

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการศึกษานำเสนอ โดยใช้ตารางประกอบการบรรยายในประเด็นต่างๆ และจัดกลุ่มตัวแปรที่ใช้สร้างโมเดล โดยพิจารณาจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญทางด้านคลินิก ผลการศึกษานำเสนอเป็น 6 ส่วน ได้แก่ ลักษณะทั่วไปของกระดูกกระเบนเหน็บที่ใช้สร้างโมเดล

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดต่างๆ ของกระดูกกระเบนเหน็บกับเพศเมื่อวิเคราะห์คราวละปัจจัย วิธีการคัดเลือกตัวแปรเข้าในโมเดลเริ่มต้น ตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายเพศโดยคำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ (การวิเคราะห์โดยพิจารณาจากหลายปัจจัย) การทดสอบความเหมาะสมของโมเดลที่ได้ และประเมินโมเดลทำนาย

1. ลักษณะทั่วไปของกระดูกกระเบนเหน็บ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้นำมาสร้างโมเดล ในการศึกษาครั้งนี้ จำนวน 82 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 100 มีอายุเฉลี่ย (mean) เท่ากับ 56.9 ปี ค่ามัธยฐาน (median) เท่ากับ 57.0 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Deviation) เท่ากับ 13.7 ค่าพิสัยของควอไทล์ (Inter-quartile Range) เท่ากับ 20 ค่าต่ำสุด (minimum) เท่ากับ 25 ค่าสูงสุด (maximum) เท่ากับ 84 เชื้อชาติไทย เท่ากับ 82 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 100 (ตารางที่ 1)

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดสอบโมเดล ในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 82 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 100 มีอายุเฉลี่ย (mean) เท่ากับ 57.11 ปี ค่ามัธยฐาน (median) เท่ากับ 54.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Deviation) เท่ากับ 14.23 ค่าพิสัยของควอไทล์ (Inter-quartile Range) เท่ากับ 22 ค่าต่ำสุด (minimum) เท่ากับ 22 ค่าสูงสุด (maximum) เท่ากับ 86 เชื้อชาติไทย เท่ากับ 82 ชั้น คิดเป็นร้อยละ 100 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกระดูกกระเบนเหน็บ

ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างแรก ที่ใช้ในการสร้างโมเดล (n = 82)	กลุ่มตัวอย่างที่สอง ที่ใช้ในการทดสอบโมเดล (n = 82)
อายุ (ปี)		
- อายุเฉลี่ย (mean)	56.9	57.11
- ค่ามัธยฐาน (median)	57.0	54.00
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Deviation)	13.7	14.23
- ค่าพิสัยควอไทล์ (Interquartile Range)	20	22
- ค่าต่ำสุด (minimum)	25	22
- ค่าสูงสุด (maximum)	84	86
เชื้อชาติ		
- ไทย	82(100%)	82(100%)
เพศ		
- ชาย	41(50.0 %)	41(50.0 %)
- หญิง	41(50.0 %)	41(50.0 %)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดต่าง ๆ ของกระดูกกระเบนเหน็บกับเพศเมื่อวิเคราะห์ คราวละปัจจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างโมเดลมีทั้งหมด 6 ตัวแปร และตัวแปรต้น ที่ศึกษาเป็นตัวแปร ต่อเนื่องและข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ประกอบด้วย Sacral width โดยใช้ค่าเฉลี่ย (mean) ของเพศชายและเพศหญิงเปรียบเทียบกันโดยใช้สถิติ Student t-test เพื่อทดสอบความแตกต่าง ของตัวแปรทั้งสองกลุ่ม จากการวิเคราะห์พบว่าค่า Sacral width ระหว่างเพศชายและเพศหญิง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.017$) (ตารางที่ 2)

ส่วนตัวแปรที่ศึกษาเป็นตัวแปรต่อเนื่องและข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ ประกอบด้วย ค่า Sacral height ค่าของ transverse width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่าของ AP-width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่าของ alar width ข้างขวา และค่าของ alar width ข้างซ้าย โดยใช้ค่ามัธยฐาน (median) ของเพศชายและเพศหญิงเปรียบเทียบกันโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศของตัวแปรต่าง ๆ จากการ วิเคราะห์พบว่าค่าของ transverse width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่าของ AP-width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่า alar width ข้างขวา และค่าของ alar width ข้างซ้าย ระหว่าง เพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่า sacral height ระหว่างเพศชายและเพศหญิงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรวัดต่างๆ ของกระดูกกระเบนเหน็บกับเพศเมื่อวิเคราะห์คร่าวละปัจจัย

