช่วยในการบำบัดรักษาอวัยวะที่ทำหน้าที่บกพร่องให้ทำงานได้ดีหรือดีขึ้นของอีกชีวิตหนึ่ง โดยที่ชีวิตของมันเองต้องถูกทำลายไปดังสเต็มเซลล์ที่ได้จากตัวอ่อน

บรรณานุกรม

Altman, J., and Das, G.D. 1965. "Autoradiographic and Histologic Evidence of Postnatal Neurogenesis in Rats. **J. Comp. Neurol** 124: 319-335.

Becker, A.J., McCulloch, E.A., and Till, J.E. 2007. **Cytological Demonstration of the Clonal Nature of Spleen Colonies Derived from Transplanted Mouse Marrow Cells** [On-line]. Available: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=pubmed&dopt=Abstract&list_uids=13970094

Bora, Z. 2007. **From Two Cells to Many: Cell Differentiation and EM.Development** [On-line]. Available: http://scienceblogs.com/clock/2006/12/from_two_cells_to_many_cell_di.php

Cicerone, R.J. 2008. **Cloning** [On-line]. Available: <http://www.nebcathcon.org/cloning.htm>

David, A.P. 2007. **Senate Commerce Subcommittee on Science, Technology and Space** [On-line]. Available: <http://www.stemcellresearch.org/testimony/20040929prentice.html>

Don, R. 2007. **Stem Cell Basics** [On-line]. Available: <http://stemcells.nih.gov/info/basics4.asp>

Goodhill, V. 2007. **Hair Cell Regeneration in the Vestibular System** [On-line]. Available: http://ronney19.bol.ucla.edu/mechanism__2.htm

Jordan, C.T., and Van Zant, G. 2000. **The Biology of Stem Cells: The Biomedical Engineering Handbook**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press LLC.

Kaufman, M.H., Robertson, E.J., and Handyside, A.H. 1983. "Establishment of Pluripotential Cell Lines from Haploid Mouse Embryos." **J Embryol Exp Morphol** 73: 249.

Macauley, J. 2008. **Human Embryonic Stem Cell Workshops** [On-line]. Available: http://www.stemcellforum.org/isci_project/workshops.cfm

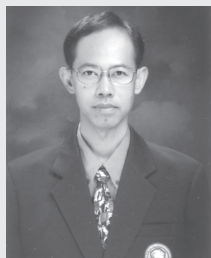
Metcalfe, D., and Moore, M.A.S. 1971. **Haemopoietic Cells**. Amsterdam: Elsevier.

Moeller, E. 2008. **Stem Cell** [On-line]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Stem_cell

Ohtaka, T., Matsuri, Y., and Obinata, M. 1999. "Hematopoietic Development of Primordial Germ Cell-Derived Mouse Embryonic Germ Cell in Culture." **Biochem Biophys Res Commun** 260,(2): 475 -82.

Robert, A., and Freitas, Jr. 2008. **List of Distinct Cell Types in the Adult Human Body**

- [On-line]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_distinct_cell_types_in_the_adult_human_body
- Rodriguez, P. 2008. **Human Cloning and Genetic Modification-The Basic Science You Need to Know** [On-line]. Available: <http://www.arhp.org/patienteducation/onlinebrochures/cloning/index.cfm?ID=282>
- Soria, B., et al. 2000. "Insulin-Secreting Cells Derived from Embryonic Stem Cell Normalize Glycemia in Streptozotocin-Induced Diabetes Mice." **Diabetes** 49: 157-62.
- Stevens, D. 2008. **Standards 4 Life: Stem Cell Research** [On-line]. Available: <http://www.adultstemcell.co.kr/img/scell1.gif>
- Thomson, J.A., et al. 1998. "Embryonic Stem Cell Lines Derived from Human Blastocysts." **Science** 6, 282(5391): 1145-7.
- Wayne, M.B., and David, W.D. 1991. **The World of the Cell**. 2nd ed. Redwood City: The Benjamin/Cummings.



Mr. Pornchai Luangborisut received his Master's degree in Environmental Biology from Mahidol University and Bachelor of General Science from Pranakorn Teacher's College. He is currently working as a lecturer in biology, science technology and environment in the School of Science, University of the Thai Chamber of Commerce.