บทที่ 10
Lethal Genes

ยีนส์บางชนิดอาจมีผลกระทบกระเทือนต่อการดำรงชีวิต (viability) คือทำให้สิ่งมีชีวิตมีลักษณะหรือการดำรงชีวิตที่ผิดปกติไป บางยีนส์อาจแสดงผลอย่างรุนแรงจนทำให้สิ่งมีชีวิตที่มียีนส์เหล่านั้นอยู่ไม่สามารถจะอยู่รอดต่อไปได้ ยีนส์ดังกล่าวเรียกว่า lethal genes ถ้าหากว่า lethal effect นั้นเป็นลักษณะเด่นมันจะแสดงผลออกมาทันที จะทำให้สิ่งมีชีวิตที่มียีนส์นี้อยู่ตายและยีนส์ดังกล่าวอาจหายสาปสูญไปเลย แต่บาง dominant allele อาจแสดงผลช้าจึงทำให้สิ่งมีชีวิตที่มียีนส์ดังกล่าวสามารถจะอยู่ได้ต่อไปอีกเป็นระยะเวลาหนึ่ง และถ้าหากว่า lethal effect นั้นเป็นลักษณะด้อยมันจะถูกปิดบังอยู่ในสภาพ heterozygous ในคนหรือสัตว์หรือพืชที่เป็น carrier และจะปรากฏออกมาได้ต่อเมื่อมีการแต่งงานระหว่างคนหรือมีการผสมระหว่าง heterozygotes หรือ carrier ด้วยกัน

ในแมลงหวี่มียีนส์หลายตัวด้วยกัน เช่น curly wings (Cy), plum eyes (Pm), และ stubble bristles (Sb) ยีนส์เหล่านี้จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของแมลงหวี่เป็นอย่างมากเมื่ออยู่ในสภาพ heterozygous แต่เมื่ออยู่ในสภาพ homozygous จะทำให้แมลงหวี่ตาย จะเห็นได้ว่าเราถือตาม phenotype แล้วมันเป็นลักษณะเด่น แต่จะแสดงผลเป็น lethal ต่อเมื่ออยู่ในสภาพ homozygous คล้ายกับเป็น recessive genes เรียกว่า dominant alleles with recessive lethal and sublethal effects จากการศึกษาพบว่ายีนส์แต่ละตัวจะไปรบกวนขบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต แต่ไม่ถึงกับทำให้แมลงหวี่ตาย แต่เมื่อมียีนส์เดียวกันปรากฏอยู่ 2 doses จะทำให้มันตายในระยะใดระยะหนึ่ง

ในพวกไก่มี dominant gene C นำลักษณะ creepers เกิดจาก mutation จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก ไก่ที่มียีนส์นี้อยู่จะมีลักษณะผิดปกติคือมีขาสั้น โค้งงอ และเมื่อนำไก่ที่มีลักษณะ creepers 2 ตัวมาผสมกันปรากฏว่าจะได้ลูกที่มีลักษณะ creepers และปกติในอัตราส่วน 2:1 แทนที่จะเป็น 3:1 ทั้งนี้เพราะไก่ที่มีลักษณะ creepers จะเป็น heterozygote ส่วนที่เป็น CC จะตาย ซึ่งจากการผสม creepers กับไก่ปกติก็ได้ลักษณะ creepers และปกติในอัตราส่วน 1:1

Creepers × Creepers

Cc × Cc

↓

1CC : 2Cc : 1cc

1 dies : 2 creepers : 1 normal

Testcross

Creepers Normal

Cc x cc

↓

1Cc : 1cc

1 creepers : 1 normal

จากการศึกษาในชณะที่ไก่ยัง เป็นคัพภะอยู่ระหว่างพวกที่เป็น creepers และปกติ พบว่า gene C จะทำให้การเจริญเติบโตของลูกไก่ช้าลง มีลักษณะผิดปกติที่หัว ตา และโครงสร้างอื่น ๆ แต่ความผิดปกติตรงส่วนขาจะเห็นชัดที่สุด และถ้านำไข่ไปฟักดูจะตรวจดูความผิดปกติได้ในวันที่ 2-3 ของการฟัก และ homozygous CC จะตายราววันที่ 4

