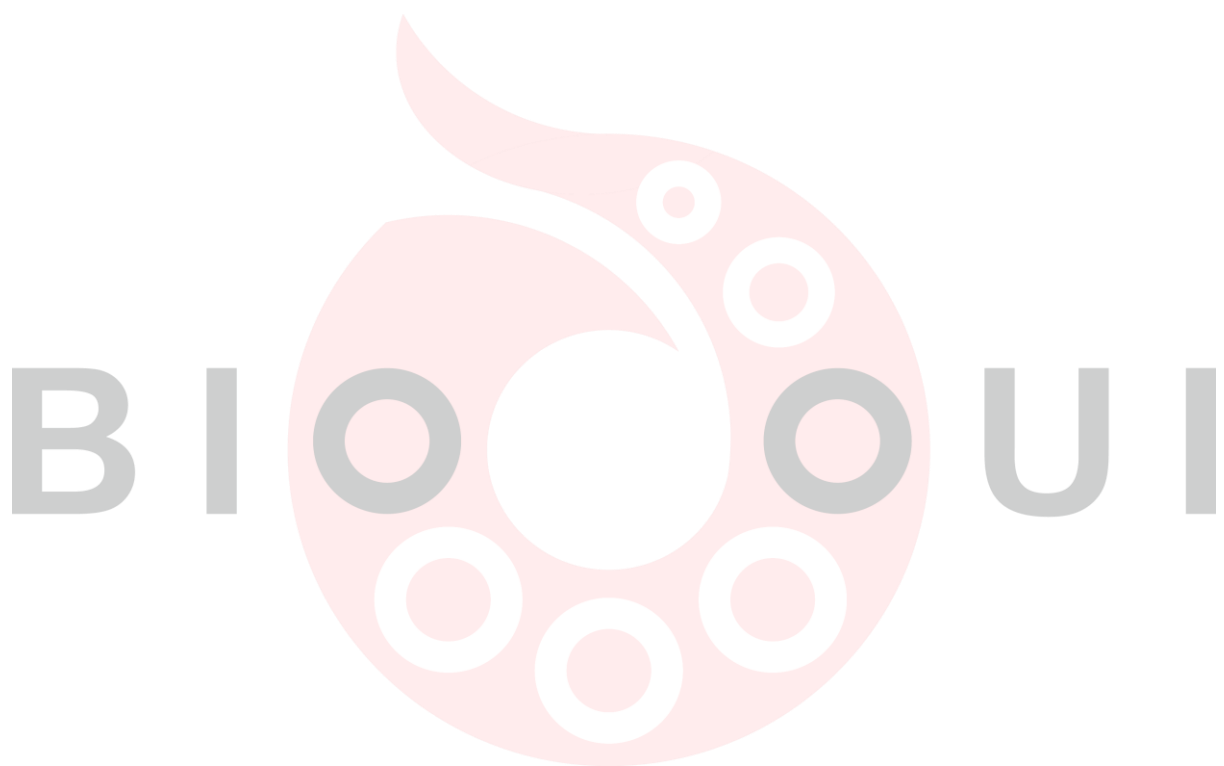


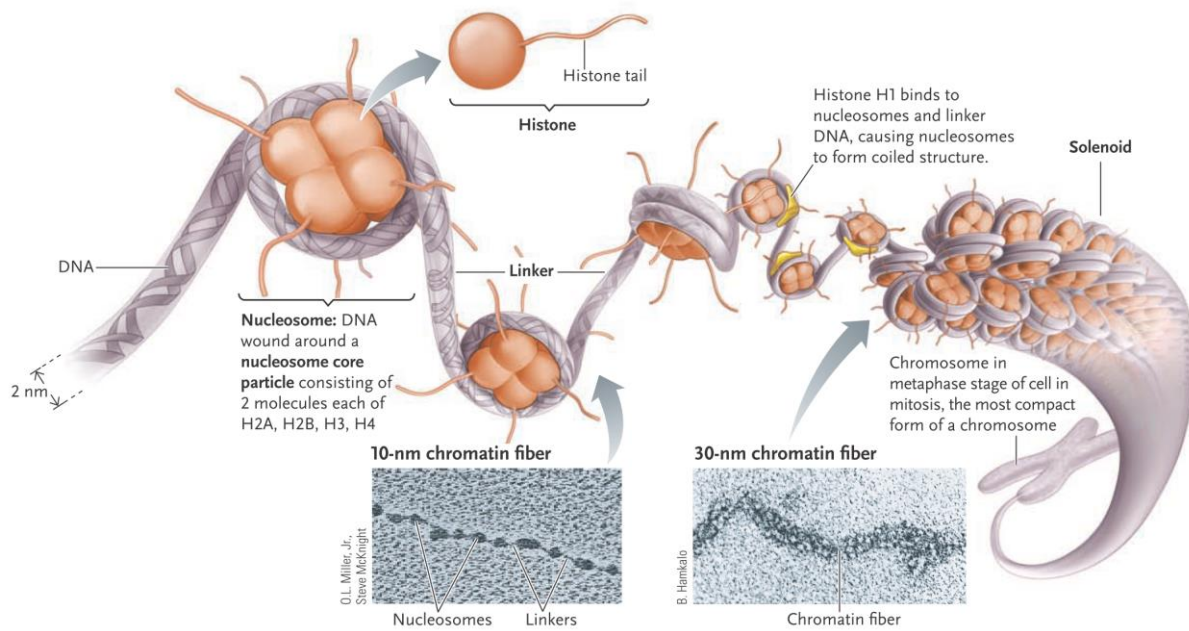
บทที่ 4

วัฏจักรเซลล์ ไมโทซิส และไมโอซิส
(Cell Cycle, Mitosis and Meiosis)

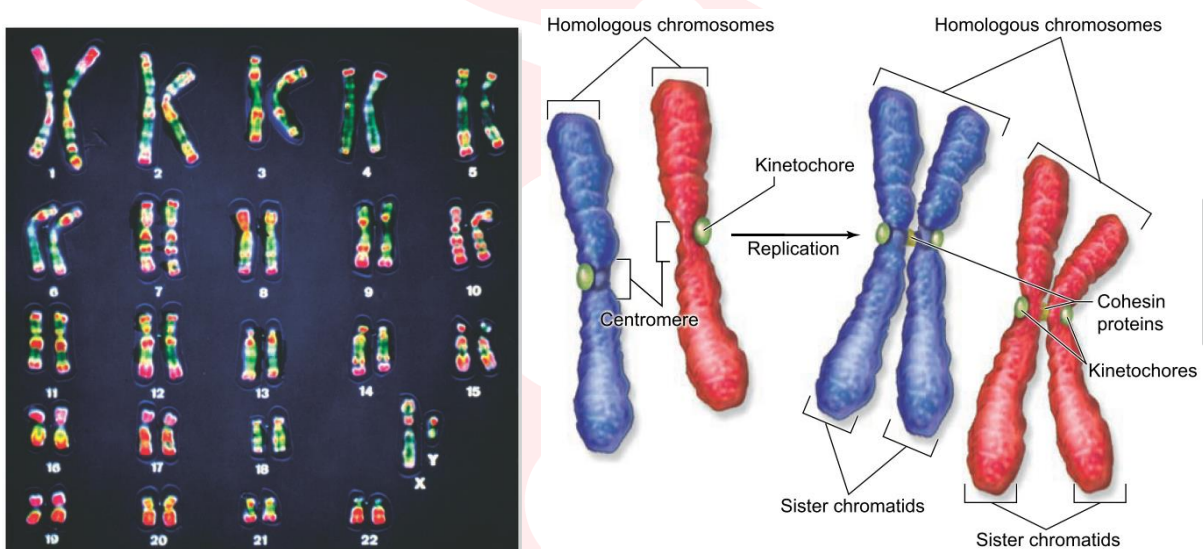
1

ความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม





ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง DNA, chromatin และโครโมโซม