มาตรวัดของกระดูกกระเบนเหน็บ (ค่ากลาง, ค่าการกระจาย)	สถิติที่ใช้ทดสอบ	P-value
Sacral width (millimeter) เพศชาย (N=41): Mean \pm SD = 106.2 \pm 0.65 เพศหญิง (N=41): Mean \pm SD = 109.6 \pm 0.57	Student t-test	0.017
Sacral height (millimeter) เพศชาย (N=41): Median \pm IQR = 104.1 \pm 1.35 เพศหญิง (N=41): Median \pm IQR = 109.6 \pm 1.33	Mann-Whitney U test	0.439
AP - width ของ S1 (millimeter) เพศชาย (N=41): Median \pm IQR = 32.5 \pm 0.40 เพศหญิง (N=41): Median \pm IQR = 30.0 \pm 0.36	Mann-Whitney U test	<0.001
Transverse width ของ S1 (millimeter) เพศชาย (N=41): Median \pm IQR = 45.8 \pm 0.63 เพศหญิง (N=41): Median \pm IQR = 44.0 \pm 0.52	Mann-Whitney U test	0.053
Alar width ข้างขวา (millimeter) เพศชาย (N=41): Median \pm IQR = 32.3 \pm 0.51 เพศหญิง (N=41): Median \pm IQR = 34.4 \pm 0.65	Mann-Whitney U test	0.011
Alar width ข้างซ้าย (millimeter) เพศชาย (N=41): Median \pm IQR = 31.4 \pm 0.40 เพศหญิง (N=41): Median \pm IQR = 33.5 \pm 0.62	Mann-Whitney U test	<0.001

IQR = Interquartile Range

SD = Standard deviation

ในการศึกษาครั้งนี้ยังรายงานและนำเสนอค่า index ต่าง ๆ โดยอาศัยองค์ความรู้จากการ ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วย sacral index = $\frac{\text{sacral width} \times 100}{\text{sacral height}}$ ซึ่งข้อมูลมี การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ จึงใช้ค่ามัธยฐาน (median) ของเพศชายและเพศหญิงเปรียบเทียบ กันโดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างเพศ จากการวิเคราะห์ พบว่า ระหว่างเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.014) และค่า Right alar index = $\frac{\text{Right alar width} \times 100}{\text{transverswidth of S1}}$, Left alar index = $\frac{\text{Left alar width} \times 100}{\text{transverswidth of S1}}$ ซึ่งข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (mean) ของเพศชายและเพศหญิงเปรียบเทียบ กันโดยใช้สถิติ Student t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของตัวแปรทั้งสองกลุ่ม จากการ วิเคราะห์พบว่า Left alar index ระหว่างเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p-value = 0.035) แต่ Right alar index ระหว่างเพศชายและเพศหญิงไม่มีนัยสำคัญ ทางสถิติ (p-value = 0.334) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงค่า index ต่าง ๆ ของกระดูกกระเบนเหน็บระหว่างเพศชายและเพศหญิงในคนไทย

Index ของกระดูกกระเบนเหน็บ	สถิติที่ใช้ทดสอบ	P-value
$\text{Sacral index : } \frac{\text{sacral width} \times 100}{\text{sacral height}}$ <p>เพศชาย (N=41): Median \pm IQR = 100.2 \pm 16.3 เพศหญิง (N=41): Median \pm IQR = 106.1 \pm 12.5</p>	Mann-Whitney U test	0.014
$\text{Right alar index : } \frac{\text{Right alar width} \times 100}{\text{transverswidth of S1}}$ <p>เพศชาย (N=41): Mean \pm SD = 70.3 \pm 10.4 เพศหญิง (N=41): Mean \pm SD = 70.9 \pm 11.4</p>	Student t-test	0.334
$\text{Left alar index : } \frac{\text{Left alar width} \times 100}{\text{transverswidth of S1}}$ <p>เพศชาย (N=41): Mean \pm SD = 67.5 \pm 9.8 เพศหญิง (N=41): Mean \pm SD = 78.2 \pm 12.0</p>	Student t-test	0.035

