



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายในกระบวนการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ การแยกแถบดีเอ็นเอ
การข้อมดีเอ็นเอ และขั้นตอนการตกตะกอนดีเอ็นเอ

การเตรียมสารละลายในกระบวนการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ

1. การเตรียม 10X Taq buffer

- 500 mM Tris pH 8.4	20.0	ml
- 2 M KCl	12.5	ml
- 150 mM MgCl ₂	5.0	ml
- 1 % Bovine Serum Albumin	5.0	ml
- 100% Tween 20	0.25	ml
- เติมน้ำให้ครบ	50.0	ml

2. การเตรียม 1 mM solution of dNTPs

- 100 mM dATP	10	μl
- 100 mM dCTP	10	μl
- 100 mM dGTP	10	μl
- 100 mM dTTP	10	μl
- H ₂ O	960	μl

ผสมให้เข้ากันจะได้สารละลายที่มีปริมาตรรวมเท่ากับ 1000 μl

3. วิธีเตรียม Loading dye (0.04 g/ml)

-Bromphenol blue sodium salt	0.04	g
-Glycerol	500	μl
น้ำกลั่น	500	μl

ขั้นตอนการแยกแถบดีเอ็นเอด้วยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิส (Electrophoresis)

1. วิธีเตรียม 34% Acrylamide solution

- Acrylamide	16.18	g
- N, N'Methylenebisacrylamide	0.82	g
- เติมน้ำกลั่นลงในสารให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ	50	ml

2. วิธีเตรียม 10X Gel buffer

- ชั่ง Tris	8.0	g
- เติมน้ำกลั่นลงในสารให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ	200	ml

ปรับ pH ด้วย Sulfuric acid ให้ได้ pH = 4.5

3. วิธีเตรียม 8.5% Acrylamide gel (ปริมาตร 37 มิลลิตร)

- น้ำกลั่น	21.26	ml
- 10X Gel buffer	3.7	ml
- Acrylamide solution	9.3	ml
- 87% Glycerol	2.55	ml
- 10% Ammoniumpersulfate	191.0	μl
- Tetramethylethylenediamine (TEMED)	14.0	μl

- ผสมสารทั้งหมดให้เข้ากันโดยใช้ Stirrer plate นาน 1 นาที ไม่ควรใช้ความแรงในการหมุนมากเกินไป ตั้งเกตโดยไม่ให้เกิดฟองอากาศในส่วนผสม

- เทลงในชุดกระจกสำหรับเตรียมเจล ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมงจึงสามารถใช้ในการแยกแถบดีเอ็นเอได้

4. วิธีเตรียม 2.5X Running TBE buffer (Stock solution)

- 89 mM Tris	5.4	g
- 2 mM EDTA	3.72	g
- 89 mM Boric acid	27.5	g
- เติมน้ำกลั่นลงในสารให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ	2000	ml

Working Solution (เตรียม 1000 ml)

- Running buffer (Stock solution)	400	ml
- น้ำกลั่น	600	ml

5. วิธีแยกแถบดีเอ็นเอ

- ใช้กระแสไฟฟ้า 110 volt นาน 16.30 ชั่วโมง
- ทำการย้อมเจลด้วย Silver staining เพื่อให้เห็นแถบดีเอ็นเอ

ขั้นตอนการทำ Agarose Gel Electrophoresis

1. เตรียม 2% Agarose gel โดยมีวิธีเตรียมดังนี้
 - ชั่ง Agarose powder 1.0 g
 - ละลายใน 0.5X TBE (Tris-borate, EDTA) buffer ให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 50 ml
 - ต้มที่ 60°C จนสารละลายใสเป็นเนื้อเดียวกัน
 - เทใส่แม่พิมพ์ที่ทิ้งไว้ให้แห้ง
2. เตรียมเครื่อง Agarose gel electrophoresis โดยปรับเครื่อง ดังนี้ 50 mA, 135 V นาน 20 นาที
3. ใส่ 2% Agarose gel ที่เตรียมเอาไว้ลงในเครื่อง แล้วเติม 0.5X TBE buffer ให้ท่วมเจลพอดี
4. เตรียม PCR product ที่จะ Load โดยใส่สารละลาย Loading dye ปริมาณ 1 µl ลงใน PCR product ปริมาณ 5 µl
5. Load PCR product ที่เตรียมไว้ลงไปบนเจล แล้วเปิดเครื่อง Agarose gel electrophoresis
6. เมื่อครบเวลานำแผ่นเจลมาแช่ในสารละลาย Ethidium bromide ที่เตรียมไว้ นาน 15 นาที

วิธีเตรียมสารละลาย Ethidium bromide (0.5 µg/ml)

สารละลาย Ethidium bromide (10 mg/ml) 10 µl

0.5X TBE (Tris-borate, EDTA) 200 ml

- เขย่าให้เข้ากัน แล้วเก็บไว้ในที่มืด (ระวังอย่าให้ถูกผิวหนังโดยตรง เนื่องจาก

Ethidium bromide เป็นสารก่อมะเร็ง ถ้ามีความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิดการระคายเคืองตา ผิวหนัง