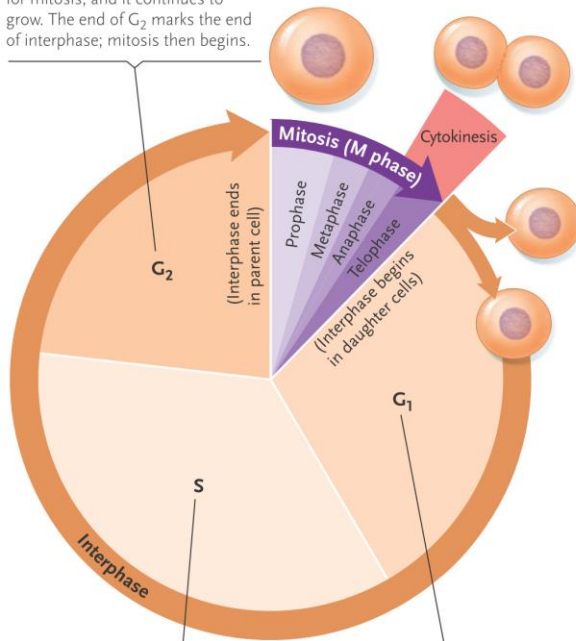
ภาพที่ 2 การทำคาร์ิโอไทป์และโครโมโซม

2 วัฏจักรเซลล์และการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Cell Cycle and Mitosis)

វិញ្ញាបនបត្រ (Cell Cycle)

A. Cell cycle events

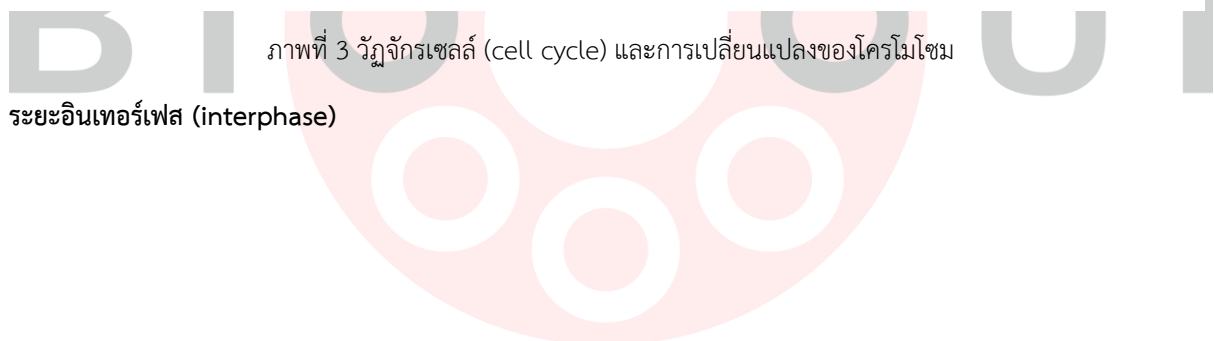
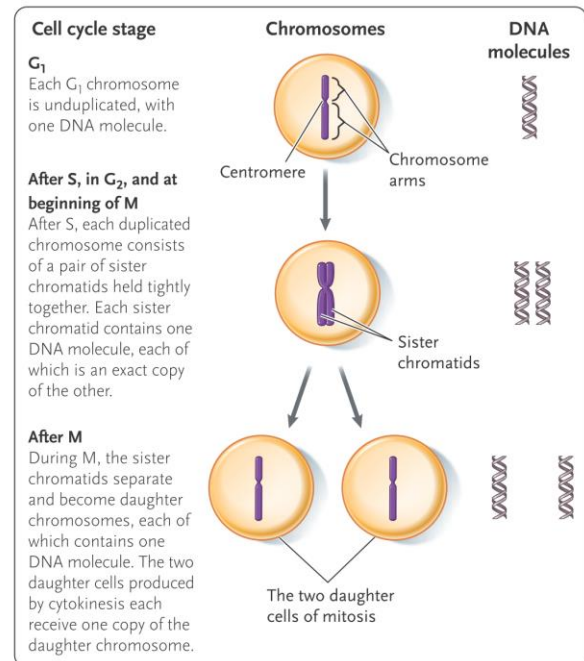
G_2 refers to the second gap in which there is no DNA synthesis. During G_2 , the cell continues to synthesize RNAs and proteins, including those for mitosis, and it continues to grow. The end of G_2 marks the end of interphase; mitosis then begins.



If the cell is going to divide, DNA replication begins. During S phase, the cell duplicates each chromosome, including both the DNA and the chromosomal proteins, and it also continues synthesis of other cellular molecules.

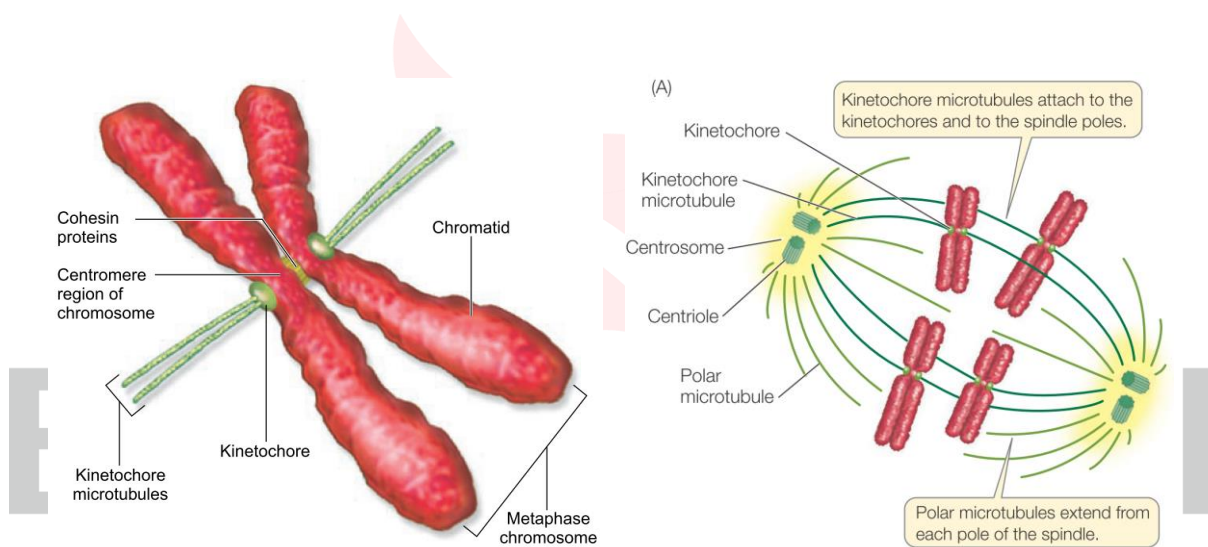
G_1 phase is a period of growth before the DNA replicates. The cell makes various RNAs, proteins, and other types of cellular molecules but not DNA (the G in G_1 stands for *gap*, referring to the absence of DNA synthesis).