IQR = Interquartile Range

SD = Standard deviation



3. วิธีการคัดเลือกตัวแปรเข้าในโมเดลเริ่มต้น

การระบุตัวแปรสำหรับโมเดลเริ่มต้น

คัดเลือกตัวแปรเริ่มต้น โดยอาศัยองค์ความรู้จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และทุกตัวแปรที่ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ละเอียดให้ค่า $p\text{-value} \leq 0.25$ ซึ่งออกแบบโมเดลโดยใช้วิธี backward elimination ตัวแปรที่คัดเลือกเข้าสู่โมเดลเริ่มต้นประกอบด้วย 5 ตัวแปรคือ ค่า sacral width, transverse width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่าของ AP- width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่า alar width ข้างขวา และค่า alar width ข้างซ้าย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ลักษณะของตัวแปรต่อการทำนายเพศจากกระดูกกระเบนเหน็บ ในโมเดลเริ่มต้น จากผลการวิเคราะห์คร่าวละเอียดที่ผลการวิเคราะห์ให้ค่า $p\text{-value} \leq 0.25$

ตัวแปร	ประเภทของตัวแปร	ค่า p-value จากผลการวิเคราะห์คร่าวละเอียดในการศึกษาครั้งนี้
Sacral width	ต่อเนื่อง	0.017
Transverse width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1	ต่อเนื่อง	0.053
ค่า AP- width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1	ต่อเนื่อง	<0.001
ค่า alar width ข้างขวา	ต่อเนื่อง	0.011
ค่า alar width ข้างซ้าย	ต่อเนื่อง	<0.001

การวิเคราะห์พหุคูณลอจิสติกของโมเดลเริ่มต้นประกอบด้วย ค่า sacral width ค่า transverse width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่า AP- width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 ค่า alar width ข้างขวา ค่า alar width ข้างซ้าย ผลการวิเคราะห์พบว่าตัวแปร ค่า sacral width และค่า AP- width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 มีผลต่อโมเดล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.05$) รายละเอียดผลการวิเคราะห์พหุคูณลอจิสติก แสดงใน (ตารางที่ 5) (ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 5 ผลจากการวิเคราะห์พหุคูณลอจิสติก ในโมเดลเริ่มต้น

ตัวแปร	Co-efficient (B)	Standard Error	Exp (B)	95 % CI	p-value
ค่า sacral width	1.87	0.91	6.54	1.09 – 39.11	0.040
ค่า AP- width ของ กระดูกกระเบนเหน็บชั้น ที่ 1	-4.75	1.37	0.00	0.01 – 0.13	<0.001
ค่า Transverse width ของกระดูกกระเบนเหน็บ ชั้นที่ 1	-1.19	0.93	0.30	0.48 – 1.90	0.202
ค่า alar width ข้างขวา	-0.05	1.00	0.95	0.13 – 6.84	0.961
ค่า alar width ข้างซ้าย	0.51	1.06	1.68	0.29 – 13.58	0.626
ค่าคงที่	-1.22	4.95	-	-	-

หมายเหตุ : ใช้วิธี Enter method

4. ตัวแปรที่มีผลต่อการทำนายเพศในกระดูกกระเบนเหน็บ ในโมเดลสุดท้าย การคัดเลือกตัวแปรออกจากโมเดล

ใช้เทคนิค Auto backward elimination ช่วยเลือกตัวแปรที่สำคัญเข้าและออกจากโมเดล
ใช้เกณฑ์ ในการพิจารณา คือ probability for entry = 0.05, probability for removal = 0.10

- ใช้ค่า p-value จากสถิติทดสอบวาลด์ (wald statistic) เป็นตัวกรองเบื้องต้นในการพิจารณาว่าตัวแปรใดมีนัยสำคัญทางสถิติต่อโมเดล หากตัวแปรใด ค่า p-value < 0.05 จะคงไว้ในโมเดล (ภาคผนวก ก.)