เยื่อต่างๆ และทางเดินหายใจ)

วิธีการเตรียม 0.5X TBE (Tris-borate, EDTA) buffer

Tris-borate	5.4	g
Boric acid	2.75	g
EDTA	0.373	g
เติมน้ำกลั่นให้ครบ	1000	ml

- เมื่อครบเวลานำแผ่นเจลมาส่งดูความเข้มของแถบดีเอ็นเอด้วยเครื่อง Ultraviolet-transilluminator

ขั้นตอนการย้อมเจลด้วย Silver staining (Budowle *et al.* 1991)

- เติม 1% Nitric acid (3 ml 65% Nitric acid + น้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 200 ml) เขย่านาน 10 นาที แล้วเททิ้ง
- ล้างเจลด้วยน้ำกลั่นนาน 5-10 วินาที แล้วเททิ้ง 2 ครั้ง
- เติม 0.012M Silver nitrate solution (0.4 g Silver nitrate + น้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 200 ml) เขย่านาน 35 นาที แล้วเททิ้ง
- ล้างเจลด้วยน้ำกลั่นนาน 5-10 วินาที แล้วเททิ้ง 2 ครั้ง
- เติม 0.28 M Sodium carbonate และ 0.019% Formalin (11.8 g Sodium carbonate + น้ำกลั่น 390 ml แล้วเติม 37% Formalin 205 μ l) ลงไปประมาณ 50 ml เมื่อสีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลให้เททิ้งและเติมส่วนที่เหลือลงไป เขย่าจนเห็นแถบดีเอ็นเอบนเจลชัดเจน แล้วเททิ้ง
- หยุดปฏิกิริยาด้วย 10% Glacial acetic acid (20 ml 100% Glacial acetic acid + น้ำกลั่น 180 ml) เขย่านาน 5 นาที
- ล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 200 ml นาน 1 นาที 3 ครั้ง หรือจนหมดกลิ่นของ Glacial acetic acid
- นำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องอบแห้งเจล (Gel dryer)

การตกตะกอน PCR product ด้วย Isopropanol

1. เติม 4M Ammonium acetate 20 μ l และ 100% Isopropanol 40 μ l ลงใน PCR product 20 μ l
2. ผสมด้วยเครื่องเขย่าวน (Vortex) 5 ครั้ง แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 20 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 16,400 rpm ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 15 นาที
4. ดูดซับน้ำชั้นบน (Supernatant) ที่ทิ้งทั้งหมดเหลือไว้แต่ตะกอนที่ก้นหลอด
5. เติม 70% Ethanol ปริมาณ 90 μ l เพื่อล้างตะกอน DNA
6. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 16,400 rpm ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 5 นาที
7. ดูดซับน้ำชั้นบนทิ้งทั้งหมดเหลือไว้แต่ตะกอนที่ก้นหลอด
8. เปิดฝาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง ในที่มืดให้แห้งสนิท
9. ละลายตะกอน DNA ด้วย 10 mM Tris pH 8.5 ปริมาณ 20 μ l
10. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 15 นาที จากนั้นนำไปเขย่าวนด้วย Vortex
11. ดูดสารละลาย DNA ที่ได้ลงในหลอดใหม่ประมาณ 5 μ l แล้วนำไปทำ Agarose gel electrophoresis

การตกตะกอน Sequencing product ด้วย 100% Ethanol

1. เติม 0.5M Sodium acetate 24 μ l และ 100% Ethanol 50 μ l ลงใน PCR product 20 μ l
2. ผสมด้วยเครื่องเขย่าวน แล้วทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 20 นาที
3. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 16,400 rpm ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 30 นาที
4. ดูดซับน้ำชั้นบน (Supernatant) ที่ทิ้งทั้งหมดเหลือไว้แต่ตะกอนที่ก้นหลอด
5. เติม 70% Ethanol ปริมาณ 80 μ l
6. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 16,400 rpm ที่อุณหภูมิ 20°C นาน 5 นาที
7. ดูดซับน้ำชั้นบนทิ้งทั้งหมดเหลือไว้แต่ตะกอนที่ก้นหลอด
8. เปิดฝาทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่วโมง ให้แห้งสนิท
9. เติมสารละลาย Hidi (Formamide) 17 μ l ลงในตะกอนดีเอ็นเอที่แห้งสนิทแล้ว

การคำนวณค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ตามลักษณะการถ่ายทอดโครโมโซม
แบบ Single allele และ Female sibling

การคำนวณค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ในลักษณะการถ่ายทอดโครโมโซมแบบ
Single allele

1. พ่อ – ลูกสาว

1.1 กรณีลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอในตำแหน่งนั้นเป็น Heterozygous

พ่อ (XY)	ลูกสาว (XX)	
A/-	A/B	
<u>โอกาสที่พ่อจะให้อัลลีล A</u>	=	<u>X</u>
โอกาสที่ชายทั่วไปจะให้อัลลีล A		Y