B. Chromosomes and DNA molecules at different stages of the cell cycle

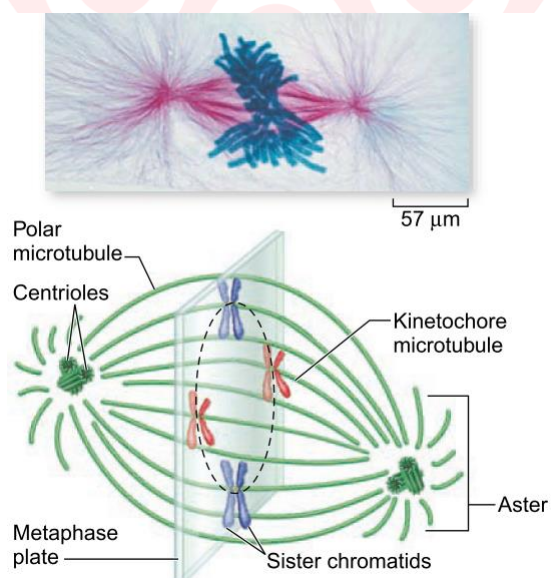


ภาพที่ 3 วัฏจักรเซลล์ (cell cycle) และการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม
ระยะอินเตอร์เฟส (interphase)

ระยะ M (M phase)

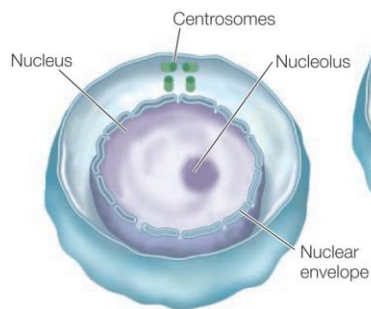
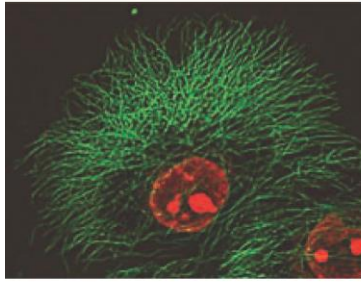


ภาพที่ 4 โครงสร้างของ kinetochore และ microtubules



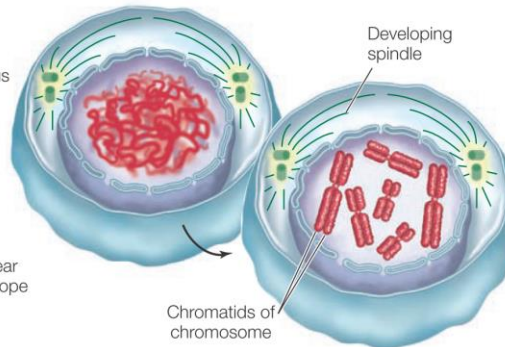
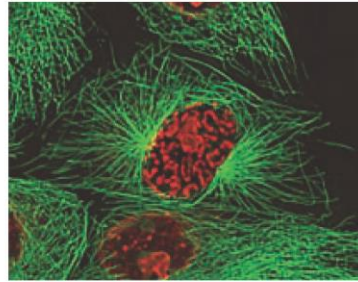
ภาพที่ 5 การจัดเรียงโครโมโซมในระยะเมทาเฟส

Interphase



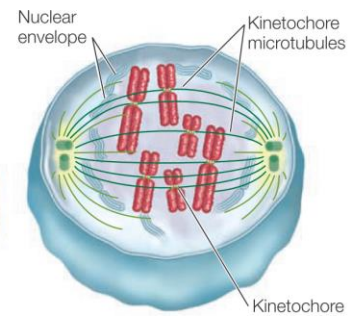
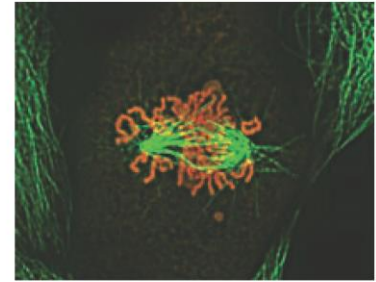
1 During the S phase of interphase, the nucleus replicates its DNA and centrosomes.

Prophase



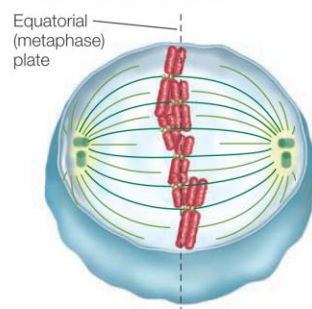
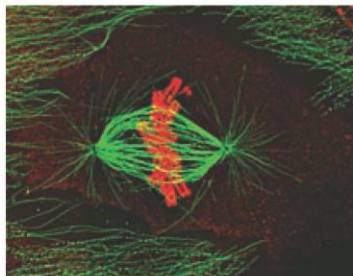
2 The chromatin coils and supercoils, becoming more and more compact and condensing into visible chromosomes. The chromosomes consist of identical, paired sister chromatids. Centrosomes move to opposite poles.

Prometaphase



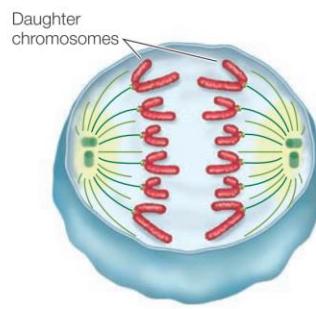
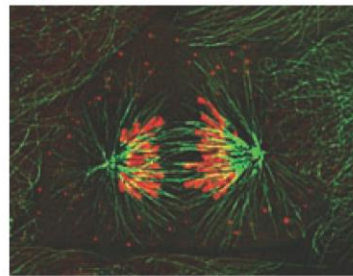
3 The nuclear envelope breaks down. Kinetochore microtubules appear and connect the kinetochores to the poles.

Metaphase



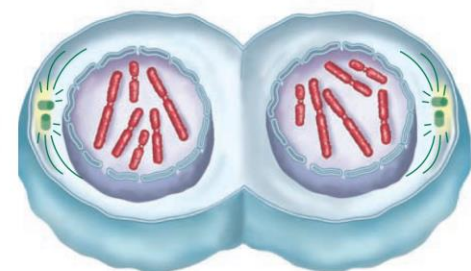
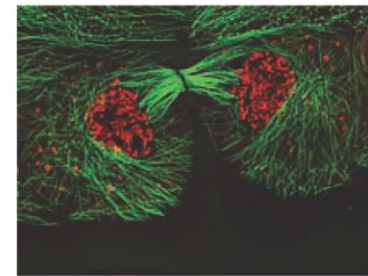
4 The centromeres become aligned in a plane at the cell's equator.

Anaphase



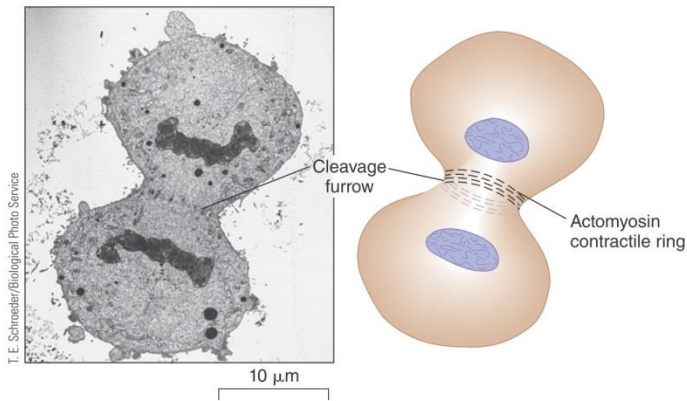
5 The paired sister chromatids separate, and the new daughter chromosomes begin to move toward the poles.

