

### บทที่ 3

#### ผลการวิจัย

#### 1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Descriptive statistic พบว่า ค่าเฉลี่ยของตัวแปร ML, MW, BH, LAL, LAW, DAL และ DAW ในกระดุกสั้นเท้าซ้ายเพศชายคือ 80.20, 26.75, 38.74, 44.68, 41.29, 29.20 และ 20.95 ตามลำดับ กระดุกสั้นเท้าซ้ายเพศหญิงคือ 72.30, 23.68, 34.52, 39.67, 36.40, 25.24 และ 18.22 ตามลำดับ ส่วนของกระดุกสั้นเท้าขวาเพศชายคือ 79.40, 26.80, 39.11, 44.84, 41.09, 29.05 และ 21.04 ตามลำดับ กระดุกสั้นเท้าขวาเพศหญิงคือ 71.86, 23.60, 34.83, 39.93, 36.24, 25.22 และ 18.23 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเพศชายมีค่าเฉลี่ยทุกตัวแปรมากกว่าเพศหญิง เมื่อทดสอบ ค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ  $t$ -test ( $H_0$ : ค่าเฉลี่ยตัวแปรระหว่างเพศชายและหญิงเท่ากัน) พบว่า ทุกตัวแปรแสดงค่า  $P$ -value เท่ากับ 0.000 ดังแสดงในตาราง 2 (กระดุกสั้นเท้าซ้าย) และตาราง 3 (สั้นเท้าขวา) ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ( $p < 0.05$ ) จึงปฏิเสธ  $H_0$  กล่าวคือค่าเฉลี่ยระหว่างเพศชายและหญิงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินั่นเอง อีกทั้งขนาดของกระดุกสั้นเท้าข้างซ้ายมีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่กว่าข้างขวาเล็กน้อย



ตาราง 2 แสดงค่าพื้นฐานทางสถิติและทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างเพศชาย-หญิง ด้วยสถิติ *t*-test ของกระดูกสันหลังขวา

ค่าสถิติ	ML	MW	BH	LAL	LAW	DAL	DAW
<b>ตัวแปร</b>							
<b>เพศชาย</b>							
ค่าสูงสุด	90.00	32.00	44.10	53.07	47.93	33.87	25.00
ค่าต่ำสุด	67.93	19.37	33.60	36.97	33.90	24.83	18.00
ค่าเฉลี่ย	79.40	26.80	39.11	44.84	41.09	29.05	21.04
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.22	2.13	2.24	2.98	2.63	2.06	1.30
<b>เพศหญิง</b>							
ค่าสูงสุด	80.03	28.07	41.03	48.03	41.93	30.97	21.00
ค่าต่ำสุด	64.17	19.83	30.03	33.13	31.10	21.67	15.00
ค่าเฉลี่ย	71.80	23.60	34.83	39.93	36.24	25.22	18.23
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.39	1.83	2.20	2.77	1.96	1.62	1.17
ค่า <i>t</i>	13.66	11.15	13.50	11.84	14.32	14.19	15.70
<i>P</i> -value	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>	0.000 <sup>a</sup>

a หมายถึงมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (significant),  $p < 0.05$

## 2. ศึกษาผลของปัจจัยอายุต่อขนาดกระดูกสันเท้า

ตัวอย่างโครงกระดูกที่นำมาศึกษาทั้งหมด 200 คน เป็นชาย 115 คน หญิง 85 คน แบ่งเป็นช่วงอายุ 7 ระดับ คือ 21-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80, 81-90 และ 91 ปีขึ้นไป ซึ่งช่วงอายุที่มีจำนวนตัวอย่างมากที่สุดคือ 61-70 ปี มีจำนวน 52 ตัวอย่าง รองลงไปคือช่วงอายุ 51-60, 71-80, 41-50, 81-90, 21-40 และ 91 ปีขึ้นไป ตามลำดับ เมื่อทำการประมาณจะเห็นว่าจำนวนตัวอย่างเกือบทั้งหมดมีอายุมากกว่า 40 ปี ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 3 แสดงจำนวนตัวอย่างแบ่งตามช่วงอายุ

ช่วงอายุ	จำนวนตัวอย่าง (คน)		รวม
	ชาย	หญิง	
21-40	3	4	7
41-50	12	14	30
51-60	23	21	44
61-70	30	22	52
71-80	25	17	42
81-90	19	7	26
91 ขึ้นไป	3	0	3
<b>รวม</b>	<b>115</b>	<b>85</b>	<b>200</b>

เมื่อทำการวัดขนาดกระดูกสันเท้าทั้ง 7 ตัวแปร ได้แสดงค่าเฉลี่ยดังตาราง 4 และ 5 ซึ่งจะเห็นว่าขนาดกระดูกสันเท้าทั้งของเพศชายและเพศหญิง เมื่อทำการเปรียบเทียบตามช่วงอายุ ทุกตัวแปรมีค่าเฉลี่ยขึ้นๆ ลงๆ ต่างกันเล็กน้อย แต่มีบางตัวแปรมีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่องถึงสี่ระดับช่วงอายุ ได้แก่ ตัวแปร ML MW ของกระดูกสันเท้าซ้ายเพศหญิง และตัวแปร ML ของกระดูกสันเท้าขวาเพศหญิง ถือว่าตัวแปรดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงตามระดับช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่มีแนวโน้มที่ค่าเฉลี่ยคงที่ตามระดับช่วงอายุด้วย คือ ตัวแปร DAW ของกระดูกสันเท้าเพศหญิง เมื่อทำการทดสอบค่าเฉลี่ยตามการแบ่งของช่วงอายุ ด้วยสถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าทุกตัวแปรทั้งกระดูกสันเท้าเพศชายและเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยที่แบ่งตามช่วงอายุไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตาราง 4 แสดงการเปรียบเทียบและทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ one-way ANOVA ของเส้นเท้าเพศชาย ที่แบ่งตามช่วงอายุ

ข้าง	ช่วงอายุ	ML	MW	BH	LAL	LAW	DAL	DAW
ซ้าย	21-40	82.38	28.39	39.03	44.50	40.51	28.18	21.68
	41-50	79.93	28.80	39.28	45.69	40.52	29.21	20.55
	51-60	80.78	28.40	38.97	44.92	41.33	29.70	20.90
	61-70	76.74	26.72	36.75	42.57	39.12	27.52	19.80
	71-80	80.01	27.74	38.60	44.30	41.35	29.38	20.81
	81-90	79.49	28.88	39.49	43.92	41.28	29.45	21.02
	91 ขึ้นไป	82.12	30.92	39.63	46.08	43.59	30.14	21.87
F		0.571	1.920	0.655	0.740	0.695	1.099	0.629
P-value		0.753	0.085	0.686	0.618	0.654	0.369	0.707
ขวา	21-40	80.74	28.30	39.39	44.27	40.14	28.00	21.52
	41-50	78.22	28.79	39.71	45.13	40.21	29.08	20.69
	51-60	80.38	28.24	39.45	45.47	41.17	29.42	20.97
	61-70	76.13	26.49	37.25	42.96	38.86	27.41	19.96
	71-80	79.51	27.55	39.35	44.74	40.96	29.16	21.04
	81-90	79.78	28.65	39.33	44.92	41.75	29.23	20.77
	91 ขึ้นไป	82.06	30.69	39.87	47.01	42.70	29.71	21.70
F		0.658	1.697	0.356	0.550	0.954	0.877	0.383
P-value		0.684	0.130	0.905	0.769	0.461	0.515	0.383

ตาราง 5 แสดงการเปรียบเทียบและทดสอบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ one-way ANOVA ของเส้นเท้าเพศหญิง ที่แบ่งตามช่วงอายุ

ข้าง	ช่วงอายุ	ML	MW	BH	LAL	LAW	DAL	DAW
ซ้าย	21-40	73.59	23.91	36.15	38.99	37.32	24.65	18.02
	41-50	71.72	23.46	33.32	39.13	36.49	24.15	18.55
	51-60	75.94	25.59	34.87	41.02	37.11	25.36	18.06
	61-70	72.47	25.04	34.66	39.55	36.19	25.97	18.53
	71-80	72.21	24.97	34.09	40.76	36.86	25.33	18.32
	81-90	71.78	24.76	34.76	38.66	35.36	25.22	17.70
	91 ขึ้นไป	-	-	-	-	-	-	-
F		1.634	0.992	1.121	1.381	1.104	1.105	0.695
P-value		0.171	0.433	0.363	0.249	0.372	0.371	0.630
ขวา	21-40	73.12	23.23	35.64	39.39	36.78	25.45	18.05
	41-50	71.96	23.81	33.47	39.25	36.01	24.70	18.48
	51-60	74.78	25.10	35.67	42.08	37.09	25.61	18.42
	61-70	72.37	24.71	35.09	40.61	36.47	25.68	18.60
	71-80	71.38	24.77	34.34	39.81	36.61	25.12	18.16
	81-90	71.27	24.76	34.82	39.99	35.76	24.49	17.78
	91 ขึ้นไป	-	-	-	-	-	-	-
F		1.164	0.797	0.924	1.002	0.435	0.770	0.598
P-value		0.342	0.557	0.474	0.427	0.822	0.576	0.701

### 3. การวิเคราะห์จำแนกประเภท หรือกลุ่ม (discriminant analysis)

ในการศึกษานี้ได้ใช้การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบขั้นตอน (stepwise method) จากการวิเคราะห์ พบว่า ตัวแปรที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการของกระดูกสันเท้าซ้ายคือ ML BH DAL และ DAW ส่วนกระดูกสันเท้าขวาตัวแปรที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการคือ ML LAW DAL และ DAW เมื่อพิจารณาค่า Eigenvalue ของกระดูกสันเท้าซ้ายและขวาแสดงค่า 1.917 และ 1.947 ตามลำดับ ซึ่งค่า Eigenvalue ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 1 จึงจะถือว่าสมการที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นดี มีค่าความแตกต่างระหว่างกลุ่มมาก ทำให้ความสามารถในการจำแนกกลุ่มสูง สรุปได้ว่าสมการที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ทั้งของกระดูกสันเท้าซ้ายและขวามีความสามารถในการจำแนกกลุ่มเพศสูง นั่นเอง

ค่า Wilks' Lambda เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการแบ่งกลุ่มของตัวแปรอิสระ หากมีค่ามากกว่า 0.5 หมายถึง ความสามารถในการแบ่งกลุ่มได้ไม่ดี ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ ของกระดูกสันเท้าซ้ายและขวาแสดงค่าเท่ากับ 0.343 และ 0.339 ตามลำดับ หมายความว่าตัวแปรอิสระที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการของกระดูกสันเท้าทั้งสองข้างมีความสามารถในการแบ่งกลุ่มได้ดี และเมื่อพิจารณาค่า sig. ทำให้ทราบว่าค่า Wilks' Lambda ที่ได้มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เป็นการยืนยันว่าตัวแปรอิสระในสมการสามารถใช้เป็นตัวแปรจำแนกได้ กล่าวคือสมการสามารถจำแนกกลุ่มเพศได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิกอล (Canonical correlation) เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม โดยค่าสูงสุดของค่า Canonical correlation เท่ากับ 1 และค่าตั้งแต่ 0.8 ขึ้นไปถือว่าเป็นค่าที่สูง ซึ่งจากการวิเคราะห์แสดงค่าเท่ากับ 0.811 และ 0.813 สำหรับกระดูกสันเท้าซ้ายและขวา ตามลำดับ นั่นแสดงว่าสมการที่ได้มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระสูง ดังนั้นความสามารถในการจำแนกกลุ่มก็อยู่ในระดับสูงด้วย เมื่อนำค่า Canonical correlation มา ยกกำลังสอง จะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าตัวแปรในสมการจำแนกสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ร้อยละเท่าไร ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ได้เท่ากับ 65.77% และ 66.10% ของกระดูกสันเท้าซ้ายและขวา ตามลำดับ (ตาราง 6)

ตาราง 6 แสดงค่าทางสถิติต่างๆ จากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบ stepwise method

ฟังก์ชัน	Eigenvalue	Canonical correlation	Wilk lambda	$\chi^2$	d.f.	P-value
ข้างซ้าย						
1	1.917	0.811	0.343	209.808	4	0.000
ข้างขวา						
1	1.947	0.813	0.339	211.848	4	0.000

จากตาราง Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients แสดงค่าสัมประสิทธิ์ (ค่าน้ำหนัก) ของตัวแปรอิสระในสมการจำแนกกลุ่ม ซึ่งเป็นสมการมาตรฐานเพราะไม่มีค่าน้ำหนัก หรือ ค่าคงที่ (constant) หากตัวแปรใดมีค่าน้ำหนักสูง ยิ่งทำให้ตัวแปรนั้นมีความสำคัญ หรือมีอิทธิพลในการจำแนกกลุ่มของสมการจำแนกสูงตามไปด้วย ซึ่งจากการวิเคราะห์ปรากฏว่าตัวแปร DAW ทั้งของกระดูกสันเท้าขวาและซ้ายมีความสำคัญต่อการจำแนกกลุ่มในสมการมากที่สุด รองลงมาของกระดูกสันเท้าซ้ายคือ DAL, ML และ BH ตามลำดับ และรองลงมาของกระดูกสันเท้าขวาคือ ML, DAL และ LAW ตามลำดับ (ตาราง 7) เช่นเดียวกับตาราง Structure Matrix (ตาราง 8) ที่สามารถนำไปใช้ตีความหมายสมการจำแนกกลุ่มอีกวิธีหนึ่ง เป็นการดูความสัมพันธ์ระหว่างค่าของตัวแปรอิสระกับค่าคะแนนจำแนกที่คำนวณได้จากสมการจำแนก จากการวิเคราะห์พบว่าตัวแปร DAW มีความสำคัญต่อสมการจำแนกมากที่สุดเช่นกัน

ตาราง 7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ในตาราง Standardized Canonical Discriminant Function Coefficients จากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบ stepwise method

	กระดูกสันเท้าซ้าย		กระดูกสันเท้าขวา
	Function 1		Function 1
DAW	0.497	DAW	0.543
DAL	0.331	ML	0.291
ML	0.268	DAL	0.272
BH	0.229	LAW	0.229



ตาราง 8 แสดงตาราง Structure Matrix จากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบ stepwise method

กระดุกสั้นเท้าซ้าย		กระดุกสั้นเท้าขวา	
	Function 1		Function 1
DAW	0.794	DAW	0.800
DAL	0.748	LAW	0.729
ML	0.734	DAL	0.723
BH	0.704	ML	0.695
LAW <sup>a</sup>	0.669	LAL <sup>a</sup>	0.638
LAL <sup>a</sup>	0.627	BH <sup>a</sup>	0.574
MW <sup>a</sup>	0.519	MW <sup>a</sup>	0.470

\* a ไม่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วย

คงได้กล่าวไปแล้วว่าตัวแปร ML BH DAL และ DAW ได้ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการของกระดุกสั้นเท้าซ้าย และตัวแปร ML LAW DAL และ DAW ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการของกระดุกสั้นเท้าขวา ซึ่งในตาราง 9 และ 10 ได้แสดงค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอิสระดังกล่าวในสมการจำแนกกลุ่มของกระดุกสั้นเท้าซ้ายและขวา ตามลำดับ ซึ่งเป็นสมการในรูปแบบคะแนนดิบ ค่าน้ำหนักที่ได้จึงไม่อยู่ในรูปมาตรฐาน (unstandardized coefficient) ผลที่ได้จึงมีทั้งค่าน้ำหนักในแต่ละตัวแปร และค่าคงที่ (constant)

ตาราง 9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอิสระจากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มของกระดูกสันหลังซี่

ตัวแปร	Unstandardized coefficient	Standardized coefficient	ค่ากลาง (centroids)	ค่าแบ่งกลุ่ม (sectioning point)
stepwise ML	0.069	0.268	M = 1.184	-0.418
BH	0.106	0.229	F = -1.602	
DAL	0.174	0.331		
DAW	0.402	0.497		
ค่าคงที่	-22.005			
direct ML	0.046	0.179	M = 1.194	-0.422
MW	0.004	0.009	F = -1.616	
BH	0.100	0.216		
LAL	0.039	0.104		
LAW	0.058	0.136		
DAL	0.134	0.254		
DAW	0.364	0.451		
ค่าคงที่	-22.212			

ตาราง 10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอิสระจากการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มของกระดูกสันหลังซี่

ตัวแปร	Unstandardized coefficient	Standardized coefficient	ค่ากลาง (centroids)	ค่าแบ่งกลุ่ม (sectioning point)
stepwise ML	0.075	0.291	M = 1.194	-0.421
LAW	0.097	0.229	F = -1.615	
DAL	0.144	0.272		
DAW	0.434	0.543		
ค่าคงที่	-22.044			
direct ML	0.073	0.284	M = 1.210	-0.427
MW	0.049	0.098	F = -1.637	
BH	0.060	0.134		
LAL	-0.022	-0.063		
LAW	0.070	0.165		
DAL	0.128	0.240		
DAW	0.412	0.515		
ค่าคงที่	-22.529			

ผลจากการวิเคราะห์ตารางทั้งสองสามารถนำมาสร้างเป็นสมการได้ 2 สมการ ดังนี้

$$Y_{L1} = 0.069ML + 0.106BH + 0.174DAL + 0.402DAW - 22.005 \quad \text{สมการที่ 1}$$

$$Y_{R1} = 0.075ML + 0.097LAW + 0.144DAL + 0.434DAW - 22.044 \quad \text{สมการที่ 2}$$

สมการที่ 1 และสมการที่ 2 เป็นสมการจำแนกกลุ่มเพศของกระดูกสันเท้าซ้ายและขวา มีค่าตัดแบ่งกลุ่ม (sectioning point) เท่ากับ -0.418 และ -0.421 ตามลำดับ โดยหลักการพิจารณาจำแนกกลุ่มให้พิจารณาค่าที่คำนวณได้จากสมการ หากมีค่ามากกว่าค่า sectioning point ให้จัดเป็นกลุ่มเพศชาย แต่ถ้าน้อยกว่าให้จัดเป็นกลุ่มเพศหญิง

นอกจากนี้ในตาราง 9 และ 10 ยังได้นำเสนอค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรอิสระของการวิเคราะห์จำกลุ่มแบบ direct method อีกด้วย ซึ่งหลักการสร้างสมการเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบ stepwise method ต่างกันเพียงสมการของการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบ direct method จะนำทุกตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษาเข้าร่วมในสมการทั้งหมด ทำให้ได้สมการที่ 3 และ 4 สำหรับจำแนกกลุ่มเพศของกระดูกสันเท้าซ้ายและขวา ตามลำดับ โดยสมการที่ 3 มีค่า sectioning point เท่ากับ -0.422 และสมการที่ 4 มีค่า sectioning point เท่ากับ -0.427 ซึ่งการพิจารณาจำแนกกลุ่มเพศมีหลักการเดียวกันกับการวิเคราะห์จำแนกกลุ่มแบบ stepwise method ทุกประการ คือ หากผลลัพธ์ที่คำนวณได้ตามสมการมีค่ามากกว่าค่า sectioning point ให้จัดอยู่กลุ่มเพศชาย แต่หากน้อยกว่าให้จัดอยู่กลุ่มเพศหญิง

$$Y_{L2} = 0.046ML + 0.004MW + 0.1BH + 0.039LAL + 0.058LAW + 0.134DAL + 0.364DAW - 22.212 \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$Y_{R2} = 0.073ML + 0.049MW + 0.06BH - 0.022LAL + 0.07LAW + 0.128DAL + 0.412DAW - 22.529 \quad \text{สมการที่ 4}$$

ตาราง 11 แสดง ร้อยละความถูกต้องในการทำนายเพศของสมการจำแนกที่ได้จากการวิเคราะห์ กล่าวคือเป็นการบอกถึงประสิทธิภาพของสมการจำแนก ว่าสามารถจำแนกกลุ่มได้ถูกต้องมากน้อยเพียงใด จากตาราง พบว่า กระดูกสันเท้าซ้าย ของเพศชายจำนวน 115 ตัวอย่าง เมื่อทำการทำนายโดยใช้สมการจำแนกกลุ่มสามารถทำนายได้ถูกต้องทั้งหมด 105 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 91.3 และกระดูกเท้าซ้ายของเพศหญิงจำนวน 85 ตัวอย่าง สามารถทำนายได้ถูกต้องทั้งหมด 76 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 89.4 เมื่อคิดจำนวนตัวอย่างรวมทั้ง ( 200 ตัวอย่าง) พบว่า สมการจำแนกกลุ่มสามารถจำแนกกลุ่มเพศได้ถูกต้องร้อยละ 90.5

ส่วนกระดุกสั้นเท้าขวาของเพศชายจากจำนวน 115 ตัวอย่างสามารถทำนายได้ถูกต้องจากการใช้สมการจำแนกทั้งหมด 104 คิดเป็นร้อยละ 90.4 และกระดุกสั้นเท้าขวาของเพศหญิงจำนวน 85 ตัวอย่าง สามารถทำนายได้ถูกต้อง 78 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 91.8 เมื่อคิดจำนวนตัวอย่างรวมทั้งหมด ( 200 ตัวอย่าง) พบว่า สมการจำแนกกลุ่มสามารถจำแนกกลุ่มเพศได้ถูกต้องร้อยละ 91.0

ตาราง 11 แสดงร้อยละความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศของสมการจำแนกกลุ่ม

		sex	correct male (%)	correct female (%)	Total	correct classification (%)
กระดุกสั้นเท้าซ้าย Original	count	male	105	10	115	90.5
		female	9	76	85	
	%	male	91.3	8.7	100.0	
		female	10.6	89.4	100.0	
กระดุกสั้นเท้าขวา Original	count	male	104	11	115	91.0
		female	7	78	85	
	%	male	90.4	9.6	100	
		female	8.2	91.8	100	

ในการทำการจำแนกกลุ่มข้อมูลโดยใช้เทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล หรือ Data Mining (data mining คือ การหารูปแบบ หรือ pattern อะไรบางอย่างที่ซ่อนอยู่ในข้อมูล ที่มองผิวเผินแล้วไม่อาจสังเกตเห็นได้ เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก) โดยการทำ data mining นั้นจะต้องมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดสอนและชุดทดสอบ แต่ในบางครั้งอาจเกิดปัญหาจากการเลือกข้อมูลที่ดีและง่ายมาเป็นข้อมูลชุดทดสอบ ทำให้ผลการจำแนกนั้นดีเกินจริง ดังนั้นจะมีการคิดวิธี “k-fold cross validation” ขึ้นมาแก้ปัญหา กล่าวคือ cross-validation หมายถึง วิธีการในการคาดการณ์ค่าความผิดพลาดของโมเดล โดยพื้นฐานของวิธีนี้คือการสุ่มตัวอย่างในชุดข้อมูลที่นำมาศึกษา (resampling) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่ม จำนวน k กลุ่ม (k-fold) ในตอนแรกเลือกชุดข้อมูลกลุ่มที่ 1 เป็นข้อมูลชุดทดสอบ และข้อมูลชุดที่เหลือจะเป็นข้อมูลชุดสอน (นำไปสร้างโมเดล หรือ สมการ) จากนั้นจะสลับข้อมูลกลุ่มที่ 2 มาเป็นชุดทดสอบ และข้อมูลกลุ่มอื่นๆ เป็นข้อมูลชุดสอน สลับอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ k กลุ่ม ในขั้นตอนสุดท้ายจะหาค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องในแต่ละกลุ่ม วิธีการนี้ข้อมูลทุกตัวอย่างจะได้เป็นทั้งชุดทดสอบและชุดสอน ซึ่ง ผลลัพธ์จากการทำ cross-validation มักถูกใช้เป็นตัวเลือกในการกำหนดโมเดล นั้นเอง

จากการวิเคราะห์หรือร้อยละความถูกต้องในการใช้สมการจำแนกทำนายกลุ่มเพศ ด้วยวิธี cross-validation พบว่า ทั้งสมการของกระดุกสั้นเท้าซ้ายและขวาให้ความถูกต้องในการทำนาย

กลุ่มเพศร้อยละ 90.0 โดยให้ความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศชายร้อยละ 90.4 และกลุ่มเพศหญิงร้อยละ 89.4 นั้นแสดงว่าแม้สมการจะถูกคาดการณ์ความผิดพลาดของโมเดลแล้ว ก็ยังคงให้ความถูกต้องในการใช้ทำนายเพศได้ดีเช่นเดิม (ตาราง 12)

ตาราง 12 แสดง ร้อยละความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศของสมการจำแนกกลุ่ม ด้วยวิธี cross-validation

		sex	correct male (%)	correct female (%)	Total	correct classification (%)
กระดุกสันเท้าชาย	count	male	104	11	115	90.0
		female	9	76	85	
	%	male	90.4	9.6	100.0	
		female	10.6	89.4	100.0	
กระดุกสันเท้าขวา	count	male	104	11	115	90.0
		female	9	76	85	
	%	male	90.4	9.6	100	
		female	10.6	89.4	100	

#### 4. ทดสอบประสิทธิภาพของสมการจำแนกด้วยตัวอย่างกรณีศึกษา

วัตถุประสงค์ในการศึกษานี้เพื่อ ต้องการทดสอบความแม่นยำของสมการจำแนกที่ได้ว่า สามารถทำนายกลุ่มเพศของตัวอย่างข้อมูลใหม่ ในที่นี้คือตัวอย่างกรณีศึกษาได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งการทดสอบนี้ได้นำตัวอย่างกรณีศึกษาจำนวน 20 คน เป็นชาย 10 คน หญิง 10 คน โดยตัวอย่างที่นำมาทดสอบไม่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างที่นำมาสร้างสมการจำแนกแต่อย่างใด ทำการวัดกระดุกสันเท้าซ้ายทั้งหมด 4 ตัวแปร ได้แก่ ML BH DAL และ DAW และทำการวัดกระดุกสันเท้าขวา 4 ตัวแปร เช่นกัน ได้แก่ ML LAW DAL และ DAW ซึ่งตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรที่ถูกคัดเลือกเข้าสู่สมการจำแนกนั่นเอง สำหรับวิธีการวัดให้ทำการวัดขนาดตัวแปรทุกตัวเพียงครั้งเดียวเท่านั้น แล้วนำมาแทนค่าในสมการที่ 1 สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวัดของกระดุกสันเท้าซ้าย และแทนค่าในสมการที่ 2 สำหรับข้อมูลที่ได้จากการวัดของกระดุกสันเท้าขวา จากนั้นพิจารณาค่า sectioning point เพื่อทำการจำแนกกลุ่มเพศชาย-หญิง จากการทดสอบ พบว่า สามารถทำนายกระดุกสันเท้าซ้ายของเพศชายได้ถูกต้อง 8 คน และเพศหญิงสามารถทำนายได้ถูกต้องทั้ง 10 คน ส่วนกระดุกสันเท้าขวาของเพศชายสามารถทำนายได้ถูกต้อง 9 คน และเพศหญิงทำนายได้ถูกต้อง 8 คน ดังแสดงในตาราง 13 และ 14

ตาราง 13 ตัวอย่างกรณีศึกษาของกระดูกสันหลังซี่ชาย โดยแสดงค่าการวัด (mm) และค่าการคำนวณตามสมการที่ 1 (sectioning point = -0.418)

คนที่	ML		BH		DAL		DAW		ค่าจากการคำนวณ	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1	73.1	74.2	36.1	36.0	26.9	25.0	19.0	17.0	-0.82	-1.89
2	79.2	78.2	41.9	35.0	27	27.0	21.0	19.0	1.04	-0.56
3	80.0	70.1	39.2	34.5	26.2	25.1	21.1	19.0	0.71	-1.51
4	79.9	72.2	36.1	35.9	27.9	26.0	20.9	18.0	0.60	-1.46
5	86.0	74.8	41.0	35.0	31.8	27.1	20.8	19.6	2.17	-0.54
6	75.8	76.2	34.0	33.0	26.9	25.1	19.0	17.2	-0.85	-1.97
7	84.2	71.2	41.0	35.0	27.9	28.0	21.0	20.0	1.45	-0.47
8	81.1	76.0	38.5	36.0	28	24.0	20.3	19.5	0.70	-0.93
9	79.9	78.9	39.2	35.2	30	25.0	22.2	18.1	1.81	-1.20
10	78.2	70.0	40.2	37.1	27.7	25.0	21.9	18.9	1.28	-1.29
<b>mean</b>	<b>79.74</b>	<b>74.18</b>	<b>38.72</b>	<b>35.27</b>	<b>28.03</b>	<b>25.73</b>	<b>20.72</b>	<b>18.63</b>	<b>80%</b>	<b>100%</b>
<b>SD</b>	<b>3.70</b>	<b>3.22</b>	<b>2.56</b>	<b>1.09</b>	<b>1.67</b>	<b>1.25</b>	<b>1.05</b>	<b>1.02</b>		

ตาราง 14 ตัวอย่างกรณีศึกษาของกระดูกสันหลังซี่ชาย โดยแสดงค่าการวัด (mm) และค่าการคำนวณตามสมการที่ 2 (sectioning point = -0.421)

คนที่	ML		LAW		DAL		DAW		ค่าจากการคำนวณ	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
1	74.7	73.9	35.8	36.9	25.9	25.3	19.9	17.5	-0.60	-1.68
2	78.0	78.8	38.0	37	26.2	27	20.3	20	0.07	0.02
3	79.0	71.8	38.9	35.3	27.0	25.9	20.8	18.2	0.57	-1.61
4	80.0	70.1	39.1	35.3	28.0	26.3	21.1	17.2	0.94	-2.11
5	87.1	72.9	43.1	38.1	30.9	27	20.1	19.2	1.84	-0.66
6	76.8	73	38.0	36	27.8	25.8	20.0	17	0.09	-1.98
7	80.0	71	43.9	37.3	30.1	29.2	20.8	20	1.58	-0.22
8	78.1	74.2	37.2	35.9	27.9	25.2	20.1	19.3	0.16	-0.99
9	80.0	81.1	44.0	35	32.0	25.3	22.2	17.2	2.47	-1.46
10	80.0	70.9	45.2	35.9	30.1	25	20.3	19.2	1.49	-1.31
<b>mean</b>	<b>79.37</b>	<b>73.77</b>	<b>40.32</b>	<b>36.27</b>	<b>28.59</b>	<b>26.20</b>	<b>20.56</b>	<b>18.48</b>	<b>90%</b>	<b>80%</b>
<b>SD</b>	<b>3.22</b>	<b>3.9</b>	<b>3.37</b>	<b>3.6.9</b>	<b>2.07</b>	<b>25.3</b>	<b>0.70</b>	<b>17.5</b>		

เมื่อทำการวิเคราะห์กรณีตัวอย่างโดยรวม คือ ไม่ได้แยกกลุ่มเพศออกจากกัน จะได้ว่า ตัวอย่างกรณีศึกษาของกระดูกสันเท้าซ้ายที่จะทำการทดสอบสมการมีจำนวนทั้งหมด 20 ตัวอย่าง (ชาย 10 หญิง 10) และจำนวนตัวอย่างกรณีศึกษาของกระดูกสันเท้าขวาก็มี 20 ตัวอย่างเช่นกัน ทำการวัดตัวแปรที่มีอยู่ในสมการและแทนค่าลงไป จากนั้นพิจารณาจำแนกกลุ่มเพศด้วยค่า sectioning point โดยไม่ทราบเพศของตัวอย่างมาก่อน สุดท้ายทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงว่า สามารถจำแนกเพศได้ถูกต้องกี่ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างกรณีศึกษากระดูกสันเท้าซ้ายจากจำนวน 20 ตัวอย่าง สามารถทำนายกลุ่มเพศได้ตรงกับข้อมูลจริง 18 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 90 และตัวอย่างกรณีศึกษากระดูกสันเท้าขวาสามารถทำได้ตรงกับข้อมูลจริง 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 85

โดยสรุปการทดสอบสมการจำแนกด้วยตัวอย่างกรณีศึกษา สำหรับกระดูกสันเท้าซ้าย สามารถให้ความถูกต้องในการทำนายเพศร้อยละ 90 โดยให้ความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศชายร้อยละ 80 และให้ความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศหญิงร้อยละ 100 ส่วนสันเท้าขวาสามารถให้ความถูกต้องในการทำนายเพศร้อยละ 85 โดยให้ความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศชายร้อยละ 90 และให้ความถูกต้องในการทำนายกลุ่มเพศหญิงร้อยละ 80 นั่นเอง