- พิจารณาขนาดการเปลี่ยนแปลง ของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Coefficient regression) โดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ของตัวแปรอื่น ๆ ในโมเดล ที่มีตัวแปรกับไม่มีตัวแปรนั้นถ้าเกินร้อยละ 20 จะคงไว้ในโมเดลตามเดิม หากน้อยกว่าร้อยละ 20 จะตัดออกจากโมเดล

ทำเช่นนี้จนไม่สามารถตัดตัวแปรใด ๆ ออกได้อีก เนื่องจากตัวแปรทุกตัวในโมเดล มีความสัมพันธ์กับการจำแนกเพศ ถือว่าโมเดลสุดท้ายที่ได้เป็นโมเดล ที่ใช้ในการจำแนกเพศได้ (ภาคผนวก ก.)

จากการสร้างโมเดลพบว่า มี 2 ตัวแปร ประกอบด้วย ค่า sacral width และ ค่า AP-width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1 มีอิทธิพลต่อการทำนายเพศจากกระดูกกระเบนเหน็บอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำนายเพศในโมเดลสุดท้าย

ตัวแปร	Co-efficient (B)	Standard Error	Exp (B)	95 % CI	p-value
ค่า AP- width ของกระดูกกระเบนเหน็บชั้นที่ 1	-5.50	0.49	5.83	2.21 - 15.38	<0.001
ค่า sacral width	1.76	1.31	0.04	0.00 - 0.05	<0.001
ค่าคงที่	-1.56	4.69	-	-	-

หมายเหตุ : ใช้วิธี Backward: LR, Nagelkerke Rsquare = 0.439

Hosmer-Lemeshow p-value = 0.581

ซึ่งในโมเดลสุดท้าย อธิบายด้วย 2 ตัวแปร ในการทำนายเพศจากกระดูกกระเบนเหน็บ คือ

$$\text{Ln} \left[\frac{\text{female}}{1 - \text{female}} \right] = -1.56 - 5.50 (x_1) + 1.76 (x_2)$$

มีความน่าจะเป็นคือ

$$P(\text{female}) = \left[\frac{1}{1 + e^{(-1.56 - 5.50 X_1 + 1.76 X_2)}} \right]$$

$P(\text{female})$ = โอกาสที่จะเป็นเพศหญิง

X_1 = antero-posterior width of s_1

X_2 = sacral width

5. การตรวจสอบความเหมาะสมทางสถิติของโมเดลที่ได้กับข้อมูล

ในการทดสอบความเหมาะสมของโมเดล (adequacy of the model) จะตรวจสอบใน 3 ประเด็น คือ การทดสอบข้อตกลงเบื้องต้น (assumption) การตรวจสอบความไม่ปกติของตัวแปร (Influential observation) และทดสอบภาวะแบบสนิทดี (goodness of fit) ของข้อมูล ชุดที่ใช้สร้างโมเดล (จิราพร เขียวอยู่, 2549) สถิติที่ใช้ทดสอบภาวะแบบสนิทดีของข้อมูล ชุดที่ใช้สร้างโมเดล กับโมเดลที่ได้ คือสถิติ Hosmer-Lemeshow chi - square test และทดสอบความสามารถในการจำแนกเพศ โดยทดสอบกับพื้นที่ใต้โค้ง ROC

- ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของตัวแปรทุกตัว ที่นำเข้าโมเดลเริ่มต้น และโมเดลสุดท้าย พบว่าทุกตัวแปรเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก คือ พบว่าตัวแปรทุกตัว normal distribution, และการวิเคราะห์ครวละปัจจัยพบว่าทุกตัวแปร $p\text{-value} \leq 0.25$

- ผลการทดสอบภาวะแบบสนิทดีของข้อมูล ด้วยสถิติ Hosmer-Lemeshow chi-square test พบว่าโมเดลที่ได้มีความเหมาะสมกับข้อมูล ($p\text{-value} = 0.581$) ซึ่ง > 0.05 (ภาคผนวก ก.)