Telophase

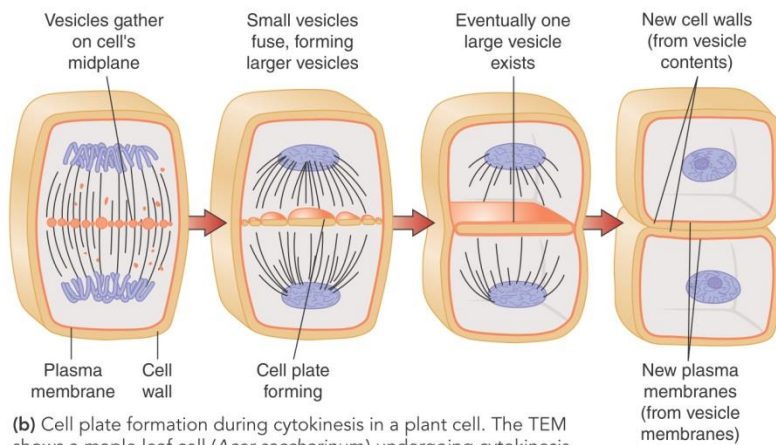


6 The daughter chromosomes reach the poles. As telophase concludes, the nuclear envelopes and nucleoli re-form, the chromatin decondenses, and, after cytokinesis, the daughter cells enter interphase once again.

ภาพที่ 6 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส



(a) TEM of the equatorial region of a cultured animal cell undergoing cytokinesis. Note the cleavage furrow. Dividing fungal cells also have a contractile ring that causes cytokinesis.



(b) Cell plate formation during cytokinesis in a plant cell. The TEM shows a maple leaf cell (*Acer saccharinum*) undergoing cytokinesis.

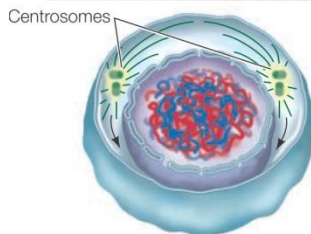
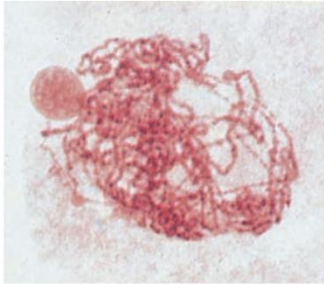
ภาพที่ 7 การแบ่งไซโทพลาสซึม (cytokinesis)

3 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis)

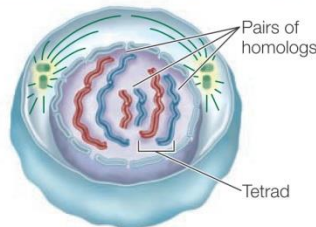
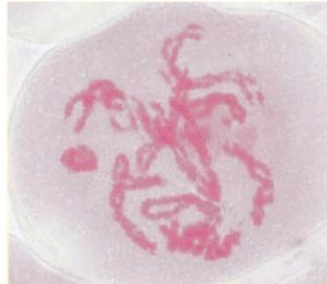
MEIOSIS I

Early prophase I



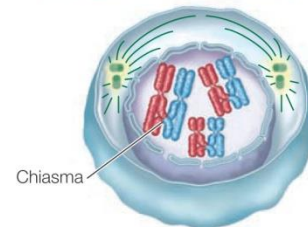
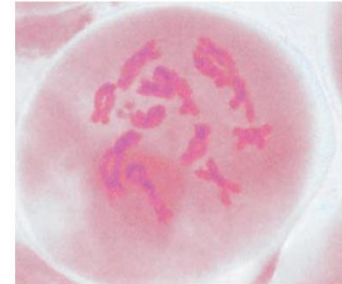
1 The chromatin begins to condense following interphase.

Mid-prophase I



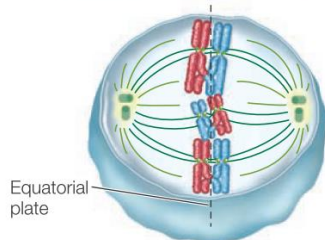
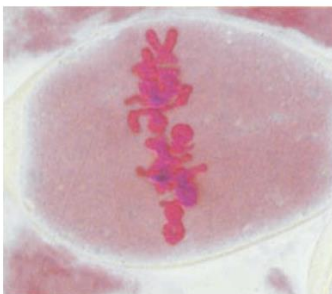
2 Synapsis aligns homologs, and chromosomes condense further.

Late prophase I–Prometaphase



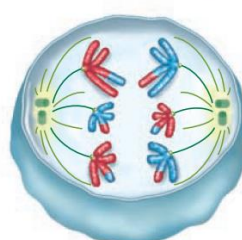
3 The chromosomes continue to coil and shorten. The chiasmata reflect crossing over, the exchange of genetic material between nonsister chromatids in a homologous pair. In prometaphase the nuclear envelope breaks down.

Metaphase I



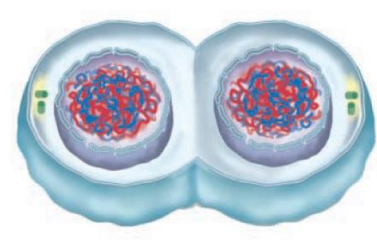
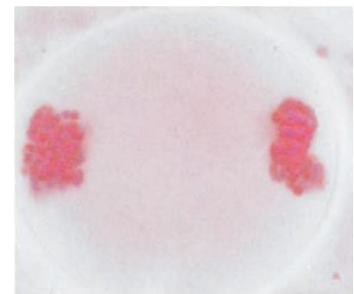
4 The homologous pairs line up on the equatorial (metaphase) plate.

Anaphase I



5 The homologous chromosomes (each with two chromatids) move to opposite poles of the cell.

Telophase I

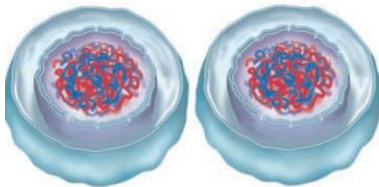
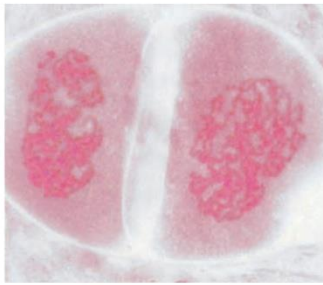


6 The chromosomes gather into nuclei, and the original cell divides.

ภาพที่ 8 การแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส I

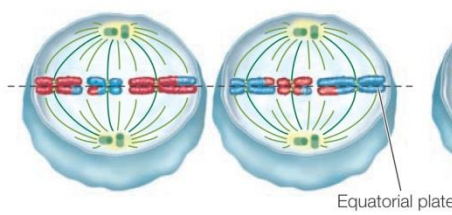
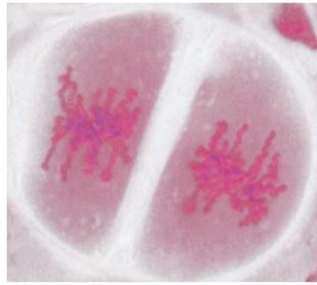
MEIOSIS II

Prophase II



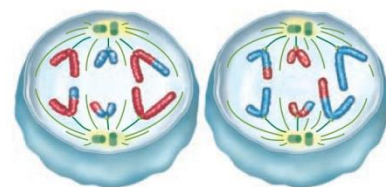
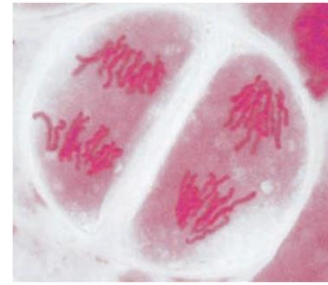
7 The chromosomes condense again, following a brief interphase (interkinesis) in which DNA does not replicate.