Short-tail in mice

ในพวกหนู gene Sd ถ้าอยู่ในสภาพ heterozygous จะทำให้หนูไม่มีหาง หรือมีแต่สั้นมาก นอกจากนั้นจะพลอยทำให้ลักษณะหลายอย่างผิดปกติไปด้วย ส่วน homozygous SdSd จะทำให้หนูตายก่อนคลอดหรือขณะคลอด ทั้งนี้เพราะหนูเหล่านั้นไม่มีไต เมื่อผสมหนูที่เป็น heterozygotes เข้าด้วยกันจะได้ ratio 2:1 แทนที่จะเป็น 3:1 ซึ่งเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่ามี lethal homozygotes เกิดขึ้น

Sd/+ x Sd/+

↓

1Sd/Sd : 2Sd/+ : 1+/+

dies short-tail normal

ส่วนใหญ่ของความผิดปกติที่เป็นผลจาก mutation ในพวกสัตว์มักจะเป็น pleiotropic effect คือมี mutation เกิดขึ้นในยีนส์คู่เดียว แต่จะมีผลต่อหลายลักษณะด้วยกัน

ในพวกพืชก็พบ lethal gene เช่นเดียวกัน เช่น ในต้นสิ้นมังกรลักษณะใบเหลือง aurea เป็นลักษณะเด่น เมื่อผสมระหว่าง aurea x aurea จะได้แต่ aurea heterozygote และต้นที่มีสีเขียว ส่วน homozygous aurea ไม่สามารถจะสร้าง chlorophyll ได้ และจะตายก่อนการงอกหรือขณะเป็นต้นกล้า

Aurea Aurea

Aa x Aa

↓

AA : 2Aa : 1aa

dies aurea normal

Lethal Hereditary Diseases in Man

Sickle-cell anemia

ในเม็ดเลือดแดงของคน เราจะมีโปรตีนชนิดหนึ่งที่เรียกว่า hemoglobin ทำหน้าที่ในการนำออกซิเจนไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ในคนที่มี hemoglobin ปกติ เม็ดเลือดแดงจะมีลักษณะกลมแม้จะขาดออกซิเจนก็ตาม แต่ในคนบางคนที่เป็นโรคโลหิตจางจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเม็ดเลือดแดงเกิดขึ้น โดยมันจะมีรูปร่างแบบเคียว เมื่อขาดออกซิเจน เรียกว่า sickling โรคนี้เกิดจาก mutant gene ตำแหน่งเดียว โดยในคนปกติจะมี allele Hb^A ควบคุมการสราง normal hemoglobin แต่เมื่อมี mutation เกิดขึ้นให้ allele Hb^S และ Hb^C จะทำให้มันสราง sickling hemoglobin ขึ้นมา คนที่เป็น heterozygote จะเรียกว่าเป็น sickle-cell trait แม้จะมีสุขภาพปกติ แต่บางครั้งจะแสดงอาการของโรคโลหิตจางขึ้น ซึ่งสามารถจะวินิจฉัยโรคดูได้โดยการนำเลือดไปใส่ในที่ ๆ ไม่มีออกซิเจนแล้วตรวจดูรูปร่างของเม็ดเลือดแดง ส่วนคนที่เป็น hemozygote เรียกว่าเป็น sickle-cell anemia มักจะตายก่อนถึงระยะสืบพันธุ์

Hb^AHb^A = normal

Hb^AHb^S or Hb^AHb^C = sickle-cell trait

Hb^SHb^S or Hb^CHb^C = sickle-cell anemia

จากการศึกษาโมเลกุลของ hemoglobin จากคนที่เป็นโรคกับคนปกติพบว่ามันจะมีความแตกต่างกันใน amino acid ตัวที่ 6 เพียงตัวเดียว

Hb^A	val	his	leu	thr	pro	glu	glu	lys ....
Hb^S	val	his	leu	thr	pro	val	glu	lys ....
Hb^C	val	his	leu	thr	pro	lys	glu	lys ....