กรณีนี้ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของลูกสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากพ่อ ในขั้นตอนแรกจึงต้องกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของแม่เด็กที่อาจเป็นไปได้ก่อนแล้ว จึงค่อยหาโอกาสที่พ่อจะถ่ายทอดยีนหนึ่งใดแล้วทำให้เด็กมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/B (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในชายทั่วไป (Y) วิธีการโดยละเอียดทำได้ดังนี้

จำแนกลักษณะพันธุกรรมของแม่เด็ก ที่อาจจะเป็นไปได้ดังนี้

A/A, A/C, A/B, B/C และ B/B โดย C เท่ากับอัลลีลอื่น ๆ ในระบบนี้ที่ไม่ใช่ A หรือ B หาโอกาสที่แม่จะมีลักษณะทางพันธุกรรมในแต่ละแบบข้างต้น โดยคำนวณจากความถี่ของอัลลีลต่าง ๆ ในระบบดังกล่าว

โอกาสที่จะเป็น A/A = $(F_A)^2$ โดย F_A = ค่าความถี่ของอัลลีล A

โอกาสที่จะเป็น A/C = $2F_A(1-F_A-F_B)$ โดย F_B = ค่าความถี่ของอัลลีล B

โอกาสที่จะเป็น A/B = $2F_A F_B$

โอกาสที่จะเป็น B/C = $2F_B(1-F_A-F_B)$

โอกาสที่จะเป็น B/B = $(F_B)^2$

ค่า X หาได้ดังนี้

ตาราง 22 แสดงการคำนวณโอกาสการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมแบบต่าง ๆ ของแม่เทียบกับพ่อ

ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น A/A จะถ่ายทอด		โอกาสที่พ่อจะถ่ายทอดอัลลีลนั้น		โอกาสที่เป็นเช่นนั้น
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
A	1	B	0	$1 \times 0 \times (F_A)^2 = 0$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น A/C จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
A	0.5	B	0	$0.5 \times 0 \times 2F_A(1-F_A-F_B) = 0$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น A/B จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
A	0.5	B	0	$0.5 \times 0 \times 2F_A F_B = 0$
B	0.5	A	1	$0.5 \times 1 \times 2F_A F_B$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น B/C จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
B	0.5	A	1	$0.5 \times 1 \times 2F_B(1-F_A-F_B)$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น B/B จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
B	1	A	1	$1 \times 1 \times (F_B)^2$

$$\text{รวมค่า } X = F_A F_B + F_B(1-F_A-F_B) + (F_B)^2$$

$$= F_B$$

คือค่าความถี่ของอัลลีล B

ค่า Y หาได้ดังนี้

ตาราง 23 แสดงการคำนวณโอกาสการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมแบบต่าง ๆ ของแม่เทียบ
กับชาย ๆ ทั่วไป

ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น A/A จะถ่ายทอด		โอกาสที่ชายทั่วไปจะถ่ายทอด อัลลีลนั้น		โอกาสที่เป็นเช่นนั้น
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
A	1	B	F_B	$1 \times F_B \times (F_A)^2$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น A/C จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
A	0.5	B	F_B	$0.5 \times F_B \times 2F_A(1-F_A-F_B)$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น A/B จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
A	0.5	B	F_B	$0.5 \times F_B \times 2F_A F_B$
B	0.5	A	F_A	$0.5 \times F_A \times 2F_A F_B$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น B/C จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
B	0.5	A	F_A	$0.5 \times F_A \times 2F_B(1-F_A-F_B)$
ลักษณะพันธุกรรมของแม่เป็น B/B จะถ่ายทอด				
อัลลีล	โอกาส	อัลลีล	โอกาส	
B	1	A	F_A	$1 \times F_A \times (F_B)^2$

$$\text{รวมค่า } Y = F_B(F_A)^2 + F_A F_B(1-F_A-F_B) + F_A(F_B)^2 + (F_A)^2 F_B + F_A F_B(1-F_A-F_B) + F_A(F_B)^2 \\ = 2F_A F_B$$

$$\text{ดังนั้น ค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ในกรณีนี้} = \frac{F_B}{2F_A F_B} = \frac{1}{2F_A}$$

1.2 กรณีลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอในตำแหน่งนั้นเป็น Homozygous

พ่อ (XY) ลูกสาว (XX)
A/- A/A

$$\frac{\text{โอกาสที่พ่อจะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่ชายทั่วไปจะให้อัลลีล A}} = \frac{X}{Y}$$

กรณีนี้ สามารถกำหนดได้ว่าลูกสาวได้อัลลีลอันไหนมาจากพ่อ และอัลลีลอันไหนจากแม่ เนื่องจากอัลลีลทั้งสองของลูกสาวเหมือนกัน คือ อัลลีล A การคำนวณหาค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นหาได้จาก โอกาสที่พ่อจะถ่ายทอดยีนหนึ่งใดแล้วทำให้ลูกสาวมีลักษณะของดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/A (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในชายทั่วไป (Y)