Metaphase II



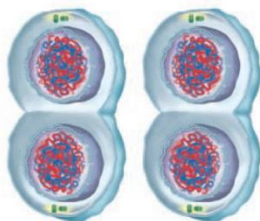
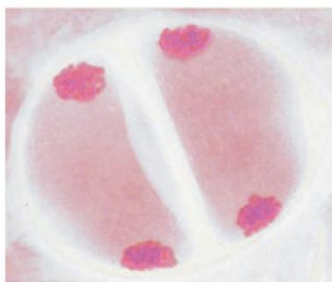
8 The centromeres of the paired chromatids line up across the equatorial plates of each cell.

Anaphase II



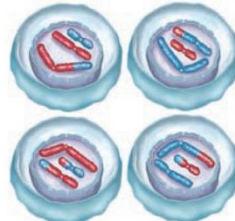
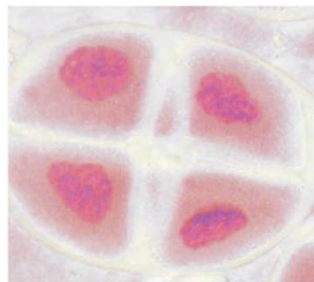
9 The chromatids finally separate, becoming chromosomes in their own right, and are pulled to opposite poles. Because of crossing over and independent assortment, each new cell will have a different genetic makeup.

Telophase II



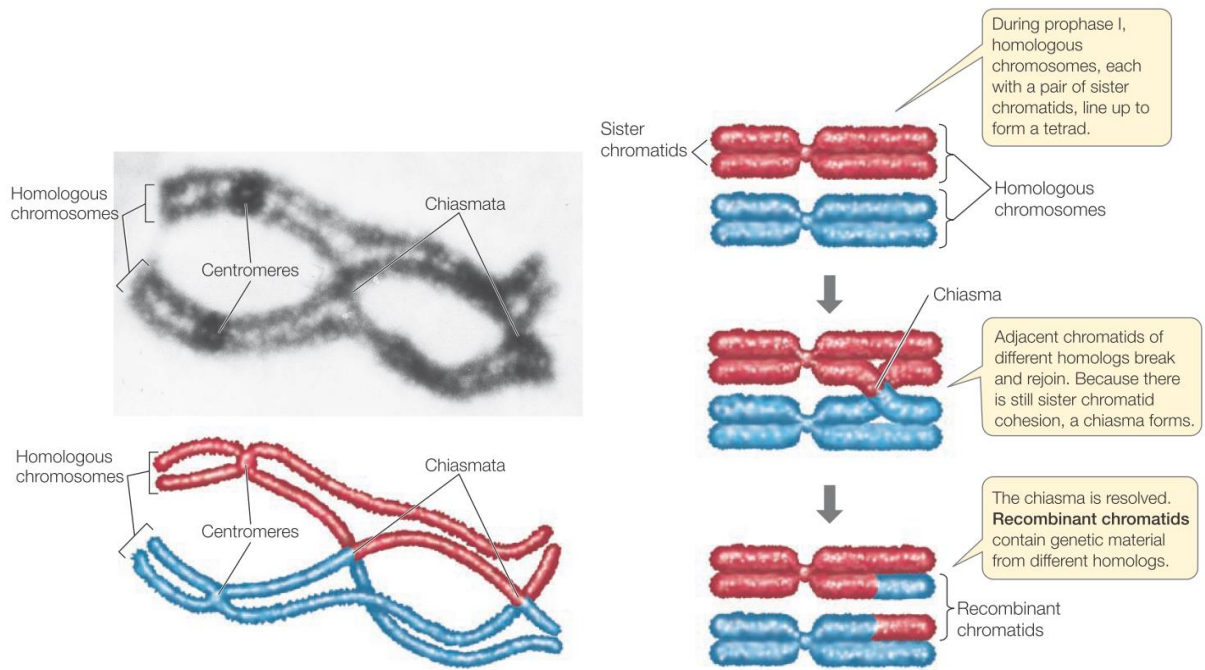
10 The chromosomes gather into nuclei, and the cells divide.