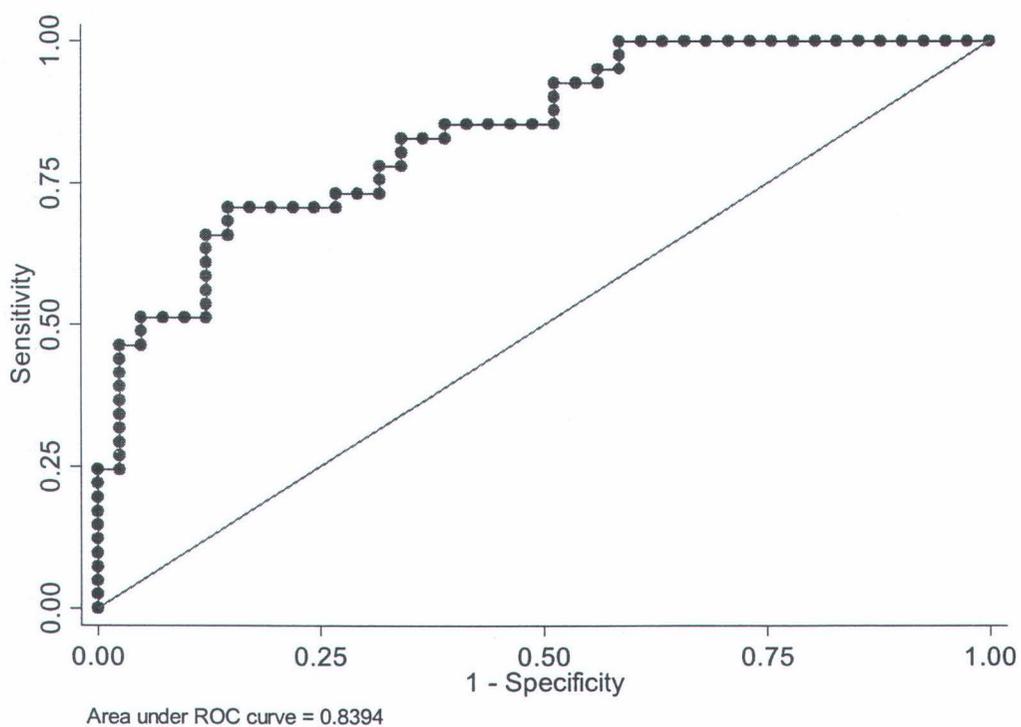
- ผลการทดสอบความสามารถในการทำนายของโมเดล ด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไว (sensitivity) กับค่า 1- ค่าความจำเพาะ (specificity) พบว่าความสามารถในการทำนายของโมเดลมีความเหมาะสมดี โดยพื้นที่ใต้โค้ง ROC มีค่าเท่ากับ 83.9% (95% CI: 74.6%-92.3%) ณ จุดตัด 0.5 ค่าความไวเท่ากับ 73.2% (95% CI: 56.8%-85.2%) ค่าความจำเพาะเท่ากับ 68.3% (95% CI: 51.8%-81.4%) ค่าการทำนายถูกเมื่อผลการทดสอบเป็นบวก ร้อยละ 69.8 (95% CI: 53.7%-82.3%) และให้ค่าการทำนายถูกเมื่อผลการทดสอบเป็นลบ ร้อยละ 71.8% (95% CI: 54.9%-84.5%) (ภาพที่ 10) และให้ค่าความแม่นยำในการทำนาย ร้อยละ 70.7% (95% CI: 59.5%-80.0 %) (ตารางที่ 7) (ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบความแม่นยำของข้อมูลชุดที่ใช้สร้างโมเดล

Cut of Point	Area under ROC (95% CI)	Sensitivity (%) (95% CI)	Specificity (%) (95% CI)	PPV (%) (95% CI)	NPV (%) (95% CI)	Accuracy (95% CI)
0.50	83.9 (75.6-92.3)	73.2 (56.8-85.2)	68.3 (51.8-81.4)	69.8 (53.7-82.3)	71.8 (54.9-84.5)	70.7 (59.5-80.0)

PPV = Positive predictive value

NPV = Negative predictive value



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความไว และ 1- ค่าจำเพาะของข้อมูลชุดสร้างโมเดล

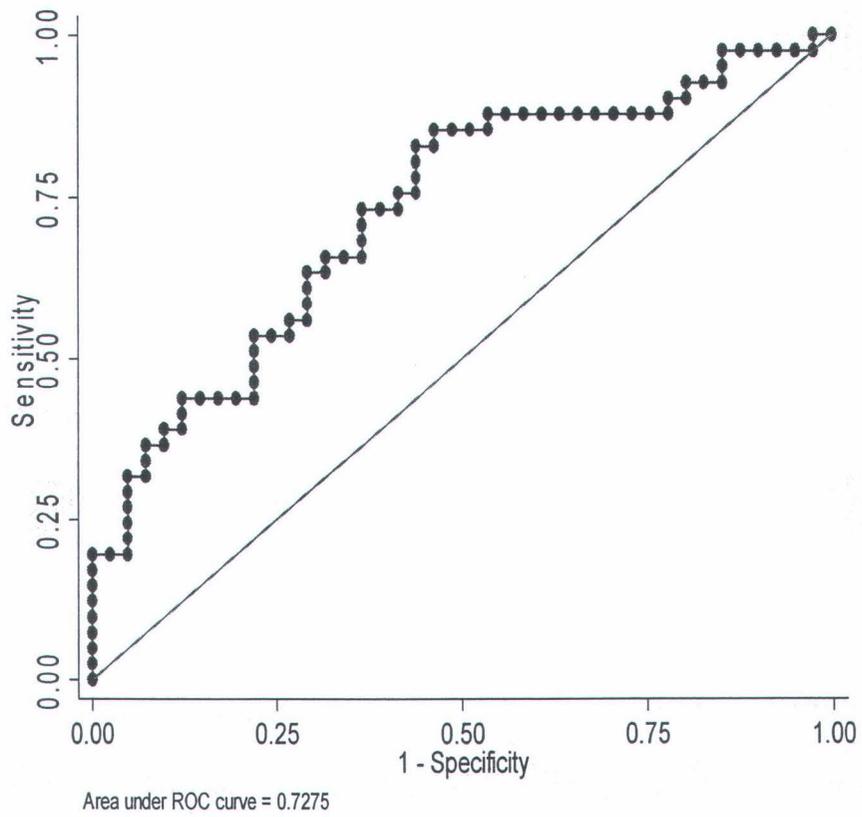
6. การทดสอบโมเดล (validating the final model)

- การทดสอบความเหมาะสมของโมเดลที่ได้กับข้อมูลชุดทดสอบด้วยสถิติ Hosmer and Lemeshow test (p -value = 0.240) ซึ่ง > 0.05 จึงสรุปว่าโมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดทดสอบ

- ผลการทดสอบความสามารถในการทำนายของโมเดลกับข้อมูลชุดทดสอบ แสดงในตารางที่ 8 จำนวนกระดูกกระเบนเหน็บทั้งหมด 82 ชิ้น สามารถทำนายเพศเป็นเพศหญิงได้ถูกต้อง 26 ราย จากเพศหญิงทั้งหมด 41 ราย (ร้อยละ 63.4%) (ตารางที่ 8) และสามารถทำนายเพศเป็นเพศชายได้ถูกต้อง 28 ราย จากเพศชายทั้งหมด 41 ราย (ร้อยละ 68.3%) และจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไว (sensitivity) กับค่า 1- ค่าความจำเพาะ (specificity) พบว่ามีความเหมาะสมพอใช้ได้ โดยมีพื้นที่ โดยพื้นที่ใต้โค้ง ROC มีค่าเท่ากับ 72.7 (95% CI: 61.8%-83.7%) (ภาพที่ 9) ณ จุดตัด 0.52 ค่าความไวเท่ากับ 63.4% (95% CI: 53.0%-80.4%) ค่าความจำเพาะเท่ากับ 68.3% (95% CI: 48.1%-76.4%) ค่าการทำนายถูกเมื่อผลการทดสอบเป็นบวก ร้อยละ 65.1% (95% CI: 50.1%-79.4%) และให้ค่าการทำนายถูกเมื่อผลการทดสอบเป็นลบ ร้อยละ 66.7% (95% CI: 49.7%-80.4%) (ภาพที่ 11) และให้ค่าความแม่นยำในการทำนาย ร้อยละ 65.9% (95% CI: 49.0%-75.85%) (ภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 8 ผลจากโมเดลทำนายเพศจากกระดูกกระเบนเหน็บ ด้วยข้อมูลชุดทดสอบสมการ

ผลจากการทำนายโดยใช้โมเดล	Gold standard		รวม
	Female	Male	
Female	26	13	39
Male	15	28	43
รวม	41	41	82



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความไว และ 1- ค่าจำเพาะของข้อมูลชุดที่ใช้ทดสอบสมการ