ค่า X คือ โอกาสที่แม่จะถ่ายทอดอัลลีล A มีค่าเท่ากับ 1

ค่า Y คือ โอกาสที่ชายทั่วไปจะถ่ายทอดอัลลีล A มีค่าเท่ากับ F_A

$$\text{ดังนั้น ค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ในกรณีนี้} = \frac{1}{F_A}$$

เมื่อ F_A คือ ค่าความถี่ของอัลลีล A

2. แม่ – ลูกชาย

2.1 กรณีแม่มีลักษณะดีเอ็นเอในตำแหน่งนั้นเป็น Heterozygous

แม่ (XX) ลูกชาย (XY)
A/B A/-

$$\frac{\text{โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A}} = \frac{X}{Y}$$

กรณีนี้ สามารถกำหนดได้ว่าลูกชายได้อัลลีลอันไหนมาจากพ่อ และอัลลีลอันไหนจากแม่ เนื่องจากลูกชายจะได้รับการถ่ายทอดโครโมโซม X มาจากแม่ และโครโมโซม Y จากพ่อ ซึ่งโอกาสที่แม่จะถ่ายทอดโครโมโซม X หนึ่งใดแล้วทำให้ลูกชายมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/- (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y)

ค่า X คือ โอกาสที่แม่จะถ่ายทอดอัลลีล A มีค่าเท่ากับ 0.5

ค่า Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะถ่ายทอดอัลลีล A มีค่าเท่ากับ F_A

$$\text{ดังนั้น ค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ในกรณีนี้} = \frac{1}{2F_A}$$

เมื่อ F_A คือ ค่าความถี่ของอัลลีล A

2.2 กรณีแม่มีลักษณะดีเอ็นเอในตำแหน่งนั้นเป็น Homozygous

แม่ (XX) ลูกชาย (XY)
A/A A/-

$$\frac{\text{โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A}} = \frac{X}{Y}$$

กรณีนี้ สามารถกำหนดได้ว่าลูกชายได้อัลลีลอันไหนมาจากพ่อ และอัลลีลอันไหนจากแม่ เนื่องจากลูกชายจะได้รับการถ่ายทอดโครโมโซม X มาจากแม่ และโครโมโซม Y จากพ่อ ซึ่งโอกาสที่แม่จะถ่ายทอดโครโมโซม X หนึ่งใดแล้วทำให้ลูกชายมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/- (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y)

ค่า X คือ โอกาสที่พ่อจะถ่ายทอดอัลลีล A มีค่าเท่ากับ 1

ค่า Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะถ่ายทอดอัลลีล A มีค่าเท่ากับ F_A

$$\text{ดังนั้น ค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ในกรณีนี้} = \frac{1}{F_A}$$

เมื่อ F_A คือ ค่าความถี่ของอัลลีล A

การคำนวณค่าสัดส่วนความน่าจะเป็นของการตรวจพิสูจน์ในลักษณะการถ่ายทอดโครโมโซมแบบ

Female sibling

1. แม่- ลูกสาว

1.1 กรณีที่คนทั้งคู่มีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Heterozygous โดยมี Genotype ที่ต่างกัน

แม่ (XX) ลูกสาว (XX)
A/B A/C

$$\frac{\text{โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A}} = \frac{X}{Y}$$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ แต่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของลูกสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งโอกาสที่แม่จะถ่ายทอดยีนหนึ่งใดแล้วทำให้ลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/C (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A แก่ลูกสาวเท่ากับ $1/2$ ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่ลูกสาวอาจได้รับอัลลีล A จากพ่อด้วย โดยมีค่าเท่ากับ $1/2$

ดังนั้นโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$

$$Y \text{ คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A} = f_A$$

$$\text{ดังนั้น} \quad X/Y = 1/4f_A$$

1.2 กรณีคนทั้งคู่มีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Heterozygous โดยมี Genotype ที่เหมือนกัน

แม่ (XX) ลูกสาว (XX)
A/B A/B

$$\frac{\text{โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A หรือโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล B}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล A หรือโอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล B}} = \frac{X}{Y}$$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ แต่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของลูกสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้แม่อาจถ่ายทอดอัลลีล A หรือ B แล้วทำให้ลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/B (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A

X (A) คือโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A แก่ลูกสาวเท่ากับ $1/2$ ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่ลูกสาวอาจได้รับอัลลีล A จากพ่อที่มีค่าเท่ากับ $1/2$ ด้วย

ดังนั้นโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$

$$Y (A) \text{ คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A} = f_A$$

$$\text{ดังนั้น} \quad X (A)/Y (A) = 1/4f_A$$

โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล B

X (B) คือโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล B แก่ลูกสาวเท่ากับ $1/2$ ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่ลูกสาวได้รับอัลลีล B จากพ่อที่มีค่าเท่ากับ $1/2$ ด้วย