Products

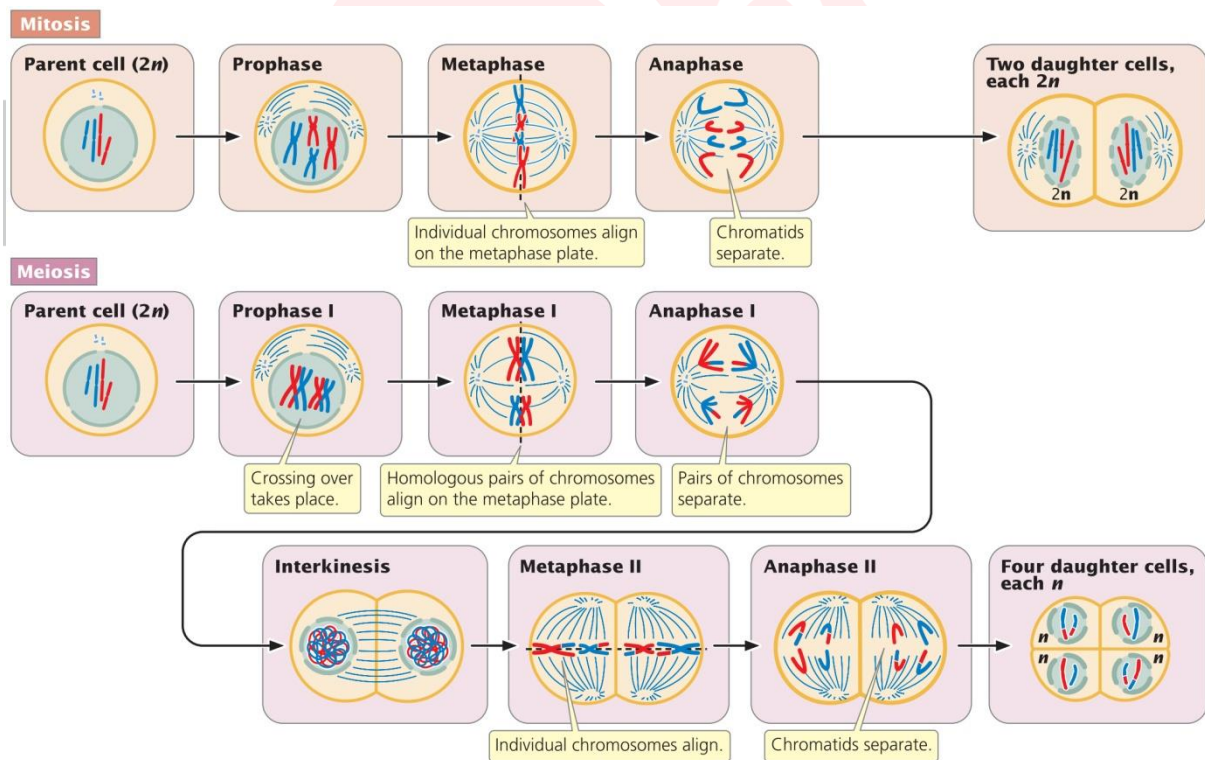


11 Each of the four cells has a nucleus with a haploid number of chromosomes.

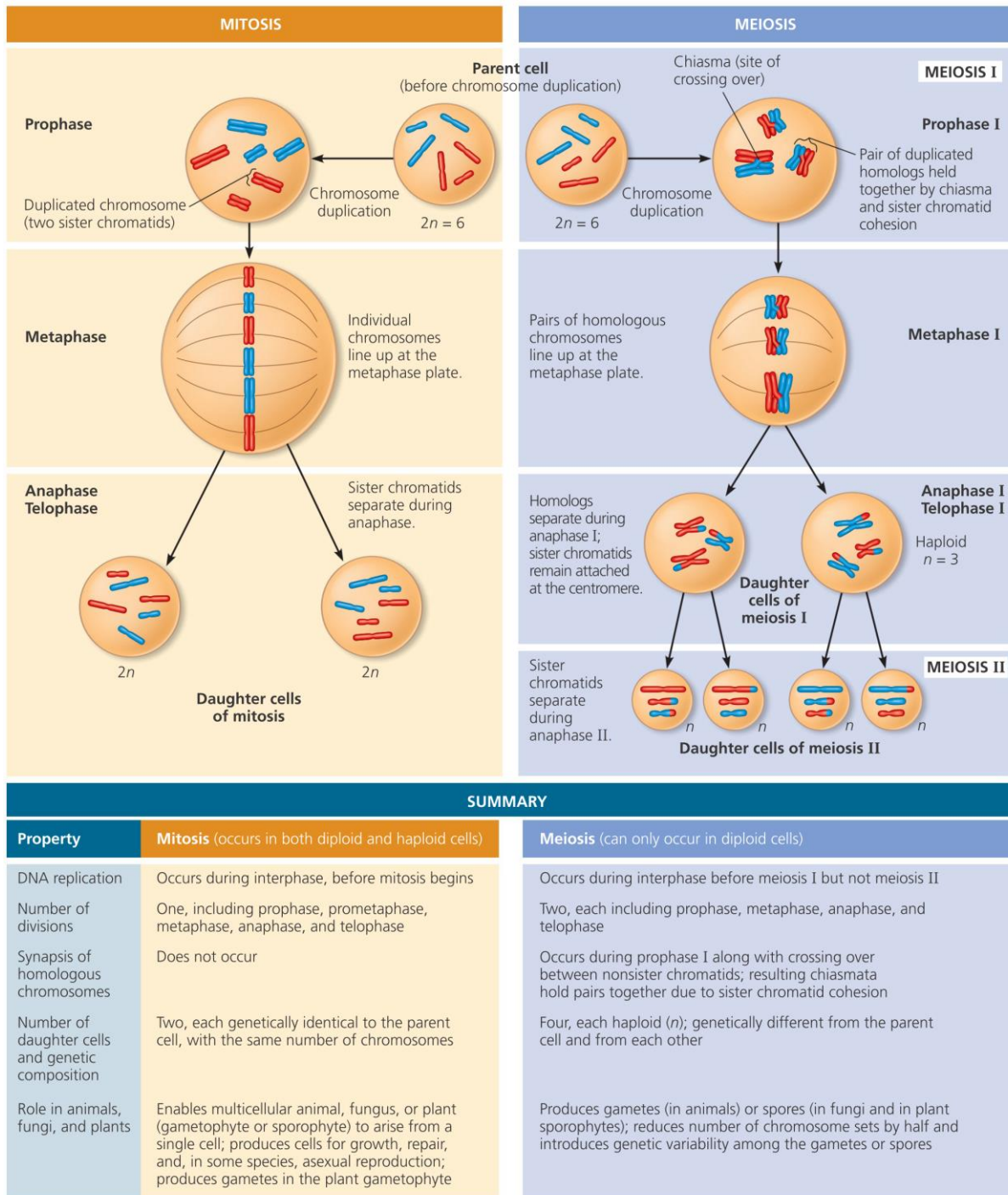
ภาพที่ 9 การแบ่งเซลล์ในระยะไมโอซิส II



ภาพที่ 10 โครงสร้างของ chiasmata และการเกิด crossing over



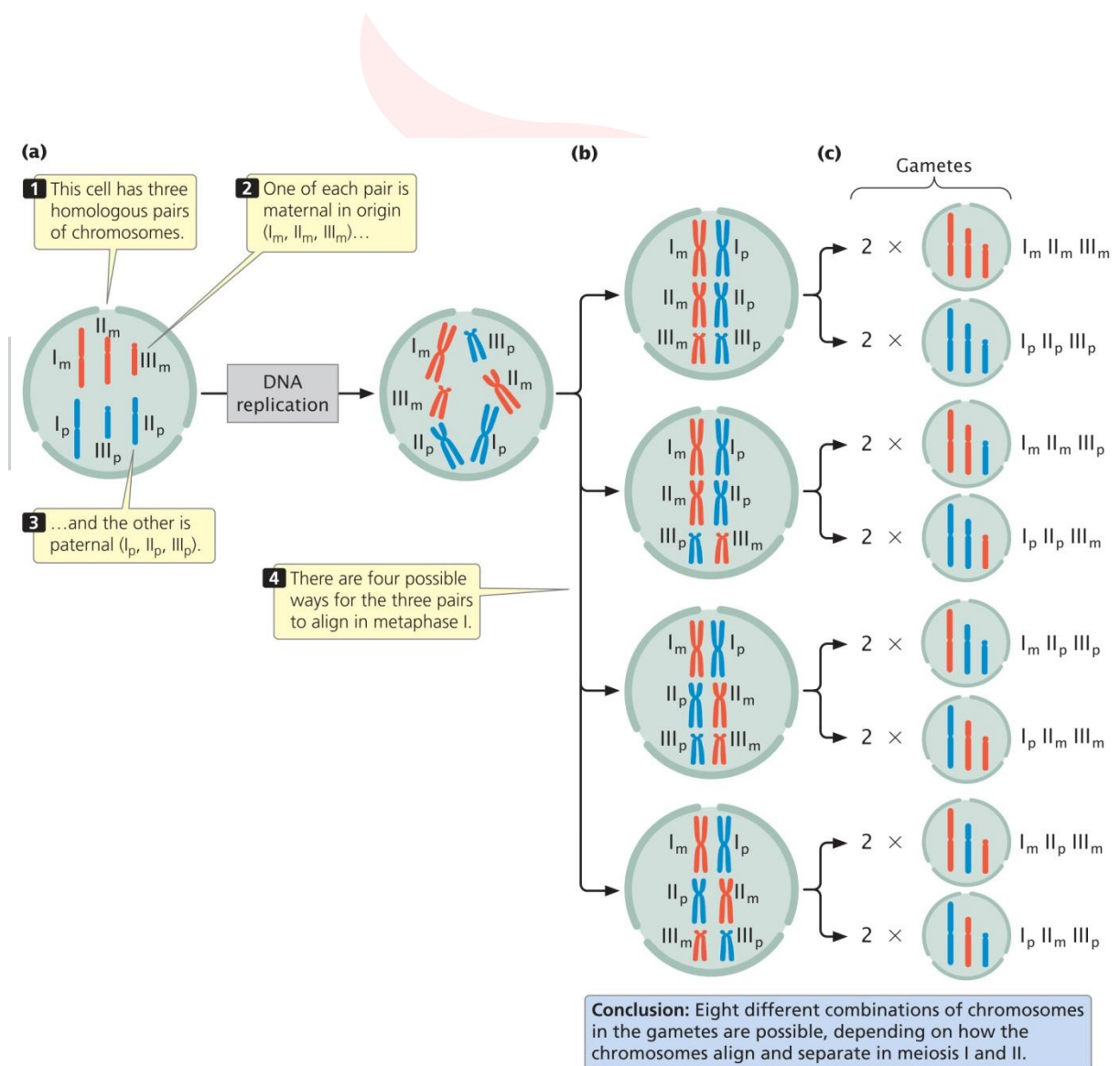
ภาพที่ 11 เปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส



DRAW IT ► Could any other combinations of chromosomes be generated during meiosis II from the specific cells shown in telophase I? Explain. (Hint: Draw the cells as they would appear in metaphase II.)

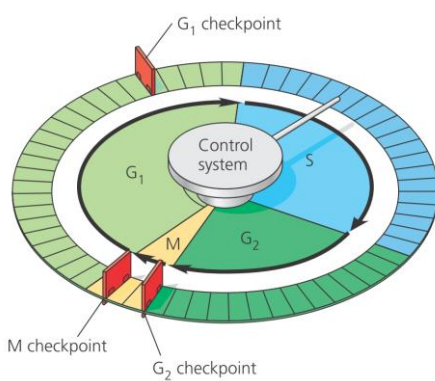
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

การเกิดความแปรผันทางพันธุกรรม

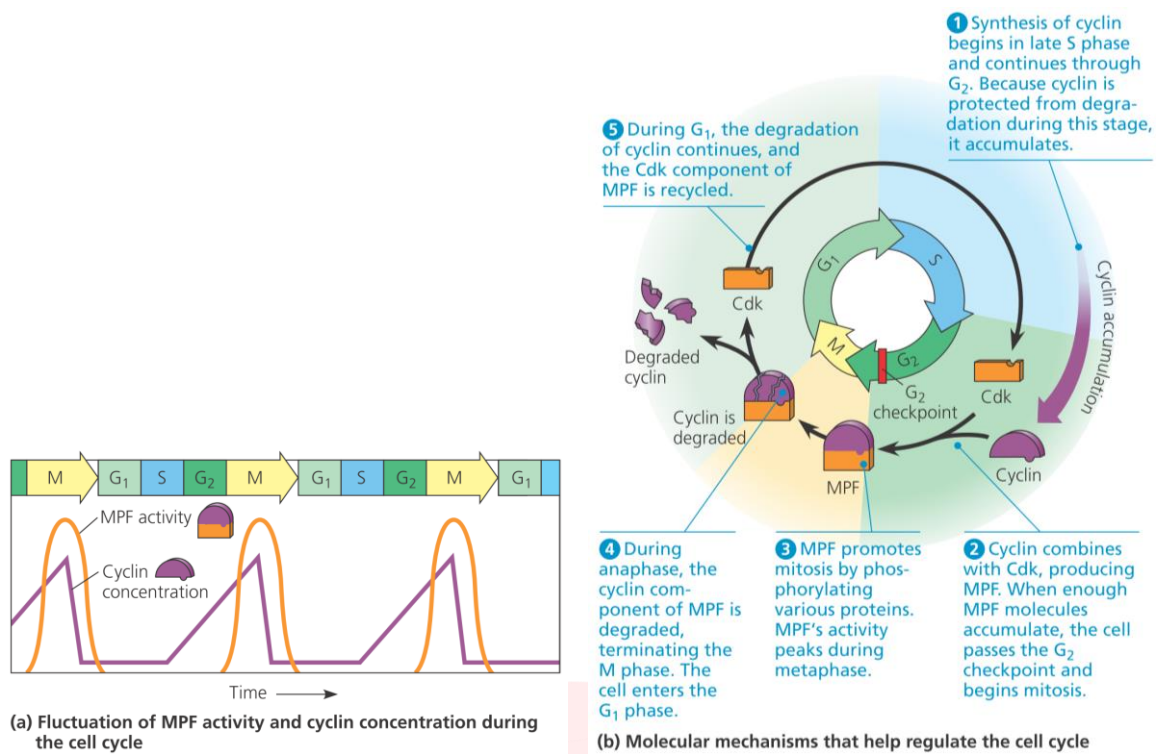


ภาพที่ 13 การจัดเรียงโครโมโซมแบบสุ่มในระยะ metaphase I กับ การเกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม

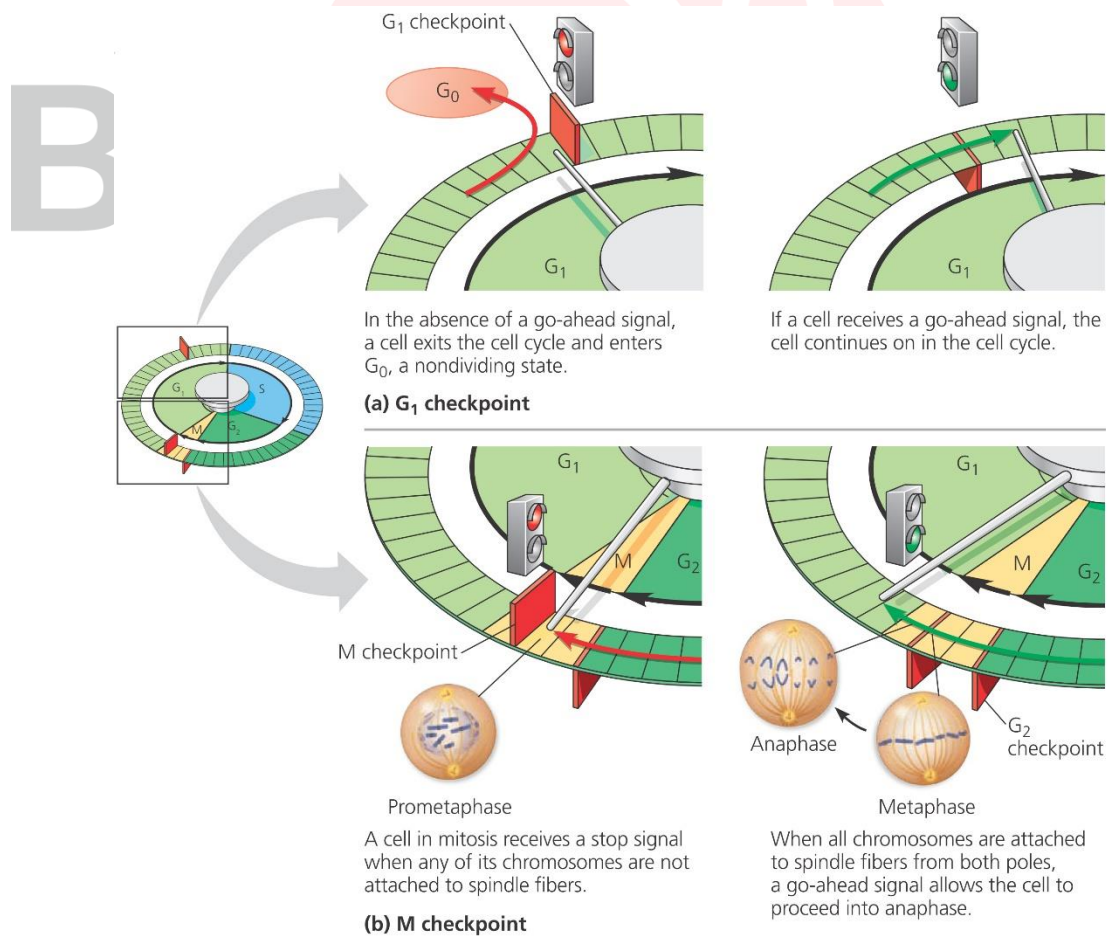
5 การควบคุมวัฏจักรเซลล์ (Cell Cycle Control)