$Hb^A \longrightarrow Hb^S$ เกิดจาก glutamic acid เปลี่ยนไปเป็น valine

$Hb^A \longrightarrow Hb^C$ เกิดจาก glutamic acid เปลี่ยนไปเป็น lysine

Other Hereditary Diseases in Man

ในคนพบว่ายังมี lethal genes อยู่หลายตัวด้วยกัน เช่น recessive gene ที่ทำให้เกิดโรค juvenile amaurotic idiocy ทารกที่มียีนส์นี้อยู่ในสภาพ homozygous จะมีอาการปกติทุกอย่างเมื่อแรกเกิด แต่เมื่ออายุย่างเข้า 4–7 ปี สายตาจะเริ่มสั้นลงจนถึง

กับตาบอดในที่สุด หลังจากนั้นจะมีความเสื่อมทางจิตใจและร่างกายจะตายก่อนย่างเข้าสู่วัยรุ่นหรือขณะอยู่ในวัยรุ่น

Recessive lethal gene อีกตัวหนึ่งเมื่อเป็น **homozygous recessive** จะทำให้เกิดโรค **Tay-Sachs** หรือ **infantile amaurotic idiocy** คนที่เป็นโรคนี้จะมี **fatty substance** สะสมในระบบประสาท ทำให้ประสาทเสียหมดและจะตายอดทำให้ **homozygote** ตายในระยะต้น ๆ

จะเห็นได้ว่ายีนส์ที่นำโรคทั้งสองชนิดจะไม่แสดงผลใน **heterozygote** คนที่เป็น **carrier** จะเป็นปกติทุกอย่าง

Semilethal และ subvital genes

พวก **lethal genes** ทั้งหลายทั้งที่นำลักษณะด้อยหรือลักษณะเด่น อาจแสดงผลออกมาไม่เหมือนกัน บางยีนส์อาจแสดงผลออกมาอย่างเต็มที่ทำให้ **homozygote** ที่มียีนส์ดังกล่าวอยู่ตายก่อนที่จะสืบพันธุ์ได้เรียกยีนส์เหล่านี้ว่า **complete lethal genes** แต่มียีนส์บางพวกแม้จะแสดงผลของมันออกมาแต่จะมีเพียงบางส่วนของ **homozygote** เท่านั้นที่ตายไปและบางส่วนจะมีชีวิตรอดและสืบพันธุ์ต่อไปได้ ยีนส์ที่แสดงผลออกมาแบบนี้เรียกว่า **semilethal** หรือ **subvital genes**

สภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการแสดงออกของยีนส์บางอย่างเป็นอย่างมาก อาจทำให้เกิดความยุ่งยากในการที่จะจัดว่ายีนส์เหล่านั้นเป็น **complete lethal** หรือ **semilethal** เช่นโรคบางอย่างของคนในสมัยก่อนอาจไม่มีทางรักษา แต่ปัจจุบันจากความก้าวหน้าของวิทยาการทางการแพทย์สมัยใหม่ทำให้สามารถจะรักษาโรคเหล่านั้นได้ เช่นโรคโลหิตจางก็สามารถจะถ่ายเลือดให้ใหม่และมียาช่วยรักษาด้วย ทำให้ยีนส์ที่จะแสดงผลออกมาแบบ **complete lethal** กลายเป็น **semilethal** ไป

ยีนส์ที่ทำให้ **homozygotes** ตายน้อยกว่า 100% แต่มากกว่า 50% เรียกว่า **semilethal genes** ส่วนพวกที่ทำให้ตายน้อยกว่า 50% เรียกว่า **subvital genes**

Penetrance and Expressivity

การที่ยีนส์หนึ่งยีนส์ใดจะแสดง **phenotype** ของมันออกมานั้นอาจขึ้นอยู่กับปฏิกริยาของมันที่มีกับยีนส์อื่น ๆ และขึ้นกับสภาพแวดล้อมด้วย เมื่อนำผลของยีนส์ที่ปรากฏออกมาพิจารณาดูก็จะมีศัพท์สองคำที่เป็นประโยชน์ต่อการอธิบายการแสดงออกของยีนส์คือ **penetrance** และ **expressivity**

Penetrance หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของ **individuals** ทั้งหมดที่มียีนส์ใดยีนส์หนึ่งอยู่ใน **combination** ที่เหมือนกันจะแสดงลักษณะของยีนส์นั้นออกมา เช่นในคนที่มี **dominant gene** เดียวกันอยู่กลุ่มหนึ่งแสดง **phenotype** ของยีนส์นั้นออกมาเพียง 70% แสดงว่า **penetrance** ของยีนส์นั้นเป็น 70% จัดเป็น **incomplete penetrance** โดยคนบางคนแม้จะมียีนส์เดียวกันอยู่ก็ไม่แสดง **phenotype** นั้นออกมาเลย แต่ถ้าคนกลุ่มนั้นแสดง **phenotype** ออกมา 100% ก็แสดงว่าเป็น **complete penetrance**