ดังนั้นโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล B ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$

$$Y (B) \text{ คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล B} = f_B$$

$$\text{ดังนั้น} \quad X (B)/Y (B) = 1/4f_B$$

นำทั้งสองโอกาสมารวมกัน $\{X/Y \text{ (รวม)}\} = f_A + f_B / 4(f_A f_B)$

1.3 กรณีแม่มีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Homozygous และลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอเป็น

Heterozygous

แม่ (XX)	ลูกสาว (XX)	
A/A	A/B	
$\frac{\text{โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A}} =$		$\frac{X}{Y}$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้รับการตรวจ แต่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของลูกสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้แม่จะถ่ายทอดอัลลีล A เท่านั้น แล้วทำให้ลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/B (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือโอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A แก่ลูกสาวเท่ากับ 1 ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่ลูกสาวได้รับอัลลีล A จากพ่อที่มีค่าเท่ากับ 1/2 ด้วย

ดังนั้น โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1 \times 1/2 = 1/2$

Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น

$$X/Y = 1/2f_A$$

1.4 กรณีแม่มีลักษณะดีเอ็นเอเป็น heterozygous และลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอเป็น

homozygous

แม่ (XX)	ลูกสาว (XX)	
A/B	A/A	
$\frac{\text{โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A}} =$		$\frac{X}{Y}$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ และสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลอันไหนถ่ายทอดมาจากแม่ และอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้ลูกสาวจะรับอัลลีล A จากแม่เท่านั้น แล้วทำให้ลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/A (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือ โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A แก่ลูกสาวซึ่งเท่ากับ 1/2

Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น

$$X/Y = 1/2f_A$$

1.5 กรณีคนทั้งคู่มีลักษณะดีเอ็นเป็น Homozygous

แม่ (XX)	ลูกสาว (XX)	
A/A	A/A	
โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A		=
โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A		$\frac{X}{Y}$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ และสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลอันไหนถ่ายทอดมาจากแม่ และอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้แม่จะถ่ายทอดอัลลีล A เท่านั้น แล้วทำให้ลูกสาวมีลักษณะดีเอ็นตำแหน่งนี้เป็น A/A (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือ โอกาสที่แม่จะให้อัลลีล A แก่ลูกสาวเท่ากับ 1

Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น $X/Y = 1/f_A$

2. ย่า – หลาน

2.1 กรณีคนทั้งคู่มีลักษณะดีเอ็นเป็น Heterozygous โดยมี Genotype ที่ต่างกัน

ย่า (XX)	หลานสาว (XX)	
A/B	A/C	
โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A		=
โอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล A		$\frac{X}{Y}$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ แต่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของหลานสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากย่า (ถ่ายทอดผ่านพ่อ) ซึ่งโอกาสที่ย่าจะถ่ายทอดยีนหนึ่งใดแล้วทำให้หลานสาวมีลักษณะดีเอ็นตำแหน่งนี้เป็น A/C (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือ โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A แก่หลานสาวเท่ากับ 1/2 ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่หลานสาวได้รับอัลลีล A จากแม่ที่มีค่าเท่ากับ 1/2 ด้วย

ดังนั้น โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$

Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น $X/Y = 1/4f_A$

2.2 กรณีที่คนทั้งคู่มีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Heterozygous โดยมี Genotype ที่เหมือนกัน

ย่า (XX) หลานสาว (XX)

A/B A/B

โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A หรือโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล B = $\frac{X}{Y}$

โอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล A หรือโอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล B

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ แต่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของหลานสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากย่า (ถ่ายทอดผ่านพ่อ) ซึ่งกรณีนี้ย่าอาจถ่ายทอดอัลลีล A หรือ B แล้วทำให้หลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/B (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A

X (A) คือโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A แก่หลานสาวเท่ากับ $1/2$ ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่หลานสาวได้รับอัลลีล A จากแม่ที่มีค่าเท่ากับ $1/2$ ด้วย

ดังนั้นโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$

Y (A) คือโอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น $X(A)/Y(A) = 1/4f_A$

โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล B

X (B) คือโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล B แก่หลานสาวเท่ากับ $1/2$ ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่หลานสาวได้รับอัลลีล B จากแม่ที่มีค่าเท่ากับ $1/2$ ด้วย

ดังนั้นโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล B ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1/2 \times 1/2 = 1/4$

Y (B) คือโอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล B = f_B

ดังนั้น $X(B)/Y(B) = 1/4f_B$

นำทั้งสองโอกาสมารวมกัน $\{X/Y \text{ (รวม)}\} = f_A + f_B / 4(f_A f_B)$

2.3 กรณียามีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Homozygous และหลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอเป็น

Heterozygous

ย่า (XX)	หลานสาว (XX)
A/A	A/B
$\frac{\text{โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล A}}$	= $\frac{X}{Y}$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ แต่ไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลของหลานสาวอันไหนมาจากแม่ และอันไหนมาจากย่า (ถ่ายทอดผ่านพ่อ) ซึ่งกรณีนี้ย่าจะถ่ายทอดอัลลีล A เท่านั้น แล้วทำให้หลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/B (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A แก่หลานสาวเท่ากับ 1 ซึ่งโอกาสนี้จะรวมถึงโอกาสที่หลานสาวได้รับอัลลีล A จากแม่ที่มีค่าเท่ากับ 1/2 ด้วย