ภาพที่ 14 การควบคุมการแบ่งเซลล์ผ่าน cell cycle checkpoint ต่างๆ



ภาพที่ 15 กลไกการควบคุมการแบ่งเซลล์ในระดับโมเลกุล



ภาพที่ 16 cell cycle checkpoint ที่สำคัญในเซลล์

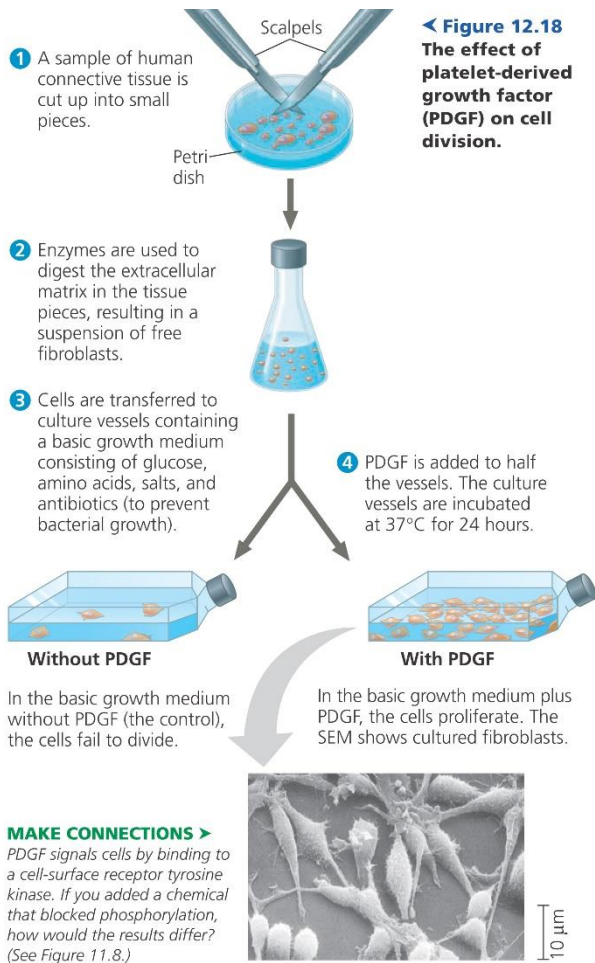
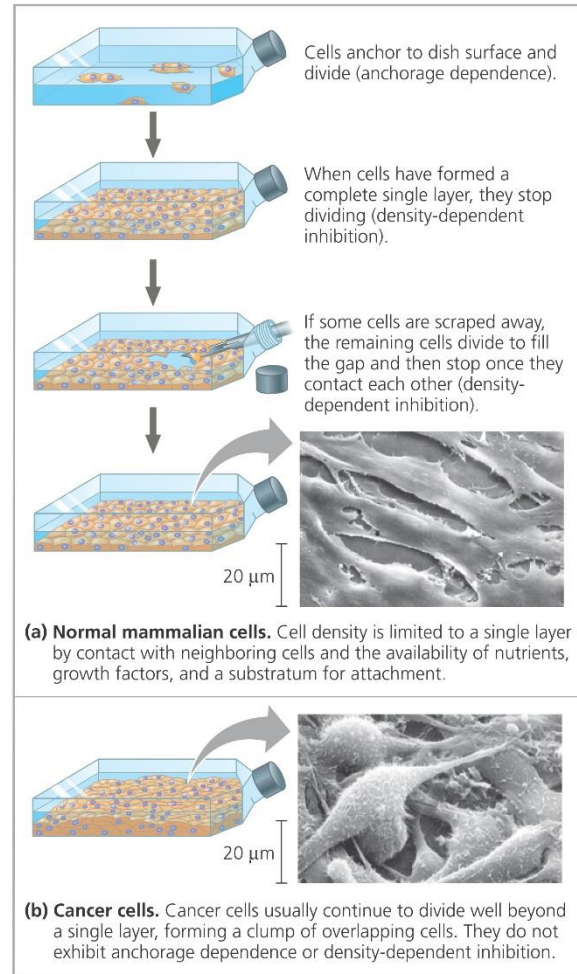
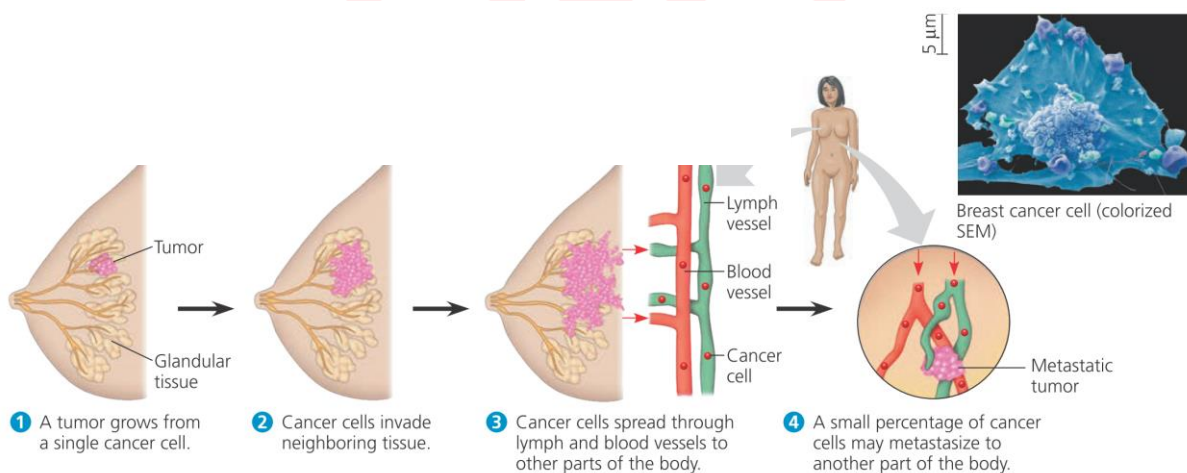


Figure 12.19 **Density-dependent inhibition and anchorage dependence of cell division.** Individual cells are shown disproportionately large in the drawings.



ภาพที่ 17 ผลของ PDGF ต่อการแบ่งเซลล์ และลักษณะของการแบ่งเซลล์ที่เป็น density-dependent inhibition และ anchorage dependence cell division ขณะแบ่งเซลล์ในเซลล์ปกติและเซลล์มะเร็ง



ภาพที่ 18 การเติบโตและการ metastasis ของมะเร็งเต้านม (malignant breast tumor)