Expressivity หมายถึงการแสดงออกของยีนส์ที่สามารถจะผันแปรไปได้ในระหว่าง **individuals** ทั้งหลาย ดังนั้นคนหรือสัตว์ หรือพืชทั้งหลายที่มียีนส์ชนิดเดียวกันอยู่อาจมี **phenotype** แตกต่างกันไปได้ เช่น บางคนอาจไม่แสดงออกมา บางคนอาจแสดงออกมามาก บางคนอาจแสดงออกมาน้อย เป็นต้น

ในพวกแมลงหวี่ลักษณะสีของตาเกือบทั้งหมดและลักษณะปีกกุดจัดว่าเป็น **complete penetrance** และ **constant expressivity** เพราะว่าทุก ๆ ตัวที่มี **genotype** เหมือนกันจะแสดง **phenotype** ออกมาหมดและเหมือนกัน

ในกรณีของ **semilethal genes** จัดเป็น **incomplete penetrance** เพราะ **homozygotes** ไม่ได้ตายไปทั้งหมด และยังมี **variable expressivity** ในบรรดา **homozygotes** เหล่านั้นอีกด้วย โดยอาจไปตายในระยะต่าง ๆ กัน หรือมีความรุนแรงของลักษณะที่ปรากฏออกมาไม่เท่าเทียมกัน อาจขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย

Environmental Effects and Gene Expression

ลักษณะต่าง ๆ เกือบทั้งหมดที่ปรากฏออกมาเป็น **phenotypes** นั้น เป็นผลจากปฏิกริยาร่วมกันระหว่างกรรมพันธุ์ (**genotype**) และสภาพแวดล้อม (**environment**) โดยเฉพาะลักษณะที่เป็น **quantitative** นั้นอาจเขียนการแสดงออกเป็นสมการได้ดังนี้คือ

Phenotype = Genotype + Environment

จะเห็นได้ว่าลักษณะเหล่านี้ถ้ามีสภาพแวดล้อมเข้ามามีอิทธิพลมากก็จะทำให้มันมี **variable expressivity** และอาจแสดง **incomplete penetrance** ก็ได้ ตรงข้ามกับลักษณะที่เป็น **qualitative** ที่สภาพแวดล้อมมีผลกระทบกระเทือนเพียงเล็กน้อยจะแสดง **constant expressivity** และ **complete penetrance** ซึ่งอาจเขียนสมการได้ดังนี้คือ

Phenotype = Genotype

ในหลายลักษณะด้วยกันที่เราไม่ค่อยจะรู้รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุกรรมของมัน จึงเป็นการยากที่จะแยกแยะผลที่เกิดจากกรรมพันธุ์และสภาพแวดล้อมได้อย่างแน่นอน เช่น ในด้านความฉลาดหรือ IQ ของคน น้ำหนัก ผลผลิตจากพืช แต่อย่างไรก็ตามเราก็ยังคงมีความสนใจอยากทราบว่าการที่พืช สัตว์ หรือคนที่แสดง **phenotype** ออกมาแตกต่างกันนั้น เป็นผลส่วนใหญ่มาจากกรรมพันธุ์หรือสภาพแวดล้อม จึงมีการคิดหาวิธีการทดลองขึ้นมา เพื่อที่จะตรวจดูสาเหตุของความแตกต่างเหล่านี้ได้ ซึ่งในการที่จะศึกษาถึงผลของสภาพแวดล้อมหรือ **genetic makeup** ที่มีต่อ **phenotypes** นั้น เราจะต้องควบคุมสิ่งเหล่านี้ได้ คือ

1. จะต้องสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ โดยการปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมือนกัน หรือแม้จะแตกต่างกันก็ต้องรู้ถึงความแตกต่างของสภาพแวดล้อมเหล่านั้น เช่น เลี้ยงในตู้หรือห้องที่มีอุณหภูมิเหมือนกัน ปลูกในดินที่ได้รับปุ๋ยหรือการปฏิบัติรักษาเหมือนกัน ตัวอย่างสมมุติว่า เราต้องการศึกษาผลที่เกิดจากสอง **genotypes** ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน

   Control environment

   genotype AABBCC + environment X = phenotype P

   genotype aabbcc + environment X = phenotype Q

   ความแตกต่างของ **phenotypes** ที่ปรากฏขึ้นเป็นผลจาก **genetic makeup** ที่แตกต่างกัน

2. จะต้องสามารถควบคุม **genotypes** ของพืชหรือสัตว์หรือคนที่จะใช้ทดลองได้ คือจำเป็นที่จะต้องใช้พืชหรือสัตว์หรือคนที่มี **genetypes** เหมือน ๆ กัน หรือแม้จะแตกต่างกันบ้าง เราก็พอจะรู้ถึงความแตกต่างเหล่านั้นได้

   Control genotype

   genotype AABBCC + environment X = phenotype P

   genotype AABBCC + environment Y = phenotype Q

   ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นผลจากสภาพแวดล้อม

การที่จะให้ได้ **genotype** ที่เหมือนกันนั้นอาจจะทำได้จากการแบ่งตัวแบบ **asexual** เช่น ในพวก **bacteria** หรือการขยายพันธุ์ทาง **vegetative** ในพวกพืช เช่น การแยกหน่อกิ่งตอน กิ่งปักชำ หรือในพวกพืชที่ผสมตัวเองก็อาจใช้เมล็ดจากพันธุ์เดียวกัน ซึ่ง

ถือว่าเป็น pure lines คือทุก ๆ ตัวจะมี genotype เหมือนกัน ยกเว้นแต่จะมี mutation เกิดขึ้น

ในสัตว์หรือคนนิยมใช้ฝาแฝดมาศึกษา ทั้งนี้เพราะว่าโดยปกติแล้วสัตว์แต่ละตัวหรือคนแต่ละคนที่จะเกิดมานั้นเป็นผลรวมจาก gametes ของสองเพศจึงมีโอกาสน้อยมากที่สัตว์สองตัวหรือคนสองคนจะมี genotype เหมือนกันทุกประการ ยกเว้นในกรณีของ one-egg twins หรือ monozygotic twins หรือ identical twinsซึ่งเป็นฝาแฝดที่เกิดการผสมระหว่างสเปอร์มหนึ่งตัวกับไข่หนึ่งใบ ฝาแฝดแบบนี้จะมี genotype เหมือนกันทุกประการ และมีเพศเหมือนกันด้วย ดังนั้นความแตกต่างในลักษณะต่าง ๆ ระหว่างฝาแฝดคู่เดียวกันจึงเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมเท่านั้น

ฝาแฝดอีกพวกหนึ่ง เรียกว่า two-egg twins หรือ dizygotic twins หรือ fraternal twins เกิดจากไข่คนละใบผสมกับสเปอร์มคนละตัว ซึ่งอาจเกิดการผสมพร้อม ๆ กันก็ได้ จะมี genotype แตกต่างกัน แม้เพศก็ต่างกันได้ จึงไม่ผิดกับพี่น้องที่เกิดกันคนละที ความแตกต่างที่ปรากฏขึ้นจึงเป็นผลจากทั้งสภาพแวดล้อมและ genotypes

ในการศึกษากับฝาแฝดนั้นนิยมเปรียบเทียบลักษณะที่ปรากฏกับฝาแฝดในแต่ละคู่ระหว่างพวกที่เป็น identical twins และ fraternal twins เมื่อฝาแฝดคู่ใดคู่หนึ่งแสดงลักษณะออกมาในทางเดียวกัน เช่น เป็นด้วยกันหรือมีด้วยกัน หรือไม่เป็นหรือไม่มีด้วยกัน เรียกฝาแฝดคู่นั้นว่าเป็น concordance (ใช้สัญญลักษณ์ ++ หรือ --) ถ้าหากฝาแฝดคู่นั้นแสดงลักษณะออกมาไม่เหมือนกัน เช่น คนหนึ่งเป็นหรือมี แต่อีกคนหนึ่งไม่เป็นหรือไม่มี เราเรียกฝาแฝดคู่นั้นว่าเป็น discordance (ใช้สัญญลักษณ์ +-) เมื่อนำผลจากการศึกษาลักษณะต่าง ๆ กับ identical twins และ fraternal twins มาเปรียบเทียบกันดูในแง่ percentage ของ concordance หรือ discordance ก็พอจะประมาณได้ว่าผลของกรรมพันธุ์หรือสภาพแวดล้อมอันไหนจะมีมากน้อยแค่ไหนในการแสดง phenotype ออกมา เช่น ถ้าลักษณะใดที่เกิดจากอิทธิพลของกรรมพันธุ์เพียงอย่างเดียว identical twins จะมี 100% concordance ถ้าลักษณะใดเกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเพียงอย่างเดียว percentage ของ concordance จะเท่ากัน ทั้งในพวก identical twins และ fraternal twins แต่ถ้าลักษณะใดมี concordance percentage แตกต่างกันมากระหว่าง identical และ fraternal twins แสดงว่าลักษณะนั้นถูกควบคุมโดยกรรมพันธุ์เป็นส่วนใหญ่

จากตัวอย่างในตารางต่อไปนี้

Character	Concordance percentage	
	Identical twins	Fraternal twins
Hair color	89	22
Eye color	100	28
Measles	95	87
Tuberculosis	74	28

(% discordance หาได้จาก 100–% concordance)

จากตัวอย่างในลักษณะสีของผมและสีของตา concordance percentage ใน identical twins สูงมากและมากกว่าที่มีใน fraternal twins ด้วย แสดงว่าสองลักษณะนี้จะถูกควบคุมโดยกรรมพันธุ์เป็นส่วนใหญ่ สภาพแวดล้อมมีผลน้อยมาก ฝาแฝดที่เป็น identical twins มี genotype เหมือนกัน จึงมี phenotype ออกมาเหมือน ๆ กัน แต่ใน fraternal twins มี discordance percentage มาก เนื่องจากมี genotype ต่างกัน

ในลักษณะการเป็นโรคหัด (measles) concordance percentage จากฝาแฝดทั้งสองชนิดจะมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าไม่ว่าฝาแฝดเหล่านั้นจะมี genotype เหมือนกันหรือต่างกันก็ตาม ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน คือมีเชื้อโรคหัดอยู่จะทำให้เป็นโรคนี้ได้ทั้งนั้น จึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่

ในลักษณะการเป็นวัณโรค (tuberculosis) จะพบว่า concordance percentage ใน identical twins จะมากกว่า fraternal twins แสดงว่าการเป็นโรคนี้ขึ้นอยู่กับกรรมพันธุ์เป็นส่วนใหญ่ และมีสภาพแวดล้อมเกี่ยวข้องด้วย

Identical Twins Reared Apart

ได้มีการทดลองนำฝาแฝดที่เป็น identical twins ไปเลี้ยงดูในคนละแห่งหรือคนละสภาพแวดล้อม เพื่อจะดูว่าสภาพแวดล้อมจะมีอิทธิพลทำให้ฝาแฝดเหล่านั้นมี phenotype แตกต่างกันได้มากน้อยแค่ไหนในเมื่อทั้งคู่มี genotype เหมือนกัน แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบ

เทียบกับ **fraternal twins** หรือ **siblings** ซึ่งมี **genotypes** แตกต่างกัน แต่เลี้ยงดูในที่เดียวกัน (ตารางที่ 10-1)

ตารางที่ 10-1 **Mean differences between identical and fraternal twins in various characters**

Character	Identicals reared together	Identicals reared apart	Fraternals reared together	Siblings reared together
Height (cm)	1.7	1.8	4.4	4.5
Weight (lbs)	4.1	9.9	10.0	10.4
I.Q.	5.9	8.2	9.9	9.8

จากตารางที่ จะพบว่าในลักษณะความสูงแล้ว **identical twins** จะมีความคล้ายคลึงกันมาก ไม่ว่าจะเลี้ยงดูในที่เดียวกันหรือเลี้ยงในที่ต่างกัน แสดงว่าลักษณะนี้ขึ้นอยู่กับกรรมพันธุ์มากกว่าสภาพแวดล้อม

ในด้านน้ำหนักตัวจะพบว่า **identical twins** ที่เลี้ยงในที่เดียวกันจะมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน แต่พวกที่นำไปเลี้ยงในที่ต่างกันจะมีน้ำหนักต่างกันมาก ดังนั้นความแตกต่างที่เกิดขึ้นก็เป็นผลจากสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ความแตกต่างที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับ **fraternal twins** และ **siblings** (พี่น้องที่เกิดจากการตั้งครรภ์คนละหน) ที่นำมาเลี้ยงดูในที่เดียวกัน แสดงว่าสภาพแวดล้อมจะมีผลต่อการแสดงออกของลักษณะนี้มาก

ส่วนลักษณะ I.Q. (**intelligent quotient**) ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นผลจากทั้งกรรมพันธุ์และสภาพแวดล้อม