ดังนั้น โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A ทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $1 \times 1/2 = 1/2$

Y คือโอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น $X/Y = 1/2f_A$

2.4 กรณียามีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Heterozygous และหลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอเป็น

Homozygous

ย่า (XX)	หลานสาว (XX)
A/B	A/A
$\frac{\text{โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปให้อัลลีล A}}$	= $\frac{X}{Y}$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ และสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลอันไหนถ่ายทอดมาจากแม่ และอันไหนมาจากย่า (ถ่ายทอดผ่านพ่อ) ซึ่งกรณีนี้หลานสาวจะรับอัลลีล A จากย่าเท่านั้น แล้วทำให้หลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/A (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือโอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A แก่หลานสาวเท่ากับ 1/2

Y คือโอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น $X/Y = 1/2f_A$

2.5 กรณีย่าและหลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Homozygous ทั้งคู่

ย่า (XX) หลานสาว (XX)
A/A A/A

$$\frac{\text{โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A}}{\text{โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A}} = \frac{X}{Y}$$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ และสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าอัลลีลอันไหนถ่ายทอดมาจากแม่ และอันไหนมาจากย่า (ถ่ายทอดผ่านพ่อ) ซึ่งกรณีนี้ย่าจะถ่ายทอดอัลลีล A เท่านั้น แล้วทำให้หลานสาวมีลักษณะดีเอ็นเอตำแหน่งนี้เป็น A/A (X) เปรียบเทียบกับโอกาสแบบเดียวกันนี้ในหญิงทั่วไป (Y) ทำได้ดังนี้

X คือ โอกาสที่ย่าจะให้อัลลีล A แก่หลานสาวเท่ากับ 1

Y คือ โอกาสที่หญิงทั่วไปจะให้อัลลีล A = f_A

ดังนั้น $X/Y = 1/f_A$

3. พี่น้องหญิงร่วมบิดา

3.1 กรณีพี่สาวและน้องสาวมีลักษณะดีเอ็นเอเป็น Heterozygous โดยมี Genotype ที่ต่างกัน

พี่สาว (XX) น้องสาว (XX)
A/B A/C

$$\frac{\text{โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนเดียวกัน}}{\text{โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน}} = \frac{X}{Y}$$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ เนื่องจากพ่อไม่ได้มารับการตรวจด้วย จึงไม่สามารถกำหนดได้ว่าอัลลีลของพี่สาว และน้องสาวอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้ตามทฤษฎีถ้ามีพ่อคนเดียวกันลูกสาวทั้งสองจะได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A ทำให้ทั้งสองมีลักษณะดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กัน เปรียบเทียบกับโอกาสที่ทั้งสองได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน ดังนี้

X คือ โอกาสที่พ่อจะมีอัลลีล A และถ่ายทอดไปให้ลูกสาวทั้งสองคนเท่ากับ f_A รวมถึง

โอกาสที่พี่สาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อมีค่าเท่ากับ 1/2

และโอกาสที่น้องสาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อมีค่าเท่ากับ 1/2

ดังนั้นทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $f_A \times 1/2 \times 1/2 = 1/4f_A$

Y คือโอกาสที่คนทั้งคู่จะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน = $f_A \times f_A$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad X/Y &= \frac{f_A \times 1/2 \times 1/2}{f_A \times f_A} \\ &= 1/4f_A \end{aligned}$$

3.2 กรณีพี่สาวและน้องสาวเป็น Heterozygous โดยมี Genotype ที่เหมือนกัน

พี่สาว (XX) น้องสาว (XX)

A/B A/B

$$\frac{\text{โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A หรืออัลลีล B จากพ่อคนเดียวกัน}}{\text{โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A หรืออัลลีล B จากพ่อคนละคนกัน}} = \frac{X}{Y}$$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ เนื่องจากพ่อไม่ได้มารับการตรวจด้วย จึงไม่สามารถกำหนดได้ว่าอัลลีลของพี่สาว และน้องสาวอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้ตามทฤษฎีถ้ามีพ่อคนเดียวกันลูกสาวทั้งสองจะได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A หรืออัลลีล B ทำให้ทั้งสองมีลักษณะดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กัน เปรียบเทียบกับโอกาสที่ทั้งสองได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A หรืออัลลีล B จากพ่อคนละคนกัน ดังนี้

โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A

X (A) คือโอกาสที่พ่อจะมีอัลลีล A และถ่ายทอดไปให้ลูกสาวทั้งสองคนเท่ากับ f_A รวมถึงโอกาสที่พี่สาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็มีค่าเท่ากับ 1/2 และโอกาสที่น้องสาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็มีค่าเท่ากับ 1/2

$$\text{ดังนั้นทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ } f_A \times 1/2 \times 1/2 = 1/4f_A$$

Y (A) คือโอกาสที่คนทั้งคู่จะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน = $f_A \times f_A$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad X(A)/Y(A) &= \frac{f_A \times 1/2 \times 1/2}{f_A \times f_A} \\ &= 1/4f_A \end{aligned}$$

โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล B

X (B) คือโอกาสที่พ่อจะมีอัลลีล B และถ่ายทอดไปให้ลูกสาวทั้งสองคนเท่ากับ f_B รวมถึงโอกาสที่พี่สาวจะได้รับอัลลีล B จากพ่อก็มีค่าเท่ากับ 1/2 และโอกาสที่น้องสาวจะได้รับอัลลีล B จากพ่อก็มีค่าเท่ากับ 1/2

$$\text{ดังนั้นทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ } f_B \times 1/2 \times 1/2 = 1/4f_B$$

Y (B) คือโอกาสที่คนทั้งคู่จะ ได้รับอัลลีล B จากพ่อคนละคนกัน = $f_B \times f_B$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad X(B)/Y(B) &= \frac{f_B \times 1/2 \times 1/2}{f_B \times f_B} \\ &= 1/4f_B \end{aligned}$$

นำทั้งสองโอกาสมารวมกัน $\{X/Y \text{ (รวม)}\} = f_A + f_B / 4(f_A f_B)$

3.3 กรณีพี่สาวเป็น Homozygous และน้องสาวเป็น Heterozygous

พี่สาว (XX) น้องสาว (XX)

A/A A/B

โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนเดียวกัน = $\frac{X}{Y}$

โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน Y

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ เนื่องจากพ่อไม่ได้มารับการตรวจด้วย จึงไม่สามารถกำหนดได้ว่าอัลลีลของน้องสาวอันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้ตามทฤษฎีถ้ามีพ่อคนเดียวกันลูกสาวทั้งสองจะได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A ทำให้ทั้งสองมีลักษณะดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กัน เปรียบเทียบกับโอกาสที่ทั้งสองได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน ดังนี้

X คือโอกาสที่พ่อจะมีอัลลีล A และถ่ายทอดไปให้ลูกสาวทั้งสองคนเท่ากับ f_A รวมถึงโอกาสที่พี่สาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็มีค่าเท่ากับ 1

และโอกาสที่น้องสาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็มีค่าเท่ากับ 1/2

ดังนั้นทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $f_A \times 1 \times 1/2 = 1/2f_A$

Y คือโอกาสที่คนทั้งคู่จะ ได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน = $f_A \times f_A$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad X/Y &= \frac{f_A \times 1 \times 1/2}{f_A \times f_A} \\ &= 1/2f_A \end{aligned}$$

3.4 กรณีพี่สาวเป็น Heterozygous และน้องสาวเป็น Homozygous

พี่สาว (XX) น้องสาว (XX)

A/B A/A

โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนเดียวกัน = $\frac{X}{Y}$

โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน Y

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ เนื่องจากพ่อไม่ได้มารับการตรวจด้วย จึงไม่สามารถกำหนดได้ว่าอัลลีลของพี่สาว อันไหนมาจากพ่อ ซึ่งกรณีนี้ตามทฤษฎีถ้ามีพ่อคนเดียวกับลูกสาวทั้งสองจะได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A ทำให้ทั้งสองมีลักษณะดีเอ็นเอที่สัมพันธ์กัน เปรียบเทียบกับโอกาสที่ทั้งสองได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน ดังนี้

X คือ โอกาสที่พ่อจะมีอัลลีล A และถ่ายทอดไปให้ลูกสาวทั้งสองคนเท่ากับ f_A รวมถึงโอกาสที่พี่สาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็เท่ากับ $1/2$

และโอกาสที่น้องสาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็เท่ากับ 1

ดังนั้นทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $f_A \times 1/2 \times 1 = 1/2f_A$

Y คือ โอกาสที่คนทั้งคู่จะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน $= f_A \times f_A$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad X/Y &= \frac{f_A \times 1/2 \times 1}{f_A \times f_A} \\ &= \frac{1/2f_A}{f_A} \end{aligned}$$

3.5 กรณีพี่สาวและน้องสาวเป็น Homozygous ทั้งคู่

พี่สาว (XX) น้องสาว (XX)
A/A A/A

$$\frac{\text{โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A จากพ่อคนเดียว} = X}{\text{โอกาสที่ลูกสาวทั้งสองจะได้รับการถ่ายทอดอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน} = Y}$$

การพิสูจน์ความสัมพันธ์ในกรณีนี้ใช้เมื่อมีอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ และสามารถกำหนดได้ว่าลูกสาวทั้งสองได้อัลลีล A จากพ่อ ดังนี้

X คือ โอกาสที่พ่อจะมีอัลลีล A และถ่ายทอดไปให้ลูกสาวทั้งสองคนเท่ากับ f_A รวมถึงโอกาสที่พี่สาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็เท่ากับ 1

และโอกาสที่น้องสาวจะได้รับอัลลีล A จากพ่อก็เท่ากับ 1

ดังนั้นทั้งหมดจึงมีค่าเท่ากับ $f_A \times 1 \times 1 = 1f_A$

Y คือ โอกาสที่คนทั้งคู่จะได้รับอัลลีล A จากพ่อคนละคนกัน $= f_A \times f_A$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad X/Y &= \frac{f_A \times 1 \times 1}{f_A \times f_A} \\ &= \frac{1f_A}{f_A} \end{aligned}$$

หมายเหตุ f_A และ f_B คือค่าความถี่ของอัลลีลที่แสดงความสัมพันธ์กันระหว่างผู้มารับการตรวจ

ภาคผนวก ค

ลำดับเบสของดีเอ็นเอไมโครแซทเทลไลท์ที่ตำแหน่ง DXS101 ของอัลลีลที่ 19

คัดแปลงมาจาก NCBI Reference Sequence: NW_927711.1

>ref[NW_001842387.1]:1182263-1182763 Homo sapiens chromosome X genomic contig,
alternate assembly (based on HuRef), whole genome shotgun sequence

ACTCTAAATCAGTCCAAATATCTCCCTTCAAAAACAAAGATAATACACACATATT
CATTTTCTTCTTCTTCTTCTTCTTCTTATTATTATTATTATTATTATTATT
ATTATTATACTTTAAGTTCTGGGATACATGCGCAGAATATGCAGGTTTGTTACATA
AGTATACATGTGCCATGGAGTGATTT

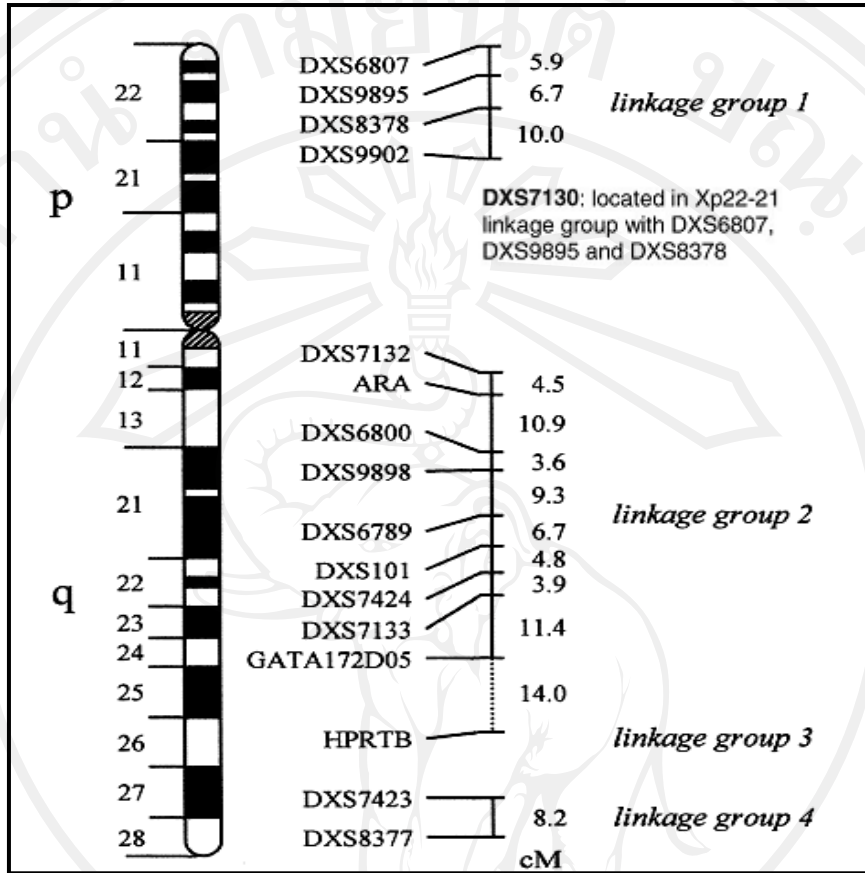
P_F : **ACTCTAAATCAGTCCAAATATCT**

P_R : **TACATGTGCCATGGAGTGATTT**

N₃₈ : CCCTTCAAAAACAAAGATAATACACACATATTCATTTT

N₅₃ : AACTTTAAGTTCTGGGATACATGCGCAGAATATGCAGGTTTGTTACATAAGTA

■ ■ ■ : ช่วง Tandem Repeat



ภาพ 22 แสดงที่ตั้งของดีเอ็นเอไมโครแซทเทลไลท์ที่ตำแหน่ง DXS101 (Szibor *et al.*, 2003)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล

นางสาวอนุสรรา ดิศเจริญ

วัน เดือน ปีเกิด

29 กรกฎาคม 2529

ประวัติการศึกษา

2545- 2547

สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัด สกลนคร ปี 2547

2548-2552

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2551

2553

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
นิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2554

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved