

**The Relationship between Scapular Motion
and Subacromial Impingement
in Working Population**

By

Nitaya Prodsathaporn

**A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Medical Sciences
Faculty of Medicine
Thammasat University
2009**

Thammasat University
Faculty of Medicine

Dissertation

of

Nitaya Prodsathaporn

entitled

The Relationship between Scapular Motion and Subacromial Impingement
in Working Population

was audited and approved as the partial fulfillment of the requirement for the degree of
Doctor of Philosophy in Medical Sciences

on May 15, 2009



Chairman

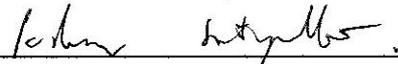
(Assistant Professor Bancha Chernchujit, M.D.)

Member and Major advisor



(Associate Professor Yongyuth Siripakarn, M.D.)

Member and Co-advisor



(Associate Professor Paskorn Sritipsukho, M.D.)

Member and Co-advisor



(Suthee Rattanamongkolgul, M.D., Ph.D.)

Member

Junya Patharaachachai

(Assistant Professor Junya Patharaachachai, Sc.D.)

Member

Mantana Vongsirinavarat

(Assistant Professor Mantana Vongsirinavarat, Ph.D.)

Dean

Chittinad Havanond

(Associate Professor Chittinad Havanond, M.D.)

บทคัดย่อ

ความชุกของอาการปวดไหล่จากบทความทบทวนงานวิจัยทางระบาดวิทยามีค่าประมาณร้อยละ 18 ถึง 26 ปัจจุบัน subacromial impingement เป็นสาเหตุที่พบบ่อยที่สุดของอาการปวดไหล่และเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย หนึ่งในปัจจัยเหล่านี้ คือ การเคลื่อนของกระดูกสะบักบดพร่อง ซึ่งจะทำให้เกิด stress และ strain ต่อเนื้อเยื่อรอบๆ ข้อต่อ glenohumeral หลักฐานการศึกษาที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนของกระดูกสะบักที่ผิดปกติและ subacromial impingement ด้วยวิธีวิจัยที่เหมาะสมมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนของกระดูกสะบักที่ผิดปกติและ subacromial impingement และเพื่อหาค่าการเคลื่อนของกระดูกสะบักขณะกางแขนในระนาบของกระดูกสะบัก ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบความชัดเจนของปัจจัยที่มีแนวโน้มเป็นตัวแปรกวตามลำดับขั้นตอน

การวิจัยกระทำในรูปแบบ case-control อาสาสมัครที่ร่วมวิจัยมีสถานะภาพเป็นคนที่ได้รับการคัดเลือกจากโรงพยาบาลสามแห่ง คือ โรงพยาบาลศูนย์จังหวัดชลบุรี โรงพยาบาลศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยบูรพา และโรงพยาบาลอ่าวอุดม อำเภอศรีราชา Cases คือ ผู้ป่วย subacromial impingement (SI) จำนวน 99 ราย ซึ่งมีผลการทดสอบเป็นบวกอย่างน้อยสองการทดสอบเมื่อคัดกรองด้วย Hawkin's test, Neer's test และ Painful arc ส่วน controls จำนวน 198 คนเป็นผู้ที่ไม่มี subacromial impingement (NSI) อายุเฉลี่ยของ cases คือ 50.1 ± 8.3 ปี ของ controls คือ 48.8 ± 7.8 ปี ค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ของอาสาสมัครทั้งหมดมีค่าไม่เกิน 30 กก./ม.^2 การวัดตำแหน่งกระดูกสะบักและกำลังกล้ามเนื้อของกระดูกสะบักใช้ gravity inclinometers ที่ถูกดัดแปลงสองเครื่อง เวอร์เนียคาลิเปอร์ และ hand held dynamometer การกางแขนทำโดยอาสาสมัครจากท่าแขนข้างลำตัวไปที่ 60 องศา 90 องศาและ 120 องศาใน scaption ตามลำดับ ค่า ICCs (3,1) จากการทดสอบ test retest reliability ของการวัดตำแหน่งกระดูกสะบักมีค่าระหว่าง 0.753 (95% CI 0.701 - 0.796) ถึง 0.904 (95% CI 0.882 - 0.922) ค่า SEMs ของ retraction และ inferior gliding มีค่าระหว่าง 0.3 ถึง 0.5 ซม. ส่วน SEMs ของการหมุนของกระดูกสะบักมีค่า 1.1 ถึง 2.1 องศา และของกำลังกล้ามเนื้อมีค่า 0.5 to 0.8 กก. การหมุนของกระดูกสะบัก 5 ตัวแปร คือ retraction - protraction, superior - inferior gliding, และ upward rotation 3 ค่า (ข้อมูลของแต่ละตัวแปร) ถูกจัดกลุ่มเป็นการเคลื่อนที่ปกติหรือผิดปกติด้วยจุดตัดที่กำหนดขึ้นบนพื้นฐานข้อมูลของกลุ่ม NSI โดยกำหนดว่าการเคลื่อนที่ผิดปกติ คือ มีค่าเกินค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\pm 1 \text{ sd}$) ของตัวแปรนั้นๆ การวิเคราะห์

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยง ผลลัพธ์ และตัวแปรทวนใช้ univariate และ multivariate analysis

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ retraction-protraction (t-test p 0.522) โดยค่าเฉลี่ย (mean \pm sd) ของ cases และ controls คือ 0.8 ± 0.7 ซม. และ 0.7 ± 0.9 ซม. ตามลำดับ แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ superior - inferior gliding (t-test p 0.004) โดยค่าเฉลี่ยของ cases คือ -0.8 ± 1.1 ซม. และ controls คือ -1.1 ± 0.9 ซม. ส่วนค่าเฉลี่ยของ upward rotation จากท่าแขนข้างลำตัวถึงกางแขน 60 องศาของ cases คือ 8.4 ± 4.8 องศา ของ controls คือ 7.7 ± 3.1 องศา จาก 60 ถึง 90 องศาของ cases คือ 8.8 ± 4.0 องศา และของ controls คือ 7.8 ± 3.0 องศา ส่วนที่การกางแขน 90 ถึง 120 องศาของ cases คือ 13.7 ± 4.5 องศา ส่วนของ controls คือ 14.3 ± 3.9 องศา. โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการหมุนของสะบ้าระหว่างกลุ่มของแต่ละช่วง (การกางแขน) ยกเว้น การกางแขนในช่วง 60 ถึง 90 องศา (t-test p 0.031) ผลการศึกษานี้แสดงว่า กระดูกสะบ้ามีการหมุนเพิ่มขึ้นตลอดการกางแขน เมื่อกางแขนจากท่าพักถึง 90 องศากระดูกสะบ้าทำหน้าที่เป็นฐานที่มั่นคงมากกว่าหรือมีส่วนร่วมในการเคลื่อนไหวน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการกางแขนจาก 90 ถึง 120 องศา

ค่าเฉลี่ยกำลังกล้ามเนื้อ Elevator ของ cases และ controls คือ 9.2 ± 2.3 กก.และ 10.2 ± 2.7 กก. ตามลำดับ ส่วน retractor มีค่า 5.3 ± 1.5 กก.และ 5.3 ± 1.4 กก. ตามลำดับ. protractor มีค่า 8.9 ± 2.0 กก. และมีค่า 9.2 ± 2.0 กก. ตามลำดับ โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มเฉพาะกำลังกล้ามเนื้อ elevator (t test p 0.001). การวิเคราะห์ที่ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญ พบว่า cases มีโอกาสได้รับปัจจัยเสี่ยงของการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบ้าที่ผิดปกติสามปัจจัยมากกว่าที่ controls ได้รับ โดยปัจจัยเหล่านี้ คือ superior-inferior gliding (OR 2.23, 95% CI 1.28 – 3.90), upward rotation จากแขนข้างลำตัวถึง 60 องศา (OR 2.17, 95% CI 1.24 - 3.80) และจาก 60 ถึง 90 องศา (OR 2.33, 95% CI 1.35 - 4.04). ตัวแปรทวน คือ กำลังกล้ามเนื้อ elevator (OR 0.78, 95% CI 0.69 - 0.88) และน้ำหนักเกินมาตรฐาน (OR 2.2, 95% CI 1.27 - 3.87) ส่วนกล้ามเนื้อ trapezius ขาดความยืดหยุ่น (OR 2.64, 95% CI 1.39 - 5.01) และการปวดกล้ามเนื้อบริเวณสะบ้า (OR 4.16, 95% CI 2.45 - 7.05) เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์กับ subacromial impingement

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นภาพรวมของปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญ และปัจจัยร่วมของภาวะ subacromial impingement โดยเฉพาะกรณีที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบ้าที่ผิดปกติ

ดังนั้นการควบคุมและการฝึกการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบ้าที่ปกติเป็นข้อแนะนำที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับ subacromial impingement โปรแกรมการฟื้นฟูและป้องกันควรเน้นความชัดเจนที่การเคลื่อนไหวของกระดูกสะบ้าทุกองค์ประกอบ และแนะนำให้มีการจัดการปัจจัยร่วมทุกปัจจัยอย่างเหมาะสม ความสำคัญทางคลินิกสำหรับการศึกษานี้ไม่ครอบคลุมภาวะที่กล้ามเนื้อขาดความสมดุลหรือผลจากท่าทาง การนำความรู้ไปใช้ในกลุ่มประชากรอื่นๆ และในการศึกษาด้วยผู้วัดมากกว่า 1 คนควรมีการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนและควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

Abstract

Prevalence of shoulder pain from an epidemiologic literature review was about 18 to 26 percent. Recently, subacromial impingement, the most common source of shoulder pain, is caused by multifactor. One of these factors is impaired scapular motion that will cause stress and strain to glenohumeral surrounding tissues. Evidence of association of abnormal scapular motion and subacromial impingement has limited by an appropriate study methodology. Thus, this study aimed to clarify the relationship between abnormal scapular motion and subacromial impingement and to determine scapular motions during abductions in scaption. Explicitly, Potential confounding factors were assessed in sequence.

Case-control study design was conducted. All participants were eligible worker from three hospital settings: Chonburi hospital, Health Science Center of Burapha University, and the last one was Ao-Udom Hospital. Cases were 99 subacromial impingement (SI) patients with at least two positive signs of Hawkins test, Neer's test and painful arc screening. Controls were 198 non-subacromial impingement (NSI) subjects. Ages (mean \pm sd) of cases was 50.1 ± 8.3 years and controls was 48.8 ± 7.8 years. The body mass index (BMI) of all participants was not exceeding $30 \text{ (kg/m}^2\text{)}$. Scapular positions and muscle forces were measured by two modified gravity inclinometers, a vernier caliper and a hand held dynamometer. Active abductions were sequentially conducted from resting to 60, 90 and 120 degrees. ICCs (3,1) of test-retest reliability for all scapular positions and muscular forces were between 0.753 (95% CI 0.701 - 0.796) to 0.904 (95% CI 0.882 - 0.922). SEMs of retraction and inferior gliding were between 0.3 to 0.5 cm., of scapular rotations ranged from 1.1 to 2.1 degrees and muscular forces were 0.5 to 0.8 kg. Five variables of scapular motion: retraction-protraction, superior-inferior gliding, and upward rotations; were categorized as normal or abnormal motion. Cutoff points were established on basis of NSI data that all values beyond 1 standard deviation from the mean were defined as an abnormal motion. Associations between exposures, coexisting factors and outcome were assessed by univariate and multivariate analysis.

The average (mean \pm sd) retraction-protraction for cases and controls was 0.8 ± 0.7 cm. and was 0.7 ± 0.9 cm. respectively, and showed no statistical

significantly difference between groups (t-test p 0.522). In contrast, that of superior-inferior gliding for cases was -0.8 ± 1.1 cm. and for controls was -1.1 ± 0.9 cm. and was statistical significantly difference (t–test p 0.004). Average upward rotation (mean \pm sd) from resting to 60 degrees abduction of cases was 8.4 ± 4.8 degrees and of controls was 7.7 ± 3.1 degrees; from 60 to 90 degrees of cases was 8.8 ± 4.0 degrees and of controls was 7.8 ± 3.0 degrees. At abduction from 90 to 120 degrees, that of cases was 13.7 ± 4.5 degrees; in which that of controls was 14.3 ± 3.9 degrees. There were no substantial statistically differences between groups of these upward rotations except at the range from 60 to 90 degrees abduction (t –test p 0.031). The results present that scapular rotation increases concurrently during abduction. From resting to 90 degrees abduction, scapula had function as a more stable base or had less contribution of upward rotation than during 90 to 120 degrees abduction.

For cases and controls, elevator force (mean \pm sd) were 9.2 ± 2.3 kg. and 10.2 ± 2.7 kg., respectively. Retractor force (mean \pm sd) were 5.3 ± 1.5 kg. and 5.3 ± 1.4 kg., respectively. The average (mean \pm sd) protractor force of cases were 8.9 ± 2.0 kg. and controls were 9.2 ± 2.0 kg. Only average elevator force had statistically significant difference between groups (t test p 0.001). Exploring for main exposures, cases have more likely to expose to three abnormal scapular motions than controls. These abnormal scapular motions were superior–inferior gliding (OR 2.23, 95% CI 1.28 – 3.90), upward rotation from resting to 60 degrees (OR 2.17, 95% CI 1.24 - 3.80) and from 60 to 90 degrees (OR 2.33, 95% CI 1.35 - 4.04). Confounding factors were elevator force (OR 0.78, 95% CI 0.69 - 0.88) and overweight (OR 2.2, 95% CI 1.27 - 3.87), while lack of trapezius flexibility (OR 2.64, 95% CI 1.39 - 5.01) and muscle pain at scapular area (OR 4.16, 95% CI 2.45 - 7.05) were associated factors of subacromial impingement.

This study gives an overview of main exposures and associated factors with subacromial impingement, especially, the condition of abnormal scapular motion. As a result, controlling and training normal scapular motion are in essence recommended for subacromial impingement. Rehabilitation and prevention program should explicitly advocate all scapular motion components and all coexisting factors are suggested to be managing properly. Clinical relevance is limited for circumstances

of scapular muscle imbalance or postural effect. Generalization for other populations and for inter-tester study should be considered and should be clarified additionally.

Acknowledgement

I would like to express my sincere gratitude and deep appreciation to my major advisor, Associate Professor Dr. Youngyuth Siripakarn for his guidance, valuable advice, and discussion. For my coadvisor, Associate Professor Dr. Paskorn Paskorn Sritipsukho and Dr. Suthee Rattanamongkolgul, I would like to thank for their valuable guidance and discussion. I am also grateful and admire greatly to Assistant Professor Dr. Junya Patharaachachai for her explication, statistical advice and teaching moral and to Assistant Professor Dr. Tawanchai Jirapramukpitak for his helpful guidance, and discussion.

I have a high regard greatly to Dr. Amnuaychok Tanongsaksakul, Dr. Chewin Prapan and his alliance of Occupational medicine of Au-udom Hospital; to Dr. Dumrong Jaruwangsanti head of Orthopaedic clinic of Chonburee Hospital and his association Dr. Somkid Chaichankul, Dr. Phichai Cheewasuttho, Dr. Winith Asawakittiporn, Dr. Somchai Dhanaraks, Dr. Sanyakupta Boonperm, Dr. Sittiphong Sermsaksasithon, Dr. Suriyun Krualamai, Dr. Kantanop Thitirungruang, Dr. Saroj Wongkraivet, and Dr. Nares Prasarnphanich head of Orthopaedic clinic of Health Science Center of Burapha University for their clinical advises and their ungrudging help for screening the patients with subacromial impingement. I am particularly grateful and appreciated to Mrs. Suwanna Tongbundhit and Mrs. Kannikar sukasame, and their assistances: Mrs. Saranyarachta Kongratana, Miss Wanaporn Yindeesuk, Mrs. Samraeng Jaempakdee. I also express my thankfulness to Mrs. Thanattha Wanpiyarat, Mrs. Jindaporn Wongwai, Miss. Sompong Kheamsiri, Mrs. Supawadee Pradechking, Miss Rawiporn Intarachot and her coassistant for coordinated in clinical setting.

I would like to express my earnest thankfulness to Professor Will G Hopkins, Sport and Recreation, Auckland University of Technology, New Zealand for an available Excel: X-rely online program and to Professor Allan Chang, the Department of Obstetrics and Gynaecology, Chinese University of Hong Kong for an accessible intraclass correlation online program.

I would like to express gratefulness to Associate Professor Dr. Tipa Thep-Ackrapong for her generosity to edify my writhing and to Miss Nuchanin

Viriyatharakij and Assistant Professor Dr. Kanda Chaipinyo, for their sympathy to review this thesis.

I was deeply impressed by my dear friend Dr. Pakavaree Pum-sutat; she encouraged me to carry out this thesis following my professional attendance. For every willing supports and coordination from Deans, all faculty colleagues and Mr. Theerasak Chua, I have greatly thanks to all.

I would like to give my gratitude to all that had come to aid me and supported me during the making of this thesis, especially all participants. Not one person had ever asked for any kind of rewards or compensation, for they acted only by their generosity and pure of heart. I thank you all from the deepest of my spirit.

Finally, I would like to greatly appreciate and express my infinite thanks to my husband's friends of The Mahidol Union, for all moral support and the never ending friendship, and to my parents and everyone in my family for all sympathy and all supports.

Nitaya Prodsathaporn
Thammasat University
2009

Table of Contents

	Page
Abstract.....	(1)
Acknowledgement	(7)
List of tables.....	(9)
List of figures.....	(10)
 Chapter	
1. Introduction.....	1 - 7
1.1 Subacromial Impingement.....	1
1.2 Scapular Motion.....	2
1.3 Objectives and Scope of the Study	3
1.4 Significant of the Study	4
1.5 Definition	4
2. Review of Literature	8 - 17
2.1 Scapula.....	8
2.2 Subacromial Impingement.....	10
2.3 Alteration of Shoulder Joint Complex in.....	12
Subacromial Impingement	
2.4 Abnormal Scapular Motion.....	14
2.5 Associated Conditions or Factors Influenced	15
Abnormal Scapular Motion	
2.6 Potential Confounding Factors	15
2.7 Impact of Subacromial Impingement.....	17

Table of Contents (continued)

Chapter	Page
3. Methodology	18 - 40
3.1 Conceptual Framework	18
3.2 Hypothesis.....	19
3.3 Objectives of the Study	19
3.4 Study Design.....	20
3.5 Ethical Approval	20
3.6 Subjects	20
3.7 Sample Size Calculation	25
3.8 Frequency Matched.....	26
3.9 Instrumentation	28
3.10 Reliability Test.....	31
3.11 Procedure	34
3.12 Study Factors	38
3.13 Data Analysis	39
4. Findings and Results	41 - 70
4.1 Demographic Factors	41
4.2 Clinical Manifestations	43
4.3 Reliability of Scapular Position and Muscle Forces for the Overall Study.....	44
4.4 Screening Property of Scapular Rotator Muscle.....	46
4.5 Muscle Pain at Scapular Area	47
4.6 Scapular Rotator Muscle Forces	48

Table of Contents (continued)

Chapter	Page
4.7 Scapular Position and Motion.....	49
4.8 Category of Abnormal Scapular Motions for Cases and Controls.....	51
4.9 Univariate and Multivariate Analysis	57
4.10 Discussion	59
4.11 Clinical Relevance	67
5. Conclusions and Recommendations	71 - 72
References.....	73 - 86
Appendix	
A Ethical Approval Documents.....	87
B Consent Form, Recording Forms and Manual (Thai).....	90
C Test Re-test Reliability (Thai)	124
D Sample Size Calculation: Base on Pilot Data (Thai).....	135
E Systematic Sampling (Thai).....	140
F Occupation of the Participants	142
F List of Abbreviations	144
Vita.....	145

List of Tables

Table	Page
3.1 Sample size calculation by proportion exposed of..... abnormal scapular motion in non-subacromial impingement.....	26
3.2 Details of matching factors between cases and controls.....	27
4.1 Demographic factors of the participants	41
4.2 Comparability of subject characteristics between cases and controls.....	42
4.3 Clinical manifestations of cases (SI).....	43
4.4 Test re-test reliability result of scapular position and muscle forces.....	45
4.5 Scapular rotator muscles screening result.....	46
4.6 Muscle pain at scapular area: screening result.....	47
4.7 The average, standard deviation and range of scapular rotator muscle forces.....	48
4.8 The average, standard deviation and range of scapular position and motions.....	50
4.9 Summarized percentage exposed of abnormal scapular motions in cases and controls.....	51
4.10 The percentage of potential risk factors, univariate and multivariate analysis	58

List of Figures

Figure		Page
1.1	Pain area from irritation of subacromial space	5
1.2	Subacromial space in neutral position	6
	And Rotator Cuff	
1.3	Description of scapular motions	7
2.1	Three axes of scapular rotation	9
2.2	Elevation/depression, protraction–retraction	9
2.3	Abnormal scapular motion and	12
	its effect on the glenohumeral pathology	
3.1	Conceptual framework	18
3.2	View of subacromial space and impingement mechanism	
	of impingement tests	22
3.3	Cases eligible flow chart	23
3.4	Controls eligible flow diagram	24
3.5	Inclinometer with six inches ruler at base and Velcro tape	29
3.6	Inclinometer with six inches ruler at base	29
3.7	Vernier caliper with water level at its back	30
3.8	Hand held dynamometer	30
3.9	Measurement of scapular angular rotation at arm by side	32
3.10	RSS was measured by adapted vernier caliper	32
3.11	Measurement of scapular angular rotation at 120 degrees abduction	33
3.12	RSS was marked at 120 degrees abduction	33
3.13	Elevation of both shoulders in sitting	35
3.14	Protraction is measured in vertical arm pushing in supine lying	36
3.15	Scapular retraction in shoulder extends horizontally in prone lying.	36

List of Figures (continued)

Figure		Page
4.1	Expression of muscle pain at scapular area	47
4.2	Distribution of abnormal and normal scapular protraction / retraction in cases and controls	52
4.3	Distribution of abnormal and normal scapular inferior / superior gliding in cases and controls	53
4.4	Distribution of abnormal and normal scapular rotation during resting to 60 degrees abduction in cases and control.....	54
4.5	Distribution of abnormal and normal scapular rotation during 60 to 90 degrees abduction in cases and controls	55
4.6	Distribution of abnormal and normal scapular rotation during 90 to 120 degrees abduction in cases and controls	56
4.7	Normal function and precise joint movement in normal musculo-skeletal, neuro-vascular and biomechanics condition	68
4.8	Movement impairment induced by repeated joint movement or sustained postures in normal musculo-skeletal, neuro-vascular and biomechanics condition	69
4.9	Movement impairment in alteration of biomechanics from musculo-skeletal or neuro-vascular impairment condition	70

Chapter 1

Introduction

1.1 Subacromial Impingement

Prevalence of shoulder pain reported in 2003 was about 18 to 26 percent (Walker-Bone, Palmer, Reading & Cooper, 2003, pp. 185-203). Ninety percent of pathological sites were shoulder periarticular tissues (Dinnes, Loveman, McIntyre & Waugh, 2003, pp. iii, 1-166). In particular, workers with shoulder repetitive motions were generally exposed to shoulder pain (van der Windt, Thomas, Pope, de Winter, Macfarlane et al., 2000, pp. 433-42; Leclerc, Chastang, Niedhammer, Landre & Roquelaure, 2004, pp. 39-44). Adversely, these could be developed to subacromial impingement (Cohen & Williams, 1998, pp. 95-101; Frost & Andersen, 1999, pp. 494-8). This is consistence with studies (Michener, McClure & Karduna, 2003, pp. 369-79) that stated “subacromial impingement syndrome of the shoulder is the most common disorder of the shoulder, accounting for 44 % to 65% of all complaints of shoulder pain during a physician’s office visit (van der Windt et al., 1995, 1996; Vecchio et al., 1995).” In addition, recurrent or chronic shoulder pain primarily from subacromial impingement resulted in partial tear or rupture of rotator cuff (Michener et al., 2003, pp. 369-79).

The mechanism of shoulder impingement induced by structural factors such as acromial and acromioclavicular spurs, or by abnormal acromial shape and slope is a possible explanation (Neer, 1972, pp. 41-50; Prato, Peloso, Franconeri, Tegaldo, Ravera et al., 1998, pp. 1639-46; Chambler, Pitsillides & Emery, 2003, pp. 314-21). Other functional factors, which include loss of the humeral head depression mechanism (Graichen, Bonel, Stammberger, Haubner, Rohrer et al., 1999, pp. 1081-6), tightness of the posterior shoulder capsule (Harryman, Sidles, Clark, McQuade, Gibb et al., 1990, pp. 1334-43; Tyler, Nicholas, Roy & Gleim, 2000, pp. 668-73), and functional scapular abnormalities (Kibler, 1998, pp. S40-50; Kibler, 1998, pp. 325-37; McQuade, Dawson & Smidt, 1998, pp. 74-80; Warner & Navarro, 1998, pp. 139-48;

Lukasiewicz, McClure, Michener, Pratt & Sennett, 1999, pp. 574-83; discussion 84-6) have also been shown to be associated with shoulder impingement.

Recent studies suggested that subacromial impingement syndrome is caused by multifactor (Fu, Harner & Klein, 1991, pp. 162-73; Michener, McClure & Karduna, 2003, pp. 369-79). As shoulder motion is composed of movements from shoulder joint complex, thus, any abnormal motion from its linkage especially from scapular could potentially evolve impingement (Fu et al., 1991, pp. 162-73; Lewis, Green & Dekel, 2001, pp. 458-69; Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-51; Kibler, 2006, pp. 35-43). Hence, research methodology including multifactorial design will give more details in analyzing the mechanism of subacromial impingement condition.

1.2 Scapular Motion

Normal motor patterns create normal biomechanics of motion with minimal stress to the joint (Kibler, 1998, pp. 325-37). Recently, alteration of shoulder joint complex has been notified in subacromial impingement patients. In a circumstance of impaired scapular motion, stress and strain will injure glenohumeral surrounding tissues. Moreover, role of scapula in glenohumeral joint motion has been revealed comprehensively (Ludewig, Cook & Nawoczenski, 1996, pp. 57-65; Kibler, 1998, pp. 325-37; Meskers, van der Helm, Rozendaal & Rozing, 1998, pp. 93-6; Barnett, Duncan & Johnson, 1999, pp. 287-90; Lukasiewicz, McClure, Michener, Pratt & Sennett, 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Karduna, McClure & Michener, 2000, pp. 1063-8; Hebert, Moffet, McFadyen & Dionne, 2002, pp. 60-9; Finley & Lee, 2003, pp. 563-8; Tsai, McClure & Karduna, 2003, pp. 1000-5; Endo, Yukata & Yasui, 2004, pp. 1009-13; McClure, Bialker, Neff, Williams & Karduna, 2004, pp. 832-48; Ebaugh, McClure & Karduna, 2006, pp. 557-71; Fayad, Hoffmann, Hanneton, Yazbeck, Lefevre-colau et al., 2006, pp. 932-41; McClure, Michener & Karduna, 2006, pp. 1075-90; Smith, Dahm, Kaufman, Boon, Laskowski et al., 2006, pp. 923-27). Most of these studies analyzed the association of each factor on the basis of mean comparison that may exclude the effects of minimal and maximal abnormal movement that could occurred. In general, average data could be used to determine a reference value for any interesting variable in a design population. However, average

value could not represent a situation of excessive scapular motion. Multifactorial design would provide clearer relation of each factor that contributes to the excessive scapular motion.

1.3 Objectives and Scope of the Study

1.3.1 Objectives:

Two objectives of this study are; first, to clarify the relationship between abnormal scapular motions and subacromial impingement in particular, the associated factors and potential risk factors; second, to determine scapular motions during abductions in scaption or scapular plane.

1.3.2 Scope of the Study

This study was scoped as the following:

1. Cases were specified on subacromial impingement, except these three subsequent conditions:

- Instability shoulder
- Internal impingement
- Frozen shoulder

The reasons are that instability shoulder has an unpredictable association between scapular and humerus. Occurrence of internal impingement is closely related to glenohumeral joint pathology. As for Frozen shoulder, its pathology causes an explicit change on glenohumeral capsule.

2. Scapular plane or scaption was defined for shoulder abduction in this study. The plane was at 45 degrees anterior to coronal plane. It is the plane that enhances shoulder muscles and articular tissue to work efficiently.

3. This study was conducted in a hospital setting.

4. Scapular motions were quantified in two dimensions and only related variables were selected. Therefore, posterior tilt (inferior angle of scapula moves toward thoracic cage) could not be assessed with this study procedure.

5. The assessment process for scapular motions in this study was depended on the palpable bony landmarks. It is not a practical method for obesity

person; thus each participant's Body Mass Index (BMI) must not exceed 30 kilograms per square meter (kg/m²) (Aekplakorn, Chaiyapong, Neal, Chariyalertsak, Kunanusont et al., 2004, pp. 685-93; CDC, 2007; WHO, 2008).

1.4 Significant of the Study

Significant of this study is the practical advantage for subacromial impingement patients. First, a reliable assessment of scapular motions (gliding and rotation) modified by this study could be available in clinical setting. Second, the knowledge will be a key implication for treatment and rehabilitation protocol in a situation that subacromial impingement patients have exposed to abnormal scapular motions. By controlling normal scapular mechanism, a valuable prevention issue of subacromial impingement will be more successful. Avoidance of associated risks could reduce chance to develop recurrent or chronic rotator cuff injury. Complication such as functional impairment or stiffness could be additionally circumvented. Finally, knowledge gain from this study will be efficiently for further personal and national health care plan for subacromial impingement condition.

1.5 Definition

1.5.1. Subject Definition

- **Working Population**

This study was specific on working population aged between 20 to 65 years. The working circumstances were all kinds of works for wages or for other kinds of payments, for example; business enterprises or farms operated by household members (adapted from persons not in the labour force employed persons and employed persons (Thelen, Dauber & Stoneman, 2008, pp. 389-95)).

- **Subacromial Impingement (SI)**

Impingement syndrome (Fu et al., 1991, pp. 162-73) or subacromial impingement syndrome (Lewis et al., 2001, pp. 458-69) or subacromial impingement were defined for cases. The pathology was localized at glenohumeral joint that most commonly was rotator cuff tendinitis. Pain at anterior or antero-lateral

of the joint was the typical sign and was aggravated by overhead function. Physical examination presented at least two positive signs from Hawkins test , Neer’s test and painful arc test.

- **Non Subacromial Impingement (NSI)**

Non subacromial impingement for this study was defined as a participant who had no impingement sign after performing the same three impingement tests as in SI cases.

1.5.2. Clinical Manifestation of Subacromial Impingement

Typically, clinical manifestation of subacromial impingement is the pain at anterior or anterolateral aspect of glenohumeral joint (figure 1.1). Pain is provoked especially by arm function from shoulder level through overhead level. This painful sign is also the same pattern as the sign aroused by impingement tests or functional related impingement tests (L'Insalata, Warren, Cohen, Altchek & Peterson, 1997, pp. 738-48; Cloke, Lynn, Watson, Steen, Purdy et al., 2005, pp. 380-4). Hawkins test, Neer’s test and painful arc were three standard physical examinations for this study (Calis, Akgun, Birtane, Karacan, Calis et al., 2000, pp. 44-7; MacDonald, Clark & Sutherland, 2000, pp. 299-301).

Figure 1.1

Pain area from irritation of subacromial space
(Gerber, Galantay & Hersche, 1998)



1.5.3. Subacromial Space

Subacromial space is an area under acromion and is a common site of pathological tissues, for example; bursa, rotator cuff and biceps brachii tendon (figure 1.2).

Figure 1.2

Subacromial space in neutral position:

Left: posterior view / Middle: anterior view (Pappas, Blemker, Beaulieu, McAdams, Whalen et al., 2006, pp. 40-9) / Right: rotator cuff from posterior view

(<http://shoulderpaininfo.com/shoulderImpingement.html>)



1.5.4 Shoulder Abduction

Shoulder abduction was performed actively by participants. From arm by side to 120 degrees, abductions were carried out in scapular plane or scaption. The plane was in 45 degrees anterior to the coronal plane.

1.5.5 Scapular Motion

Scapular motions for this study procedure were specified to one rotation and two glidings (figure 1.3). The rotation was in upward-downward direction around sagittal axis. Referential line for rotation was a palpable line from the root of scapular spine to acromial angle. During arm abduction, rotations were measured at start and further at three angles, 60, 90 and 120 degrees respectively. From the start to 120 degrees of abduction, displacement of root of scapular spine in both horizontal and vertical lines were measured and recorded. The translation from the horizontal line (a1 and a2) was specified as retraction (positive value)-protraction (negative value). Vertical distance was classified as inferior (negative value)-superior (positive value) gliding or elevation-depression.

Figure 1.3

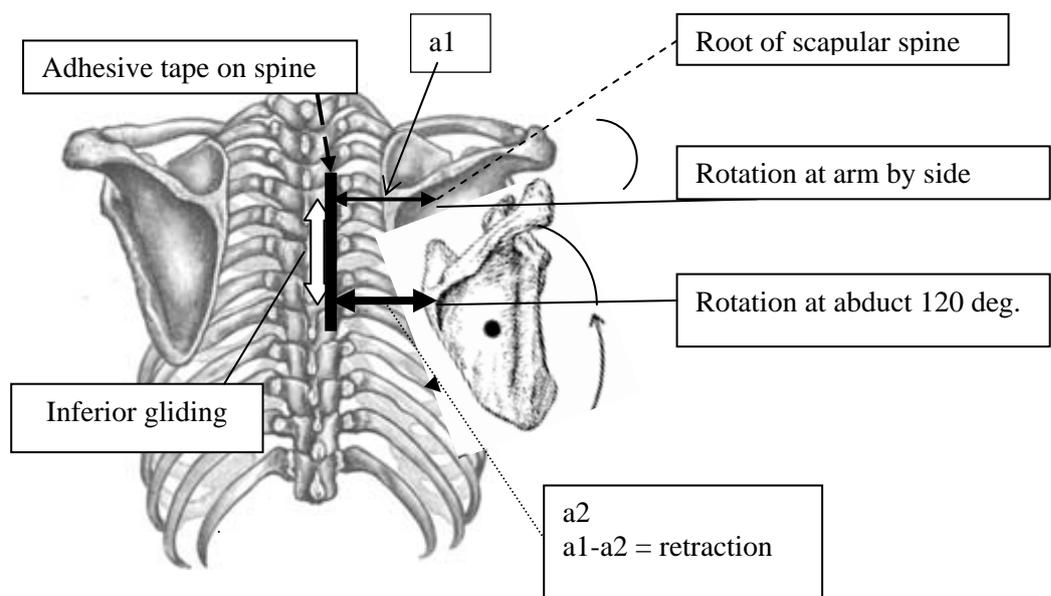
Description of scapular motions

Rotation of scapula: a difference between changing angles of abduction

Retraction–Protraction, Inferior-Superior Gliding:

A displacement between ending and starting position

(adapted from http://en.wikipedia.org/wiki/Shoulder_blade)



Chapter 2

Review of Literature

2.1 Scapula

2.1.1 Role of Scapula

Three foremost roles of scapula have been clarified. First, scapula acts as dynamic stabilizer. It is a stable platform to enhance and coordinate with glenohumeral joint motion. Second, it is a base for scapular stabilizers and rotator cuff to attach. And lastly, it is functioning as a regulator and transferor forces that generated in the proximal through distal segment or from the shoulder to the hand (Voight & Thomson, 2000, pp. 364-72).

2.1.2 Definition of Scapular Motion

Scapular motions occurred around the three axes of Euler angle and on two planes (figure 2.1) as follows:

- External–internal rotation around the vertical axis (figure 2.1 a) or medial border of scapula moves close to–far from the thorax
- Upward–downward rotation around the sagittal axis (figure 2.1 b) or glenoid fossa faces upward–downward
- Antero–posterior tilt around the transverse axis (figure 2.1 c) or acromial tips up–down
- Superior–inferior glide on coronal plane or elevation–depression (figure 2.2 left), thus, scapula moves vertically near or away from the cervical spine.
- Protraction–retraction on the transverse plane (figure 2.2 right) in that scapula translates laterally or medially on thoracic cage.

Figure 2.1

Three axes of scapular rotation (right)

- a. Vertical axial external – internal rotation
- b. Saggital axial upward – down ward rotation
- c. Antero – posterior tilt around transverse axis

(Dayanidhi, Orlin, Kozin, Duff & Karduna, 2005)

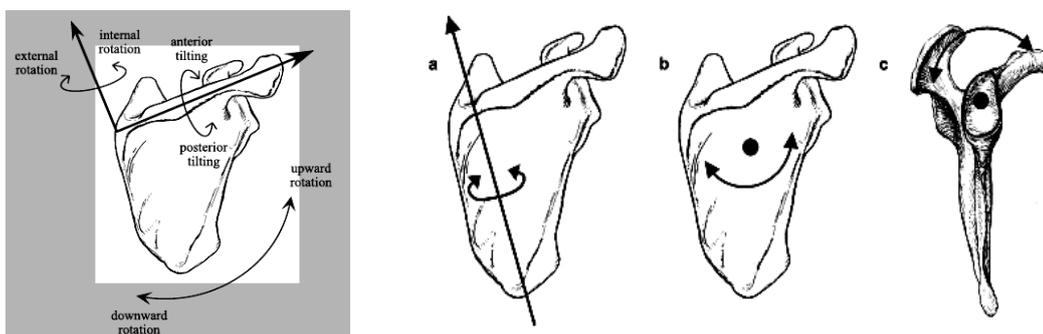
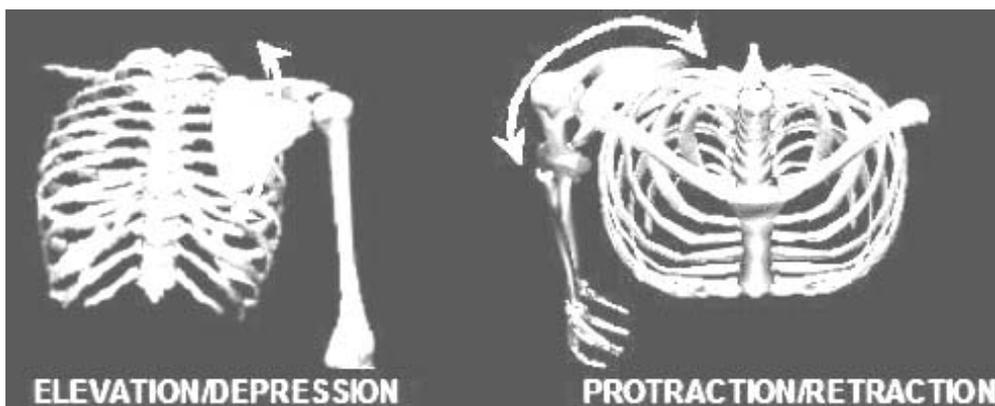


Figure 2.2

Elevation/depression (left) , protraction – retraction (right)

(Laudner, Stanek & Meister, 2006)



2.1.3 Specific Patterns of Scapular Motion

By the roles of scapula, its motions are not only synchronized but also are specified for each glenohumeral motion (Ludewig, Cook & Nawoczenski, 1996, pp. 57-65; Meskers, van der Helm, Rozendaal & Rozing, 1998, pp. 93-6; Barnett, Duncan & Johnson, 1999, pp. 287-90; Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Karduna, McClure & Michener, 2000, pp. 1063-8; Hebert, Moffet, McFadyen & Dionne, 2002, pp. 60-9; Finley & Lee, 2003, pp. 563-8; Tsai, McClure & Karduna, 2003, pp. 1000-5; Endo, Yukata & Yasui, 2004, pp. 1009-13; McClure, Bialker, Neff, Williams & Karduna, 2004, pp. 832-48; Ebaugh, McClure & Karduna, 2006, pp. 557-71; Fayad, Hoffmann, Hanne-ton, Yazbeck, Lefevre-colau et al., 2006, pp. 932-41; McClure, Michener & Karduna, 2006, pp. 1075-90). For example; when shoulder abduction is performed, glenoid fossa rotates upward and acromion tips posteriorly. These motions are also accompanied with vertical axial external rotation and protraction. Among these concurred motions, upward rotation is the predominant one (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Hebert et al., 2002, pp. 60-9; Mell, LaScalza, Guffey, Ray, Maciejewski et al., 2005, pp. S58-S64). In case of flexion, the components of scapular motion also coordinate through glenohumeral movement. However, amplitude of posterior tilt of acromion is more noticeable than others (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6).

2.2 Subacromial Impingement

Impingement syndrome (Fu et al., 1991, pp. 162-73) is defined as pathology at glenohumeral joint that most commonly is rotator cuff tendinitis. Pain at the anterior or antero-lateral of the joint is a typical sign and usually aggravated by overhead function. Other term of subacromial impingement syndrome is also determined by Lewis et al (Lewis et al., 2001, pp. 458-69). Mechanism of impingement is abnormal repetitive compression on subacromial tissues which includes bursa tendon of rotator cuff or biceps brachii muscle.

2.2.1 Etiology of Subacromial Impingement

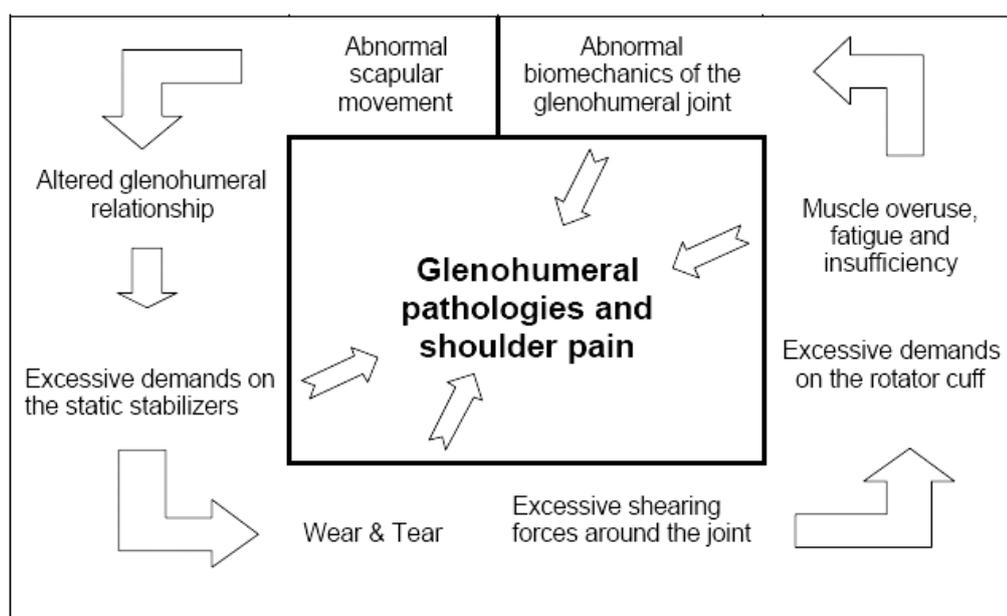
Structurally, two categories of causes were defined as rotator cuff (Fu et al., 1991, pp. 162-73) and non rotator cuff. In addition, extrinsic factors or intrinsic factors also were mentioned (Michener et al., 2003, pp. 369-79). However, altering of subacromial space width was focused in all risk factor studies. Two explanations for these alterations are proposed. First explanation is intrinsic impingement by degenerative change from rotator cuff injury. Osteophytes, degeneration of acromion, muscle weakness or imbalance of muscle function have consequently been developed and led to kinematic alterations. Second explanation is extrinsic impingement. This character is initiated by other structures except rotator cuff including abnormal posture, alteration of scapular motion, glenohumeral posterior capsular tightness, and acromial or coracoacromial arch pathology. Furthermore, abnormal mechanical stress on subacromial space by glenohumeral instability or hypermobility and functional scapular instability are additional clarified (Lewis et al., 2001, pp. 458-69) as causes of subacromial impingement.

In summary, either intrinsic / extrinsic factor or abnormal mechanical stress explication, subacromial impingement is the finally outcome.

2.2.2 Pathomechanics Associated with Abnormal Scapular Motion

In circumstance of abnormal scapula function (figure2.3) (Sevinsky, 2007, pp.), the static stabilizer muscles lining between scapula and humerus or thoracic have to work excessively. Thus, overused fatigued muscle wear and tear will be detrimental consequences. Injured or fatigued muscle could not work appropriately. Thereby, direction of glenohumeral movement will be changed. (Whiting & Zernicke, 1998, pp. 62-63). Under impairment of motion pattern, stress and strain will injure glenohumeral surrounding tissues. These will lead to secondary injury, particularly to the rotator cuff. This can be concurred that abnormal motion especially from scapular could effect and evolve impingement (Fu et al., 1991, pp. 162-73; Lewis et al., 2001, pp. 458-69; Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-51; Kibler, 2006, pp. 35-43)

Figure 2.3
Abnormal scapular motion and its effect on the glenohumeral pathology
(Sevinsky, 2007)



2.3 Alteration of Shoulder Joint Complex in Subacromial Impingement

Recently, alteration of shoulder joint complex has been notified in subacromial impingement patients. These changes were focused on three aspects and were summarized as follows:

2.3.1 Subacromial Space

Comparison of the width of subacromial space between impingement and healthy contralateral sides has been studied during active shoulder abduction. The result showed a significant decrease in impingement side compared with healthy constralateral side (-68%; $p < .05$ Graichen et al., 1999, pp. 1081-6).

2.3.2 Function of Scapular Muscles

Muscle activities of three scapular rotators, upper and lower trapezius and serratus anterior, were analyzed by electromyography (EMG) in two studies. In competitive freestyle swimmers, the temporal recruitment patterns of all three muscles were attended. The variability of timing of activation significantly increased in the impingement side ($p < 0.05$) (Wadsworth & Bullock-Saxton, 1997, pp. 618-24). Consistently with impingement overhead athletes, result of lower trapezius muscle during isokinetic retraction showed significantly lower EMG activity on the injured side as it was compared to the non-injured side ($p < 0.05$) (Cools, Witvrouw, Declercq, Vanderstraeten & Cambier, 2004, pp. 64-8). These studies confirmed that patients with impingement symptoms show abnormal scapular rotators performance.

2.3.3 Scapular Motion

Posterior tilt in transverse axis of impingement shoulders was studied and was compared with nonimpaired shoulders (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Ludewig & Cook, 2000, pp. 276-91; Endo, Ikata, Katoh & Takeda, 2001, pp. 3-10; Hebert et al., 2002, pp. 60-9). All results were concurrent that impingement sides or subjects had less posterior tilt. In addition, the upward rotation in saggital axis (Ludewig & Cook, 2000, pp. 276-91; Endo et al., 2001, pp. 3-10) and vertical axial external rotation (Su, Johnson, Gracely & Karduna, 2004, pp. 1117-23) were also diminished. On the contrary, superior-inferior scapular position at maximal arm elevation of impingement patients was higher than that of the non-impaired group (Endo et al., 2001, pp. 3-10)

In summary, three alterations in subacromial impingement patients previously reported are diminished the subacromial space width, reduced the performance of scapular rotators, particularly reaction time and power, and lastly, reduced two components of scapular motion including posterior tilt and axial external rotation. In contrast, evidence of superior position was found only in subacromial impingement as compared with noninjured shoulders.

2.4 Abnormal Scapular Motion

2.4.1 Elevation or Superior Gliding

Elevation or superior gliding is a position that scapula is moved up vertically (figure 2.2). Thus, root of scapular spine is displaced higher than starting position. This is distinct from upward rotation that shoulder level will be lifted higher or in a shrug like manner. It is a usual alternate movement to flee from painful range or a compensation for any impaired joint function (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6). In normal situation, elevation should synchronize with shoulder movement, but it is not a predominant motion (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Wang, McClure, Pratt & Nobilini, 1999, pp. 923-29; Myers, Laudner, Pasquale, Bradley & Lephart, 2005, pp. 263-71; Laudner, Myers, Pasquale, Bradley & Lephart, 2006, pp. 485-94).

2.4.2 Protraction – Retraction

Protraction – retraction (figure 2.2) is an accompanied motion with glenohumeral joint through all shoulder functions (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Wang et al., 1999, pp. 923-29; Myers et al., 2005, pp. 263-71; Laudner et al., 2006, pp. 485-94). Protraction is more visible for abduction than flexion. A clinical notification of this motion was that it could affect subacromial space width (Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-51). Comparing with protraction, retraction will wider the space when abduction is performed (Solem-Bertoft, Thuomas & Westerberg, 1993, pp. 99-103).

2.4.3 Upward – Downward Rotation

Scapular upward rotation is an essential component of shoulder abduction (Ludewig & Cook, 2000, pp. 276-91; Kibler, Uhl, Maddux, Brooks, Zeller et al., 2002, pp. 550-6; Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-51; Kibler, 2006, pp. 35-43). However, there is a variation in setting phase (0 to 30 degrees or 60 degrees). Either upward or downward rotation could happen for this setting. As glenoid fossa is faced up during scapular upward rotation, acromion is also lifted away from humeral head thus producing the decompression effect (Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-

51). Inconsistent motion between scapula and glenohumeral could affect subacromial space. Therefore, upward rotation has an advantage for impingement avoidance.

In summary, enhancing subacromial space, scapular rotate upwardly, and posteriorly tilt accompany with retraction are necessary motions.

2.5 Associated Conditions or Factors Influenced Abnormal Scapular Motion

2.5.1 Muscle Length and Strength

As defined by Sahrman (Sahrman, 2002, pp. 194-261), there are four groups of abnormal scapula motions which are scapular downward rotation syndrome, scapular depression syndrome, scapular abduction syndrome, and scapular winging and tilting syndrome. Muscle length, strength, joint stiffness or prolong repetitive shoulder motion are associated factors of these conditions. Controversially, scapular motion pattern could be reduced either by muscle fatigue (McQuade, Wei & Smidt, 1995, pp. 144-48; McQuade et al., 1998, pp. 74-80; Wang et al., 1999, pp. 923-29) or by strengthening exercise (Wang et al., 1999, pp. 923-29).

2.5.2 Age

Posterior tilt or tip of acromion is reduced with increasing age. Ageing factor also showed inverse relation with scapular upward rotation (Endo et al., 2004, pp. 1009-13). Ratio of glenohumeral and scapulothoracic is significantly difference in adult compared with children. The ratios reported were 2.4:1 and 1.3:1 respectively (Dayanidhi et al., 2005, pp. 600-06). Thus, scapula movement seems to be greater in childhood than in adult.

2.6 Potential Confounding Factors

2.6.1 Gender

Several studies demonstrated the significant association between gender and anatomical structures (Murray, Gore, Gardner & Mollinger, 1985, pp. 268-73; Backman, Johansson, Hager, Sjoblom & Henriksson, 1995, pp. 109-17; Hurley, 1995, pp. 41-4), physiological functions and muscle strength (Shklar & Dvir,

1995, pp. 369-73; Dvir, 1997, pp. 36-41; Hughes, Johnson, O'Driscoll & An, 1999, pp. 651-7; Hughes, Johnson, O'Driscoll & An, 1999, pp. 1324-6; Graichen, Bonel, Stammberger, Englmeier, Reiser et al., 2001, pp. 129-35).

2.6.2 Age

Age is a risk factor for subacromial impingement (Kumagai, Sarkar & Uthoff, 1994, pp. 2096-100). This is consistent with degenerative change of rotator cuff in studies that specify age factor (Yamaguchi, Tetro, Blam, Evanoff, Teefey et al., 2001, pp. 199-203; Endo et al., 2004, pp. 1009-13; Nove-Josserand, Walch, Adeleine & Courpron, 2005, pp. 508-14). Furthermore, pattern of scapular motion (Endo et al., 2004, pp. 1009-13; Dayanidhi et al., 2005, pp. 600-06) in adult differed from younger subject. On the contrary, size of scubacromial space was not correlated with age (Azzoni, Cabitza & Parrini, 2004, pp. 683-87).

2.6.3 Prolong Repetitive Shoulder Motion

Prolong repetitive motion is a cause of rotator cuff injury and subacromial impingement (Cohen & Williams, 1998, pp. 95-101). Muscle fatigue from this situation showed an association with declination of scapular motion (Wang et al., 1999, pp. 923-29).

2.6.4 Scapular Muscle Strength and Flexibility

In this study, scapular muscles were focused on elevator, retractor and protractor. These muscles are functioned as scapular rotators that control and stabilize motion between scapulothoracic through glenohumeral joint. This mechanism also enhances rotator cuff function (Kamkar, Irrgang & Whitney, 1993, pp. 212-24). In addition, strength of scapulothorasic muscles is associated with impingement (McQuade et al., 1995, pp. 144-48; McQuade et al., 1998, pp. 74-80; Wang et al., 1999, pp. 923-29). Any weakness of this muscle group will alter normal scapular kinematics and rotator cuff function. Consequently, these lead to rotator cuff injury by subacromial impingement.

2.7 Impact of Subacromial Impingement

Health status of impingement patients was significantly impacted as reported by Short Form 36 (SF – 36) (Haahr, Ostergaard, Dalsgaard, Norup, Frost et al., 2005, pp. 760-4). In the study of treatment effect after twelve months followed up, shoulder function still permanently impaired. In addition, Constant-Murley score had been reported about half of maximal (100) scores (Haahr et al., 2005, pp. 760-4; O'Holleran, Kocher, Horan, Briggs & Hawkins, 2005, pp. 121-6; Ostor, Richards, Prevost, Speed & Hazleman, 2005, pp. 800-5).

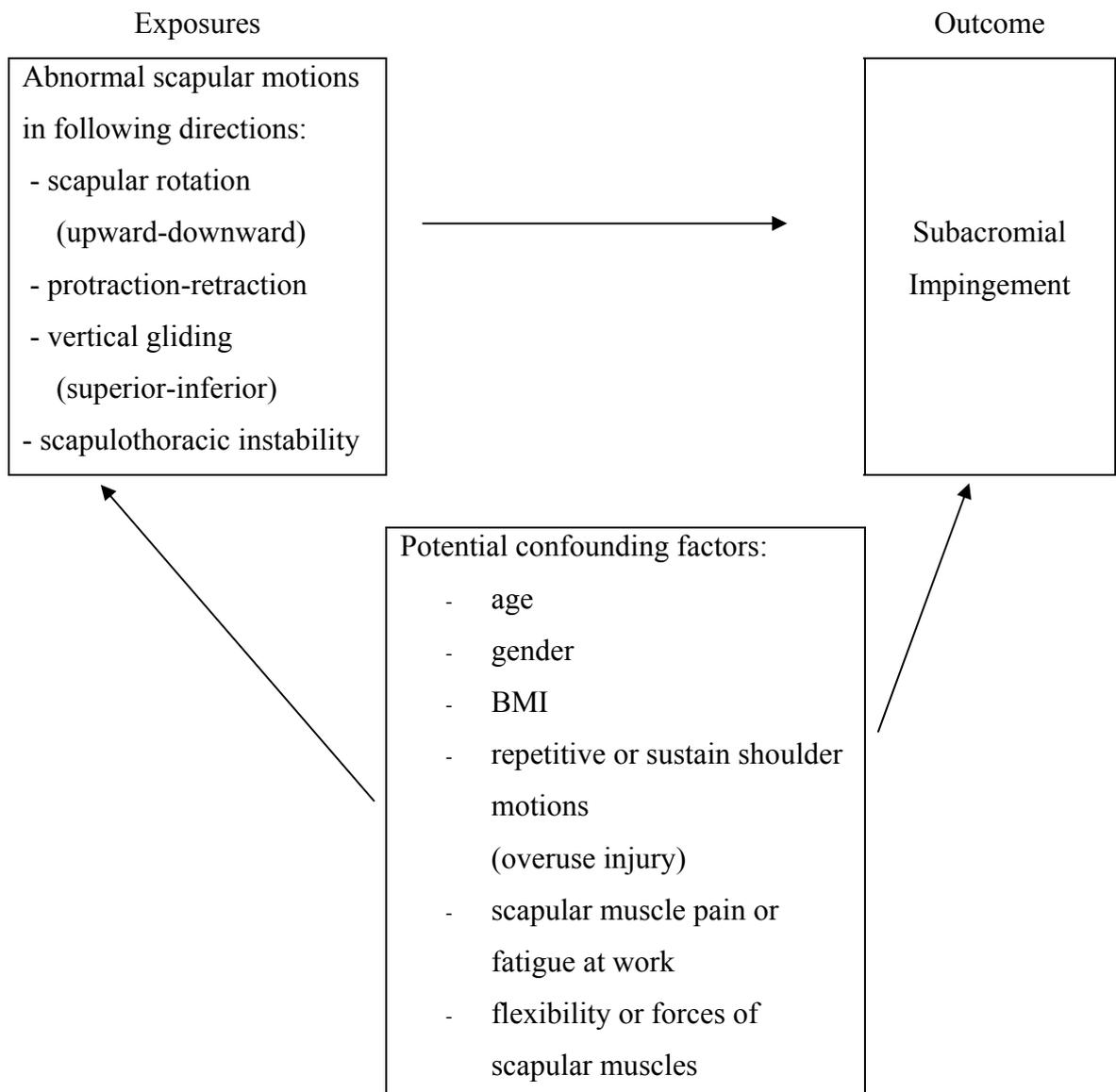
At present, treatment for subacromial impingement depends on causality and severity. Operation and conservative treatment are two options for these patients (Solem-Bertoft et al., 1993, pp. 99-103; Kibler, 1998, pp. 325-37; Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-51; Kibler, 2006, pp. 35-43; van der Hoeven & Kibler, 2006, pp. 435-40; discussion 40). Strengthening and functional training of scapular muscles are also recommended in physical therapy and rehabilitation program (Haahr et al., 2005, pp. 760-4). However, study of subacromial impingement prevention has been limited. In brief, subacromial impingement causes a chronic impact for health status. It is not only time and cost consuming but also causes a long lasting impaired shoulder function.

Chapter 3

Methodology

3.1 Conceptual Framework

Figure 3.1
Conceptual framework



The conceptual framework (figure 3.1) of this study is persons exposed to abnormal scapular motions may develop subacromial impingement. Commonly, scapular motions compose of gliding and rotation components. Vertical translation is defined as superior-inferior gliding. While protraction – retraction is a pattern that scapula moves close to or away from the line of thoracic spine. Lastly, rotation is upwardly – downwardly rotate around antero-posterior axis. Accordingly, abnormal motions for these directions are the conditions that scapula moves under or over its accepting range during arm abduction. Moreover, scapulothoracic instability with inconsistent motion patterns is also one of exposures. Potential confounders of subacromial impingement are age, gender, and repetitive overused injury. In addition, scapular muscle pain or fatigue at work, lacking flexibility of upper trapezius and weakness of three scapular muscle forces namely elevator, retractor and protractor, are also taken into consideration.

3.2 Hypothesis

The study hypothesis is: abnormal scapular motions are risk factors of subacromial impingement in working populations.

3.3 Objectives of the Study

3.3.1 General Objective

The general objective of this study was to clarify the relationship between abnormal scapular motions and subacromial impingement in workers. The age range of workers was 20 to 65 years. Furthermore, scapular motions were quantified during specific abductions in scaption or scapular plane.

3.3.2 Specific objectives

The specific **objective** s of this study were:

1. To quantify scapular motions in the working populations.

Participants were subacromial impingement and non subacromial impingement. The

scapular motions were composed of three components: upward-downward rotation, superior-inferior gliding and retraction-protraction.

2. To assess the association between exposures (abnormal scapular motions) and outcome (subacromial impingement).

3. To assess effects of scapular rotator muscle properties (force and flexibility) on subacromial impingement.

3.4 Study Design

Case-control study design was conducted. Two-group of participants were defined as:

- Cases or subacromial impingement (SI)
- Controls or non subacromial impingement (NSI)

Age, gender and dominant arm were frequency matching factors between groups.

3.5 Ethical Approval

The study was approved by the University Human Research Ethics Committee of Thammasat University (MTU P-032/50) on 14 September 2007 and the Research Ethics Committee of Chonburi Hospital (33/50) on 21 September 2007 (appendix B).

3.6 Subjects

Study subjects were working population aged between 20 to 65 years, who accepted research procedures and agreed to sign consent forms (see Consent form in appendix B). All participants were visitors or patients; accessed to three hospitals setting in Chonburi province from september 2007 to August 2008. The settings were Chonburi Hospital, Health Science Center of Burapha University, and Ao-Udom Hospital. Additionally, each participant's body mass index (BMI) was not exceed 30 kilograms per square meter (kg/m^2)

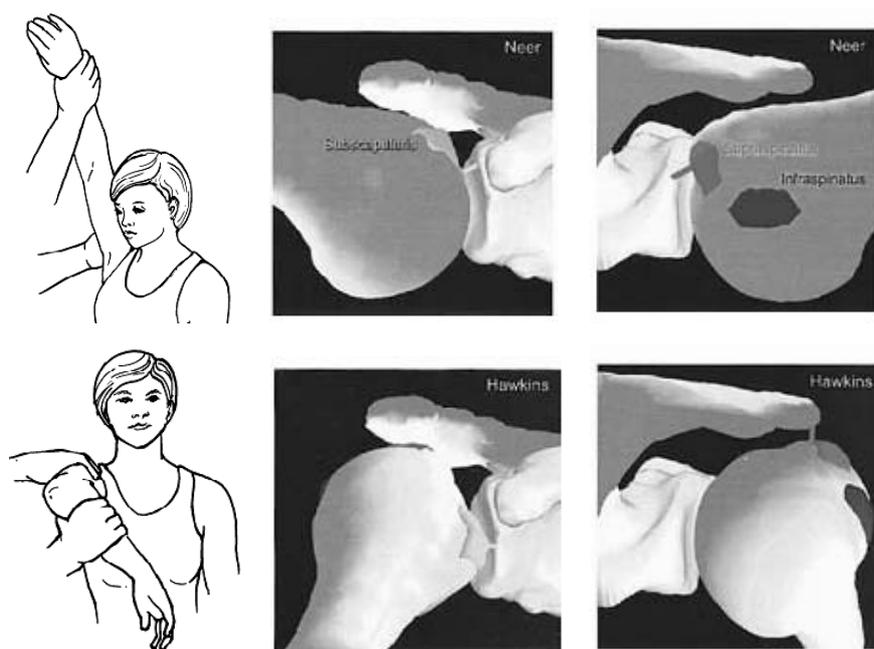
3.6.1 Characterization of Cases and Controls

Cases (subacromial impingement) were patients from three setting hospitals and were screened by three impingement tests (figure 3.2 and see appendix B: Physical assessment form; Hawkins test sensitivity 92.1% specificity 25.0%; Neer's test sensitivity 88.7% specificity 30.5% (Calis et al., 2000, pp. 44-7); Painful arc sensitivity 32.5% specificity 80.5% (Park, Yokota, Gill, El Rassi & McFarland, 2005, pp. 1446-55)). At least two positive signs from Neer's test, Hawkins' test, or painful arc were criteria for cases acceptance. Furthermore, each patient had first onset of impingement pain in the past year or during the study time frame, from September 2006 to August 2008. From the previous study (Yamaguchi et al., 2001, pp. 199-203), twenty-three (51%) of the recently asymptomatic patients became symptomatic over a mean of 2.8 years. This confirmed that impingement is chronically progress and information recalled from a previous year is a reliable time frame. In addition, cases could be patients who had received conventional medical treatment, physical therapy at glenohumeral joint, or general shoulder exercises that were not encourage strength or flexibility of scapular muscles (Walther, Werner, Stahlschmidt, Woelfel & Gohlke, 2004, pp. 417-23; Haahr et al., 2005, pp. 760-4). Eligible process for cases was presented in figure 3.3.

Controls (non subacromial impingement) were visitors from same setting that cases have included. Systematic sampling method was applied for controls selection (appendix E.) Each case was frequency matched with two controls. Age group, gender, and dominant arm were comparable for each pair. Moreover, all controls did not show any positive sign or pain from impingement screening tests (see appendix B: Physical assessment form.) Eligible process for controls was presented in figure 3.4

Figure 3.2

View of subacromial space and impingement mechanism of impingement tests from anterior view (middle) and posterior view (right);
 Neer's test (upper) and Hawkins test (lower)
 (Pappas, Blemker, Beaulieu, McAdams, Whalen et al., 2006;
 Valadie, Jobe, Pink, Ekman & Jobe, 2000)



3.6.2 Exclusion Criteria

Persons with the following conditions were not eligible for this study:

- shoulder pain with limitation of internal or external ROM
- hypermobility joints sign
(screening by Carter and Wilkinson test)
- neck pain or cervical spondylosis
- any history of fracture or joint dislocation at glenohumeral, acromioclavicular or scapula
- frozen shoulder
- Sprengle's deformity
- scoliosis, or kyphosis

Figure 3.3
Cases eligible flow chart

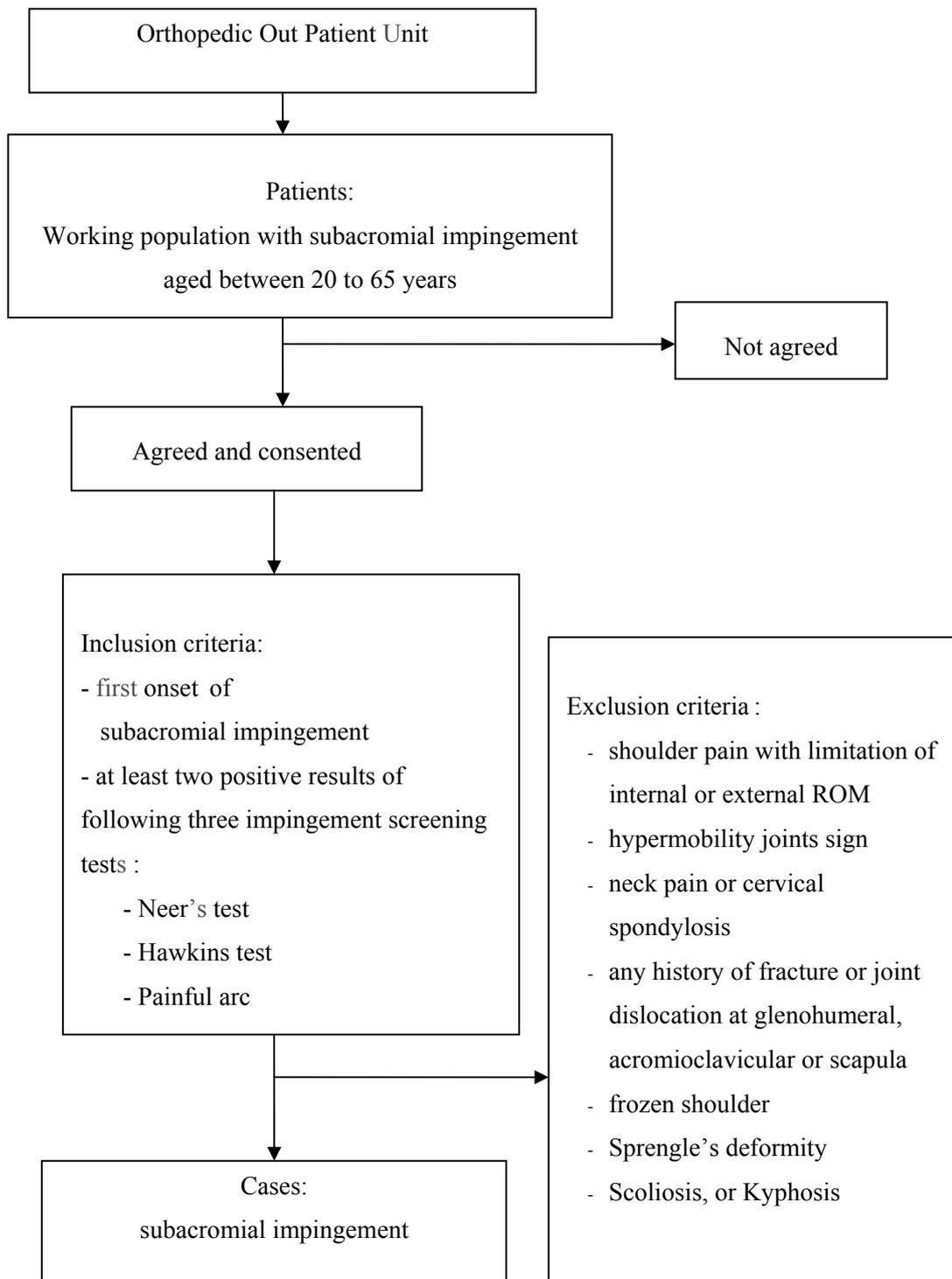
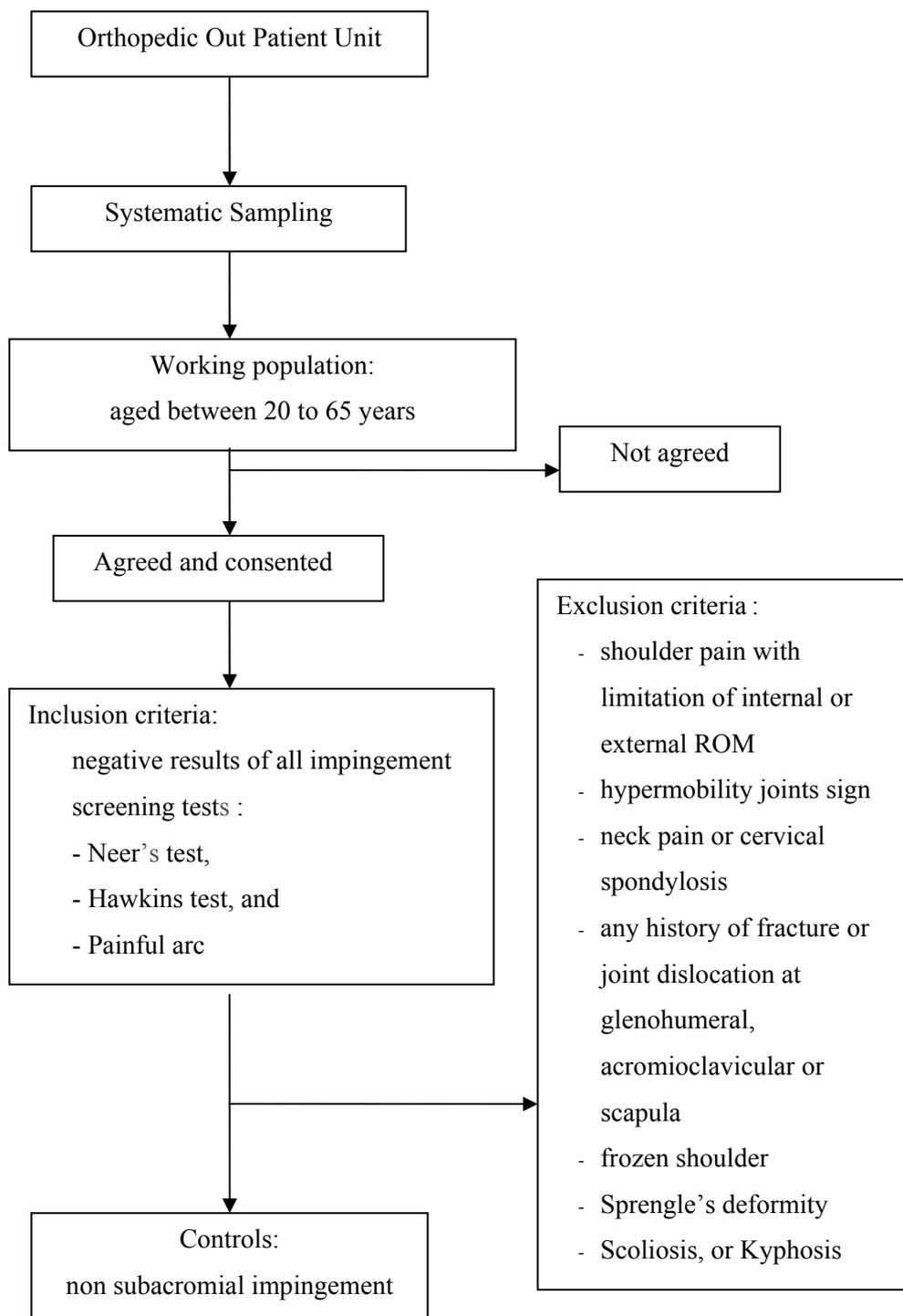


Figure 3.4
Controls eligible flow chart



3.7 Sample Size Calculation

For this study, sample size calculation was based on data of 22 healthy participants (without subacromial impingement) from the pilot study (appendix D). Among these, eight participants had abnormal scapular motion or protraction (as defined by this study criterion). Then, the proportion exposed in non subacromial impingement subjects (P2) was 36 percent or 0.36. The sample size was calculated with a following formula and α was set at 0.05 and β was set at 0.2 (Lemeshow, Hosmer Jr, Klar & Lwanga, 1990, pp. 19-20). The odds ratio was assumed to be 2.00. As a result, at least 134 participants will be included equally for cases and controls. If each case was paired with two controls and odds ratio is 2.5 to 2.0. Thus, 57 to 100 patients will be accepted for sample size of cases (see table 3.1).

$$H_0 = P_1 = P_2$$

$$H_a = P_1 \neq P_2$$

$$N = \frac{\{ Z_{1-\alpha/2} [\sqrt{2P(1-P)}] + Z_{1-\beta} [\sqrt{P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)}] \}^2}{(P_1 - P_2)^2}$$

$$\alpha = 0.05 \quad \beta = 0.2$$

$$\begin{aligned} P_1 &= \text{proportion exposed in subacromial impingement cases} \\ &= [P_2 * OR / (1 - P_2)] * (1 - P_1) \\ &= 0.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= \text{proportion exposed in non subacromial impingement subjects} \\ &= 0.36 \end{aligned}$$

$$OR = \text{odds ratio} = 2.0$$

$$P = (0.53 + 0.36) / 2 = 0.44$$

$$N = \frac{\{ 1.96 [\sqrt{2 * 0.44(1-0.44)}] + 0.842 [\sqrt{0.53(1-0.53) + 0.36(1-0.36)}] \}^2}{(0.53 - 0.36)^2}$$

$$= 133$$

Table 3.1
 Sample size calculation by proportion exposed of
 abnormal scapular motion in non-subacromial impingement:
 frequency matched one case with two controls

Non-subacromial impingement (n = 22)	Proportion exposed of abnormal scapular motion ^a (P2)	OR	Sample size for cases ^b
Protraction	0.36	2	100
		2.5	57
Superior gliding	0.14	2	158
		2.5	85

^a protraction, superior gliding (shoulder shrug) or downward rotation

^b calculated with $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.2$

3.8 Frequency Matched

Intended for frequency matching, each case was paired with two controls. Additionally, cases and controls were corresponded with age group, gender, dominant arm and hospital setting. Four categories of age group were assigned with 10 to 15 years interval. For instance, age ranges were from 20 to 29 years, 30 to 39 years, 40 to 49 years, except the last interval was 50 to 65 years. Successful matched pairs were presented in table 3.2.

In summary, sample size of 99 cases and 198 controls were included in this study and were appropriate for the hypothesis testing.

Table 3.2
Details of matching factors between cases and controls

Matching factors		Cases (Subacromial Impingement)		Controls (Non subacromial impingement)	
		n	(%)	n	(%)
		Age grouping	1 (20-29 yrs.)	3	(3.0)
	2 (30-39 yrs.)	9	(9.1)	18	(9.1)
	3 (40-49 yrs.)	29	(29.3)	58	(29.3)
	4 (50-65 yrs.) ^a	58	(58.6)	116	(58.6)
Dominant arm	dominant	70	(70.7)	140	(70.7)
	non dominant	29	(29.3)	58	(29.3)
Hospital setting	Ao-Udom	9	(9.1)	18	(9.1)
	Chonburi	90 ^b	(90.1)	180	(90.1)
Gender	female	64	(64.7)	128	(64.7)
	male	35	(35.3)	70	(35.3)

^a Age of 3 cases was more than 60 years.

^b Two cases were from Health Science Center of Burapha University

3.9 Instrumentation

This study's instruments were concerned for practical usage. Thus, some were adapted to suit the purposes. Instruments were calibrated with standard tools and all were tested for accurately. Details of instruments were presented here:

- Two gravity inclinometers (Australasian Medical & Therapeutic Instruments P/L Cnr Albony Forest & Jagora Dr Albany Creek and Baseline Gravity Inclinometer Fabrication Enterprises INC. Irvington, New York U.S.A.). Each inclinometer was attached with six inches ruler at its base (fig 3.4, 3.5). One of this inclinometer was adapted for application along the humeral axis by adding Velcro tape (figure 3.5). Base of the other inclinometer was aligned to the line from root of scapular spine to acromial angle.

- A vernier caliper was adhered with a water-air bubble level (figure 3.7). Thus, it could precisely measure horizontal distance.

- Hand held dynamometer: MicroFET3 Digital Muscle Tester: Lafayette Manual Muscle Tester (figure 3.8)

- Adhesive tape
- Five inches tape with standard scale in centimeter unit.
- Recording forms (appendix B)

Figure 3.5

Inclinometer with six inches ruler at its base and Velcro tape
(Baseline Gravity Inclinometer Fabrication Enterprises INC.
Irvington, New York 10533 U.S.A.)



Figure 3.6

Inclinometer with six inches ruler at its base
(Australasian Medical & Therapeutic Instruments P/L)



Figure 3.7

Vernier caliper with a water-air level at its back

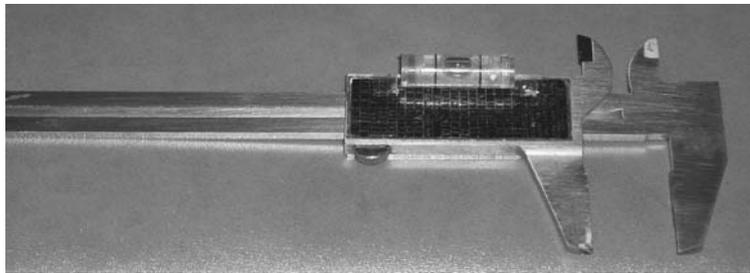
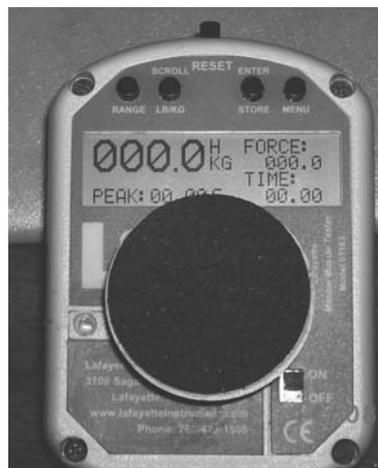


Figure 3.8

Hand held dynamometer

(MicroFET3 Digital Muscle Tester: Lafayette Manual Muscle Tester)



3.10 Reliability Test

Preceding this study was conducted. Reliability of scapular position measurement method was approved (appendix C) by test retest. Test-retest reliability outcomes were acceptable (ICC ranged 0.59 to 0.89), as a result the measurement process were trustworthy. The process was described as follow:

3.10.1 Position Setting

After participants were informed and gave a consent. An experienced physical therapy performed all data collection through the research. Scapular position and muscle forces were assessed at orthopedic out patient unit or physical therapy unit in three setting hospitals following the steps described below.

First, participant sat up right (Kebaetse, McClure & Pratt, 1999, pp. 945-50) on a stool.

Second, five inches adhesive tape was stick along thoracic spinous process, from T2 to T6.

Third, gravity inclinometer was fastened parallel to the long axis of humeral shaft. Reference line and technique were the same as application technique of standard goniometer on shoulder joint.

Fourth, scaption had set by standard goniometer at 45 degrees anterior to coronal plane. Then, participant carried out abduction of both shoulder in the setting position. Abduction had been demonstrated twice or more to ensure participants understand the process.

3.10.2 Scapular Position Measurement

After a position and instruments were set up, scapular position was measured in further steps.

Fifth, participant sat with arm by side. Researcher placed the gravity inclinometer base on a palpable line from acromial angle to root of scapular spine (RSS). Rotation angle was recorded (figure 3.9).

Figure 3.9
Measurement of scapular angular rotation at arm by side



Sixth, point of RSS was measured by adapted vernier caliper. In the process of measurement, air bubble in a water-air level was centralized. This was recorded as a1 or RSS at arm by side (figure 3.10). Additionally, cutting point on the spine was marked on the tape as b1 or starting point for vertical displacement of scapula.

Figure 3.10
RSS was measured by adapted vernier caliper (a1 data)
and cutting point on the spine was marked on the tape (b1 data)



Seventh, participant was instructed to abduct actively from arm by side to over head. During the specific range (at 60, 90 and 120 degrees), he or she was asked to stop and hold. For 10 to 30 seconds of arm holding, researcher measured an angular rotation following the previous process (figure 3.11). Then, further abduction was continued until all assign data were completed.

Figure 3.11

Measurement of scapular angular rotation at 120 degrees abduction



Eighth, at 120 degrees abduction (figure 3.12), RSS was measured again with adapted vernier caliper in the same procedure as described previously. At this session, a2 or horizontal distance of RSS was recorded and b2 or vertical displacement of RSS was marked on the tape (along T2 to T7). Distance of from b1 to b2 was read from scale on the tape and recorded. After this step, participant had a rest for one minute or until pain was subsided.

Ninth, all steps were repeated for the second round.

Figure 3.12

RSS was marked at 120 degrees abduction



3.11 Procedure

3.11.1 Informing Procedure and a Consent Form

Prior to inclusion, all participants had received verbal information about study purposes and procedure. They also were instructed to read the inform consent and sign up for permission (appendix B: Inform Consent).

3.11.2 Data Collection

The researcher collected data step by step as details in the manual instruction (appendix B: manual of research data collection) and also described below.

Step 1: personal information

Participants filled the personal information sheet including demographic data, occupational data, shoulder musculoskeletal pain status and general health information (appendix B: personal information sheet). Researcher gave advice if any query was expressed.

Step 2: physical assessment

Physical assessment was performed for eligible specific participants. First, objective shoulder range of motion were actively and passively assessed. Second, subjective information of function related with impingement and onset time were examined and approved by researcher. Each shoulder functional test was also simulated. Next, discerning subacromial impingement, screening of shoulder impingement was assured by Hawkins test , Neer's test and painful arch. Cases were included if there were at least two positive signs and symptoms of these tests. Furthermore, researcher completed exclusion criteria check list.

Step 3: scapular muscle evaluation

This step was started with flexibility evaluation (appendix B) of both upper trapezius muscles (http://www.mypressureproducts.com/trapezius_trigger_points.htm & http://www.med.umich.edu/1libr/sma/sma_stretch_art.htm; Bassey, Morgan, Dallosso & Ebrahim, 1989, pp. 353-60). Any complaint during neck lateral flexion such as pain, tightness or diminished range was recorded. Next, three groups of scapular muscles were functionally evaluated by

standard manual muscle testing positions (Magee, 1992, pp. 16-17; Magee, 1992, pp. 107; Hislop, Montgomery, Daniels & Worthingham, 1995) that were described in details as follow: in sitting, both shoulders were raised vertically or elevation (figure 3.13 Lt.). Vertical arm pushing as participant lies face upward is protraction (figure 3.14 Lt.). In prone lying, retraction is scapular adduction while shoulder extends horizontally (figure 3.15 Lt.). For each testing position, the achievement of six repetitive movements through its normal range was accepted as normal function. After each functional screenings, isometric contractions were performed in sequences. Isometric contraction at middle range for each position was measured by hand held dynamometer (figure 3.13-3.15 Rt.). Application of hand held dynamometer had been conducted following to Michener LA. et al. techniques (Michener, Boardman, Pidcoe & Frith, 2005, pp. 1128-38). Each muscle was measured twice with one minute resting between sessions.

Figure 3.13

Elevation of both shoulders in sitting:

Lt. functional testing; Rt. Isomeric muscle testing



Figure 3.14

Protraction is measured in vertical arm pushing in supine lying:
 Lt. functional testing; Rt. Isomeric muscle testing



Figure 3.15

Scapular retraction in shoulder extends horizontally in prone lying:
 Lt. functional testing; Rt. Isomeric muscle testing



Step 4: scapular position and motion

Finally, scapular positions (appendix B) were measured by procedure adapted from Watson L. et al. (Watson, Balster, Finch & Dalziel, 2005, pp. 599-603). Scapular motion data were angular displacement or distance during shoulder abduction (figure 1.3). The motion in negative value was defined to downward rotation, protraction or inferior gliding. While positive value was upward rotation, retraction or superior gliding.

Step 5: scapular motion data recording process

For instance, motion of scapular during 60 to 90 degrees, 90 to 120 degrees abduction and other motions (figure 1.3) were delivered in following processes:

1. Rotation^a for each range of abduction:

$$\begin{aligned} \text{from 60 to 90 degrees abduction} &= r90 - r60 \\ \text{from 90 to 120 degrees abduction} &= r120 - r90 \end{aligned}$$

2. Angle^a of scapular rotation at 60 degrees abduction = r60

at 90 degrees abduction = r90

at 120 degrees abduction = r120

^a positive (+) value is upward rotation / negative (-) value is downward rotation

3. Protraction – Retraction^b = a1 to a2

horizontal distance (from spine to root of scapular spine)

a1 = at arm by side

a2 = at 120 degrees abduction

^b positive (+) value is retraction / negative (-) value is protraction

4. Superior – Inferior gliding^c = b1 to b2

vertical distance (from spine to root of scapular spine)

b1 = at arm by side

b2 = at 120 degrees abduction

^c positive (+) value is superior gliding / negative (-) value is inferior gliding

3.12 Study Factors

Main factors and confounding factors for this study were described as follow:

3.12.1 Main Factors

All main factors were related to scapular motions (figure 3.1), including three components. First was rotation in antero-posterior (sagittal) axis (Dayanidhi et al., 2005, pp. 600-06) or upward – downward rotation. The others were gliding in two plane: superior – inferior gliding in coronal plane and retraction – protraction in transverse plane (Laudner et al., 2006, pp. 485-94).

3.12.2 Potential Confounding Factors

Potential confounding factors in this study were

- Age (Yamaguchi et al., 2001, pp. 199-203; Azzoni et al., 2004, pp. 683-87; Endo et al., 2004, pp. 1009-13; Dayanidhi et al., 2005, pp. 600-06; Lin, 2005, pp. 199–210; Nove-Josserand et al., 2005, pp. 508-14)
- Gender (Murray et al., 1985, pp. 268-73; Backman et al., 1995, pp. 109-17; Hurley, 1995, pp. 41-4; Shklar & Dvir, 1995, pp. 369-73; Dvir, 1997, pp. 36-41; Hughes et al., 1999, pp. 651-7; Hughes et al., 1999, pp. 1324-6; Graichen et al., 2001, pp. 129-35)
- Occupational factors such as repetitive shoulder motion (Cohen & Williams, 1998, pp. 95-101)
 - scapular muscle pain or fatigue (Wang et al., 1999, pp. 923-29)
 - scapular muscle forces and upper trapezius flexibility (Kamkar et al., 1993, pp. 212-24; McQuade et al., 1995, pp. 144-48; McQuade et al., 1998, pp. 74-80; Wang et al., 1999, pp. 923-29)

3.13 Data Analysis

Personal information, scapular position, muscular forces and clinical data in the questionnaires and reported forms were gathered using Epidata program and analyzed by STATA program. The data were analyzed as following:

1. Reliability was analyzed by intra-class correlation coefficient (ICC_{3,1}) two-way ANOVA mixed model analysis of variance. Standard error of measurements ($SEM = SD\sqrt{1 - ICC}$), therefore, were calculated on the basis of ICCs from this study (Weir, 2005, pp. 231-40). Excel: X-rely program Hopkins) and Intraclass correlation (Chang) were programs available online and were used for data analysis.

2. Trapezius muscle flexibility property was evaluated (appendix B). A condition of tightness, pain or a decrease in muscle length had been notified. Appearance of any sign and symptoms would be justified as lack of flexibility and would be coded as 1.

3. Pain at scapular area was defined in the personal information questionnaire (appendix B: the part of shoulder musculoskeletal pain status). Pain area was ensured for location and onset time. Only evidence of pain that could be localized on the scapular area would be accounted with code 1.

4. For functional muscle screening, completely six repeatable motions for each muscle was an acceptable screening for normal muscle function. In contrast, muscle functional weakness would be classified if any performance was incomplete (Magee, 1992, pp. 16-17; Magee, 1992, pp. 107; Hislop et al., 1995).

5. As describe previously (step 5 of procedure), each scapular motion was a different distance or angle between two scapular positions.

6. Descriptive statistics of all participants in this study were age, gender, occupation and residential area. Continuous data were clarified by mean, standard

deviation and range. Unpaired t-test was defined for two samples mean comparison, and variance of each variable was realized before analysis. Through categorical data, simplify frequency and percentage were presented. The significant of the association between categorical variables was explored by Chi-Square or Fisher's exact.

7. Variables of scapular motions; retraction–protraction, superior-inferior gliding, and upward rotations, were categorized as normal (coding = 0) and abnormal (coding = 1) motion. Based on the reference group, non subacromial impingement, a cut-off point between normal and abnormal was established that all values beyond 1 standard deviation from the mean were abnormal. In other words, any motions that under or exceed its usual range would be defined as deviant patterns.

8. Gender and BMI factor were categorized. For this study context, threaten effect such as female and over weight participants was characterized as 1. On contrary, untreated effect or less harm for instance, of male and non over weight person were coded as 0.

9. Finally, association between exposures and outcome were analyzed by univariate and multivariate analysis. Confounding factors were also taken into account or adjusted.

Chapter 4

Findings and Results

4.1 Demographic Factors

Six demographic characteristics of all participants are showed in table 4.1-2. The distribution was regrouped by three age range namely, 20 to 39 years, 40 to 49 years and 50 to 65 years. The percentages for each age range were 12.1, 29.3 and 58.6, respectively. The average, the standard deviation of age 20 to 39 years was 33.5 ± 5.5 years; age 40 to 49 years was 45.0 ± 2.5 years; age 50 to 65 years was 54.5 ± 3.4 years. Ninety-eight participants (33%) were over weight or had BMI greater than 25 kg./m². There were 64.6 percent female and 35.4 percent male. Of all participants, 89.2 percent had residential area in Chonburi. In summary, Characteristics of cases (SI) and controls (NSI) were comparable for all demographic factors (table 4.2).

Table 4.1
Demographic factors of the participants

Demographic Factors	n	%	mean (sd)	range
Age (yrs.)				
20-39	36	12.1	33.5 (5.5)	21.0-39.0
40-49	87	29.3	45.0 (2.5)	40.0-49.0
50-65	174	58.6	54.5 (3.4)	50.0-65.0
Body Mass Index (kg./m ²)				
<25	199	67	22.3 (1.9)	16.0-24.9
25-30	98	33	27.0 (1.5)	25.0-30.0
Gender				
female	192	64.6		
male	105	35.4		
Residential area				
Chonburi	265	89.2		
Others	32	10.8		

Table 4.2
Comparability of participants characteristics between cases and controls

Participants characteristic	Cases ^a (n = 99)		Controls ^a (n = 198)		p-value
Age (yrs.)					
mean (sd)	50.1	(8.3)	48.8	(7.8)	0.181 ^b
min-max	22-65		21-60		
Body mass index (kg./m ²)					
mean (sd)	24.2	(3.1)	23.6	(2.6)	0.076 ^b
min-max	17-30		16-30		
Gender (n)					
female(%)	64	(64.6)	128	(64.6)	1.000 ^c
male(%)	35	(35.4)	70	(35.4)	
Dominant shoulder (n)					
dominant(%)	70	(70.7)	140	(70.7)	0.598 ^c
non dominant(%)	29	(29.3)	58	(29.3)	
Residential area (n)					
Chonburi(%)	93	(93.9)	172	(86.9)	0.064 ^c
others(%)	6	(6.1)	26	(13.1)	
Occupation ^c					
Blue collar worker	77.0	(77.8)	166.0	(84.3)	0.170 ^c
White collar worker	22.0	(22.2)	31.0	(15.7)	

^a Cases are Subacromial impingement; Controls are non impingement.

^b Chi square

^c unpaired t-test

^d Blue collar worker was manual labor.

By opposing, white collar worker performs non-manual labor.

4.2 Clinical Manifestations

In this study, both cases (SI) and controls (NSI) were subjective and objective physical examinations. Clinical manifestations of cases are in table 4.3. By subjective examination, results of three related impingement shoulder functional test were 85.9, 91.9 and 96.0 percent correspondingly. Through physical impingement examinations, the positive impingement sign of with painful arc was 91.9 percent, Hawkins test was 83.8 percent and Neer's test was 81.3 percent. All subacromial impingement cases (100%) had full passive range of motion (PROM). Pain was a remarkable sign during active range of motion (AROM). Full AROM were found in 93.9% for abduction, 94.9% for flexion, 98% for external rotation, and 94.9% for internal rotation for cases.

Table 4.3
Clinical manifestations of cases (SI)

Clinical manifestation of cases	n (%)
Subjective examination	
- Pain with across shoulder activity	85 (85.9)
- Pain with above shoulder activity	90 (91.9)
- Painful arc with shoulder function	95 (96.0)
Objective physical examination:	
- Positive impingement test	
Hawkins test	83 (83.8)
Neer's test	81 (81.8)
Painful arc	91 (91.9)
- Full range of active range of motion (AROM)	
Abduction	93 (93.9)
Flexion	94 (94.9)
External rotation	97 (98.0)
Internal rotation	94 (94.9)
- Full range of passive range of motion (PROM)	
All directions	99(100.0)

4.3 Reliability of Scapular Position and Muscle Forces for the Overall Study

After data collection process had accomplished; reliability was assessed (appendix C). The reliability was clarified for scapula positions and muscle forces of the overall studied participants (table 4.4) for further implementation. Data of 332 shoulders from 321 participants were analyzed. These participants' BMI ranged between 16-30 (kg./m^2). Averaged age of subacromial impingement group was 50.1 ± 8.3 years (mean \pm sd), while non subacromial impingement was 47.8 ± 8.4 years (mean \pm sd). Intra-class correlation coefficient (ICC_{3,1}) (Weir, 2005, pp. 231-40). and standard error of measurements ($\text{SEM} = \text{SD}\sqrt{1 - \text{ICC}}$) are showed. ICCs of all scapular positions and muscular forces were between 0.753 (95% CI 0.701-0.796) to 0.904 (95% CI 0.882-0.922). SEMs of retraction and inferior gliding were between 0.3 to 0.5 cm., scapular rotations were between 1.1 to 2.1 degrees and muscular forces were in range of 0.5 to 0.8 kg.

Table 4.4
Test re-test reliability result of scapular position and muscle forces

Scapula	n	trials	Mean (SD)	Min. – Max.	ICC (95% CI for ICC)
Positions					
- Start retraction	331	1	6.8 (0.9)	4.1 -10.6	0.855 (0.823 - 0.882)
(cm.)		2	6.6 (0.9)	4.4 - 9.0	
- End retraction	331	1	5.9 (0.9)	3.5 - 9.0	0.904 (0.882 - 0.922)
(cm.)		2	5.9 (0.9)	3.0 - 8.9	
- Retraction ^a	331	1	0.9 (0.9)	-2.3 - 3.8	0.753 (0.701 - 0.796)
(cm.)		2	0.7 (0.8)	-2.0 - 3.1	
- Inferior gliding ^b	331	1	-1.0 (1.1)	-4.0 - 2.3	0.802 (0.760 - 0.837)
(cm.)		2	-1.0 (1.0)	-4.6 - 2.1	
- At arm by side ^c	331	1	-0.9 (3.3)	-18.0 - 14.0	0.873 (0.845 - 0.897)
(degrees)		2	-0.5 (3.1)	-12.0 - 14.0	
- At 60 degrees ^c	331	1	7.0 (5.1)	-6.0 - 28.0	0.807 (0.766 - 0.842)
(degrees)		2	7.3 (4.6)	-6.0 - 24.0	
- At 90 degrees ^c	331	1	15.1 (5.9)	-2.0 - 34.0	0.866 (0.837 - 0.891)
(degrees)		2	15.7 (5.5)	0.0 - 32.0	
- At 120 degrees ^c	331	1	29.5 (5.3)	18.0 - 42.0	0.885 (0.859 - 0.906)
(degrees)		2	29.5 (5.3)	14.0 - 44.0	
Muscle forces					
- Elevator	329	1	9.5 (2.5)	3.9 - 23.2	0.897 (0.874 - 0.916)
(Kg.)		2	9.5 (2.6)	4.2 - 22.1	
- Retractor	327	1	5.0 (1.4)	2.4 - 10.4	0.864 (0.834 - 0.889)
(Kg.)		2	5.1 (1.4)	2.0 - 9.9	
- Protractor	332	1	8.8 (2.1)	5.0 - 16.4	0.881 (0.854 - 0.903)
(Kg.)		2	8.8 (2.0)	4.4 - 16.8	

^a positive(+) is retraction and negative(-) is protraction.

^b inferior gliding is negative (-) value and positive (+) value is superior gliding.

^c four positions of scapular rotation were measured at arm by side, at abduction 60 90 and 120 degrees consequently (in scaption).

4.5 Muscle Pain at Scapular Area

The result showed that evident of muscle pain at scapula area in subacromial impingement cases is 50.5 percent and in non subacromial impingement is 19.7 percent (table 4.6 and fig 4.1). This difference was substantial with $p < 0.001$. Among cases, 38 shoulders reported that onset of pain at scapular area had developed before impingement occurred.

Table 4.6

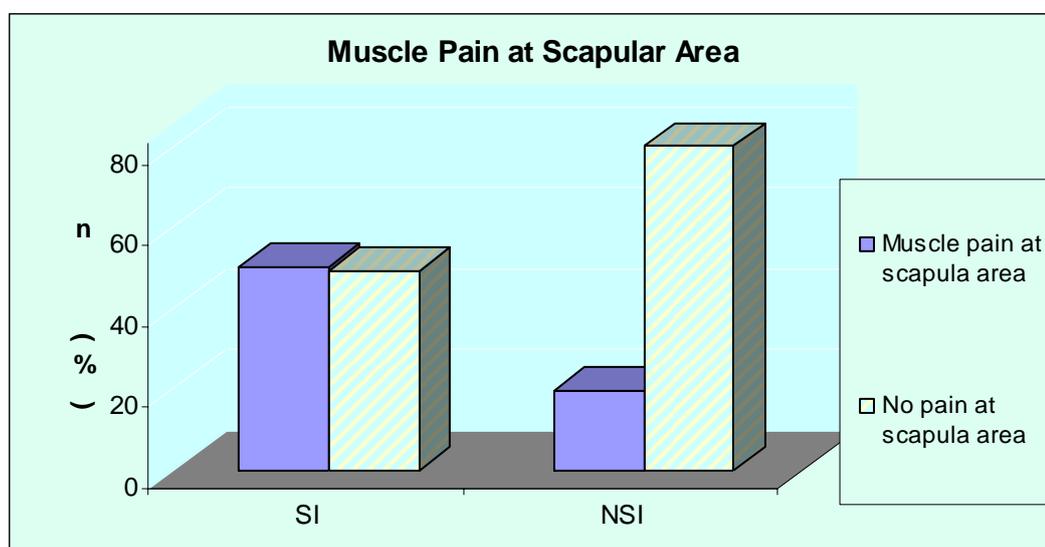
Muscle pain at scapular area: screening result

Scapular muscle pain screening	Cases n=99 (%)	Controls n=198 (%)	P value ^a
Pain at scapula area:	50 (50.5)	39 (19.7)	<0.001*
Pain onset before impingement	38 (38.4)	0 (0.0)	

^a chi-square

Figure 4.1

Expression of muscle pain at scapular area:
comparison between cases (SI) and controls (NSI)



4.6 Scapular Rotator Muscle Forces

Scapular rotator muscle forces are presented in table 4.7. The elevator mean \pm sd (range) of cases and controls were 9.2 ± 2.3 (4.9-15.5) kg.; 10.2 ± 2.7 (5.5-23.2) kg., respectively. The retractor mean \pm sd (range) for cases was 5.3 ± 1.5 (2.4-9.3) kg. and controls was 5.3 ± 1.4 (3.0-10.4) kg. For protractor, cases mean \pm sd (range) was 8.9 ± 2.0 (5.3-15.3) kg.; controls mean \pm sd (range) was 9.2 ± 2.0 (5.2-16.4) kg. Of three average scapular rotator forces, retractor and protractor forces of cases and controls were not substantially distinct. Average elevator force of controls was significantly difference from the compared group.

Table 4.7

The average, standard deviation and range of scapular rotator muscle forces

Scapular variables (Risk factors)	Cases		Controls		p value ^a
	mean (sd)	min-max	mean (sd)	min-max	
Scapular rotator:					
muscle forces (kg.)					
Elevator	9.2 (2.3)	4.9-15.5	10.2 (2.7)	5.5-23.2	0.001*
Retractor	5.3 (1.5)	2.4-9.3	5.3 (1.4)	3.0-10.4	0.781
Protractor	8.9 (2.0)	5.3-15.3	9.2 (2.0)	5.2-16.4	0.151

^a unpaired t-test

4.7 Scapular Position and Motion

Scapular position and motion were distributed normally. Descriptive statistics were expressed in mean \pm sd and range from minimum to maximum (table 4.8).

4.7.1 Scapular Position

At resting, position of root of scapular spine (RSS) was averagely 6.8 ± 0.9 cm. (mean \pm sd) and range from 5.0 to 9.5 cm for cases. Of the controls, the average position of RSS was 6.6 ± 0.9 (mean \pm sd) and range from 4.3 to 9.0 cm. This difference was marginally noticeable with p-value of 0.046. In addition, all of the average scapular rotations of controls including at resting, 60 degrees, 90 degrees and 120 degrees abduction were less than cases. Among these positions, the comparisons were significantly difference at 90 degrees and 120 degrees abduction.

4.7.2 Scapular Motion

Five scapular motion factors were normal distributions. For retraction, the average gliding was not statistically significance between cases and controls. With the mean \pm sd (range) of inferior gliding, cases had -0.8 ± 1.1 cm.(range -3.1 to 1.5cm.) and controls had -1.1 ± 0.9 cm.(range -4.0 to 1.1 cm.) and was statistical significantly difference between groups.

During abduction, scapular rotations for both groups had increasing pattern. Average rotations of three ranges including from resting to 60 degrees, from 60 to 90 degrees, and from 90 to 120 degrees were no substantial statistically differences between groups except at the range from 60 to 90 degrees abduction.

Table 4.8
The average, standard deviation and range of scapular position and motions

Scapular variables (Risk factors)	Cases		Controls		p value ^a
	mean (sd)	min-max	mean (sd)	min-max	
Positions :					
- Rotation: average (deg.)					
at 60 deg abduction	7.5 (5.5)	-5.0-24.0	7.0 (4.2)	-5.0-20.0	0.436
at 90 deg abduction	16.4 (6.2)	4.0-32.0	14.9 (5.0)	0.0-27.0	0.038*
at 120 deg abduction	30.1 (5.1)	17.0-41.0	29.2 (5.1)	15.0-40.0	0.038*
Motions :					
- Gliding data: average (cm.)					
Scapula at resting	6.8 (0.9)	5.0-9.5	6.6 (0.9)	4.3-9.0	0.046*
Retraction	0.8 (0.7)	-1.2-2.7	0.7 (0.9)	-3.4-3.0	0.522
Inferior gliding	-0.8 (1.1)	-3.1-1.5	-1.1 (0.9)	-4.0-1.1	0.004*
- Rotation changing: average (deg.)					
from resting-60 deg arm abduction	8.4 (4.8)	-4.5-23.0	7.7 (3.1)	-1.0-16.0	0.218
from 60-90 deg abduction	8.8 (4.0)	0.0-19.0	7.8 (3.0)	1.0-16.0	0.031*
from 90-120 deg abduction	13.7 (4.5)	4.0-22.0	14.3 (3.9)	3.0-26.0	0.259

^a unpaired t-test

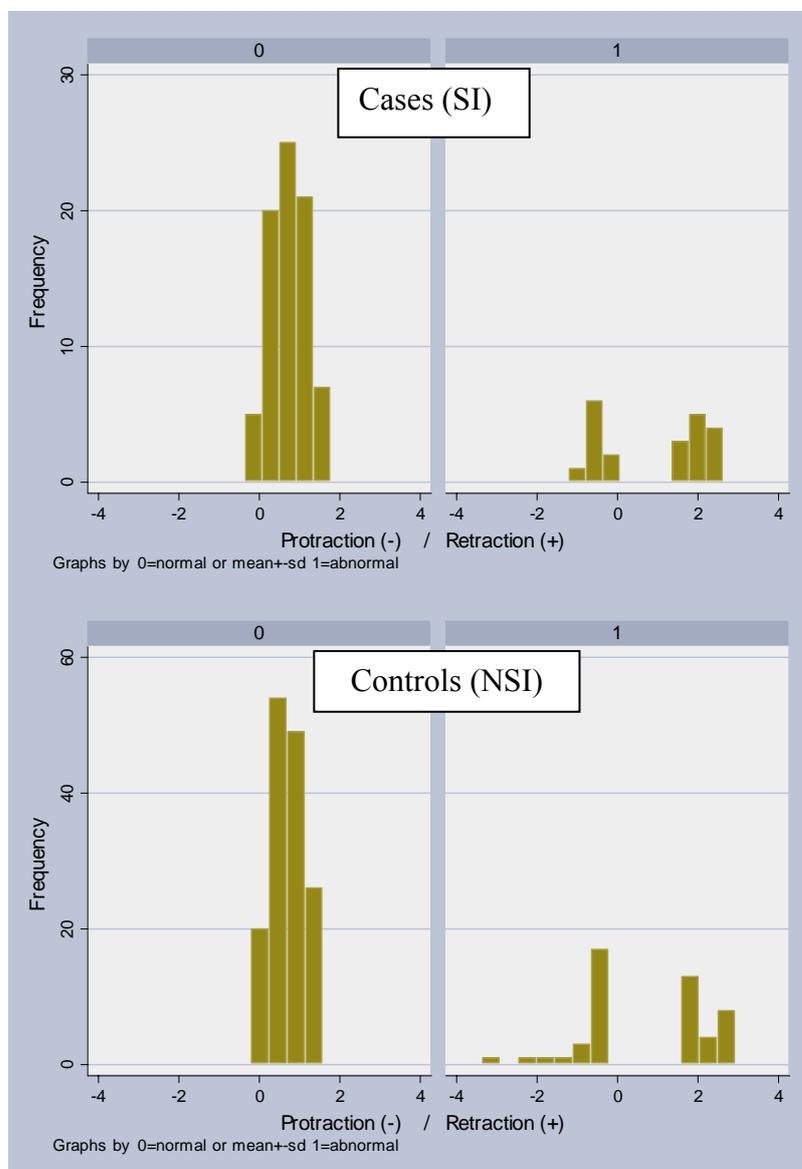
4.8 Category of Abnormal Scapular Motions for Cases and Controls

Based on controls (NSI) data, a cutoff point between normal and abnormal was established for each scapular motion factors. Any motion that under or exceed its usual range or beyond one standard deviation from its mean would be defined as abnormal motion. Percentage exposed and frequency distribution of abnormal scapular motion in cases and controls are showed in table 4.9 and figure 4.2 to 4.6. In this study, 21.2 percent of cases have exposed to abnormal retraction–protraction and 45.5 percent of them have exposed to abnormal inferior–superior gliding. The percentage expose of both factors in controls are 24.7 percent and 28.3 percent, respectively. During three ranges of abduction, 36.4 to 48.5% of cases and 30.8 to 31.3% of controls had abnormal scapular rotation. In summary, cases had more percentage expose of abnormal scapular motion of all factors than controls except retraction–protraction factor.

Table 4.9
Summarized percentage exposed of
abnormal scapular motions in cases and controls

Factors		Exposed (%)	
		Cases n=99	Controls n=198
Retraction-Protraction:	Abnormal	21 (21.2)	49 (24.7)
Inferior-Superior gliding	Abnormal	45 (45.5)	56 (28.3)
Rotation : resting-60 deg. abduction	Abnormal	42 (42.4)	62 (31.3)
Rotation : 60-90 deg. abduction	Abnormal	48 (48.5)	61 (30.8)
Rotation : 90-120 deg. abduction	Abnormal	36 (36.4)	61 (30.8)

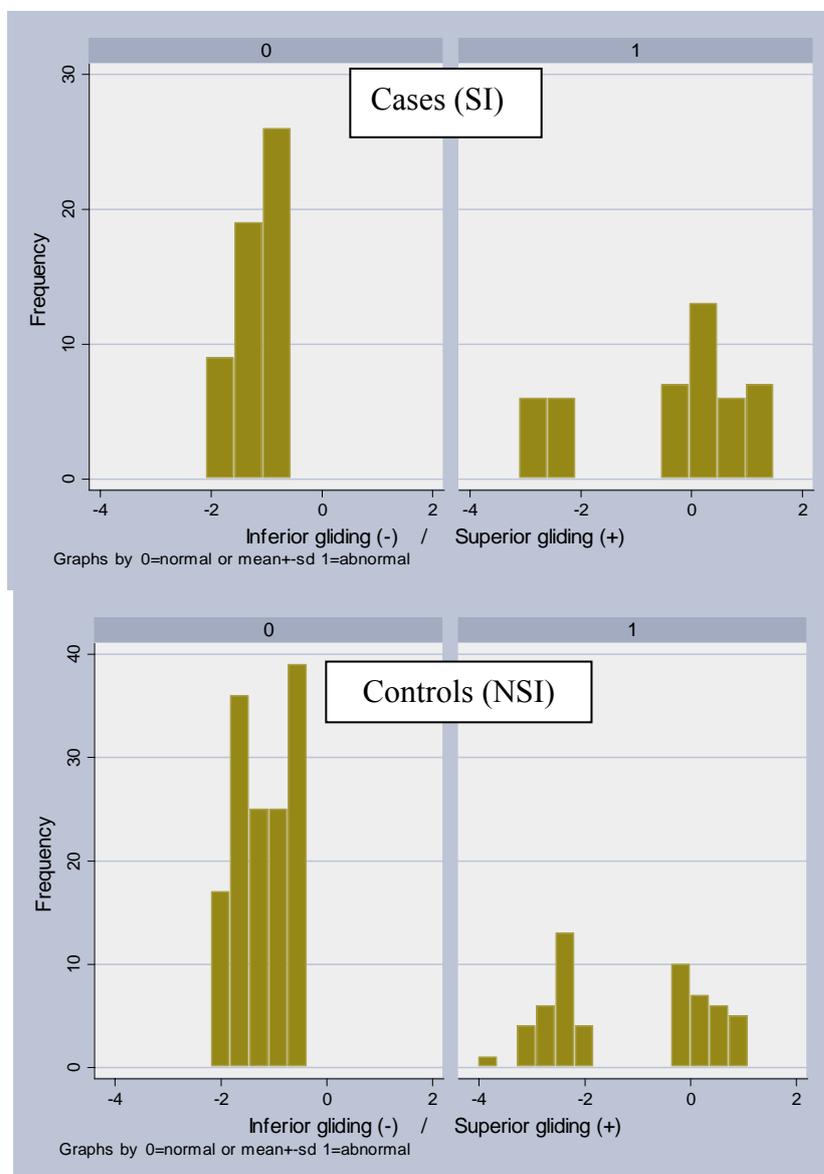
Figure 4.2
Distribution of abnormal and normal Scapular protraction / retraction
in cases and controls: cutoff point by mean \pm sd



		Scapular Protraction – Retraction (cm.)			
		<Mean \pm sd	Mean \pm sd	>Mean \pm sd	Total
		<-0.1	-0.1 to 1.6	>1.6	n(%)
Cases	n(%)	9 (9.1)	78 (78.8)	12 (12.1)	99 (100.0)
Controls	n(%)	24 (12.1)	149 (75.3)	25 (12.6)	198 (100.0)
Total	n(%)	33 (11.1)	227 (76.4)	37 (12.5)	297 (100.0)

* negative(-) = Protraction / positive (+) = Retraction

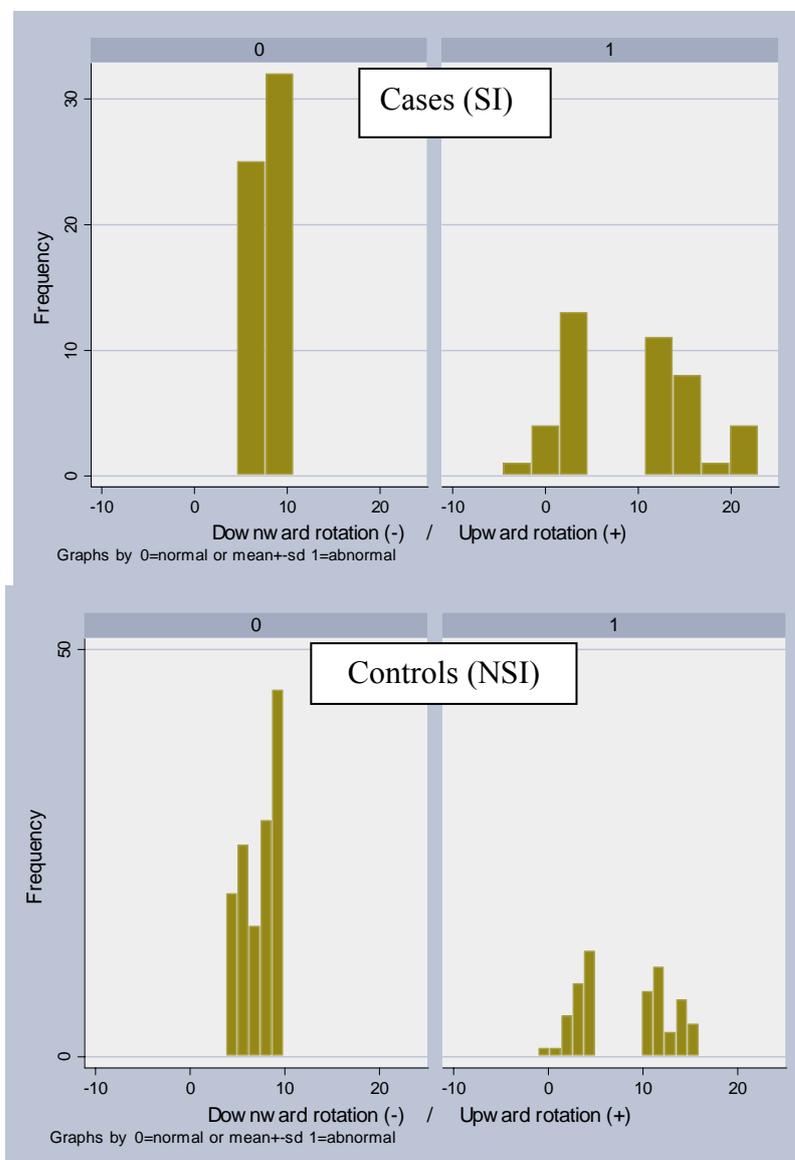
Figure 4.3
Distribution of abnormal and normal scapular inferior / superior gliding
in cases and controls: cutoff point by mean \pm sd



		Inferior - Superior gliding* (cm.)			Total n(%)
		<Mean \pm sd <-2.0	Mean \pm sd -2.0 to -0.3	>Mean \pm sd >-0.3	
Cases	n(%)	12 (12.1)	54 (54.6)	33 (33.3)	99 (100.0)
Controls	n(%)	28 (14.1)	142 (71.7)	28 (14.1)	198 (100.0)
Total	n(%)	40 (13.5)	196 (66.0)	61 (20.5)	297 (100.0)

* negative(-) = inferior gliding / positive (+) = superior gliding

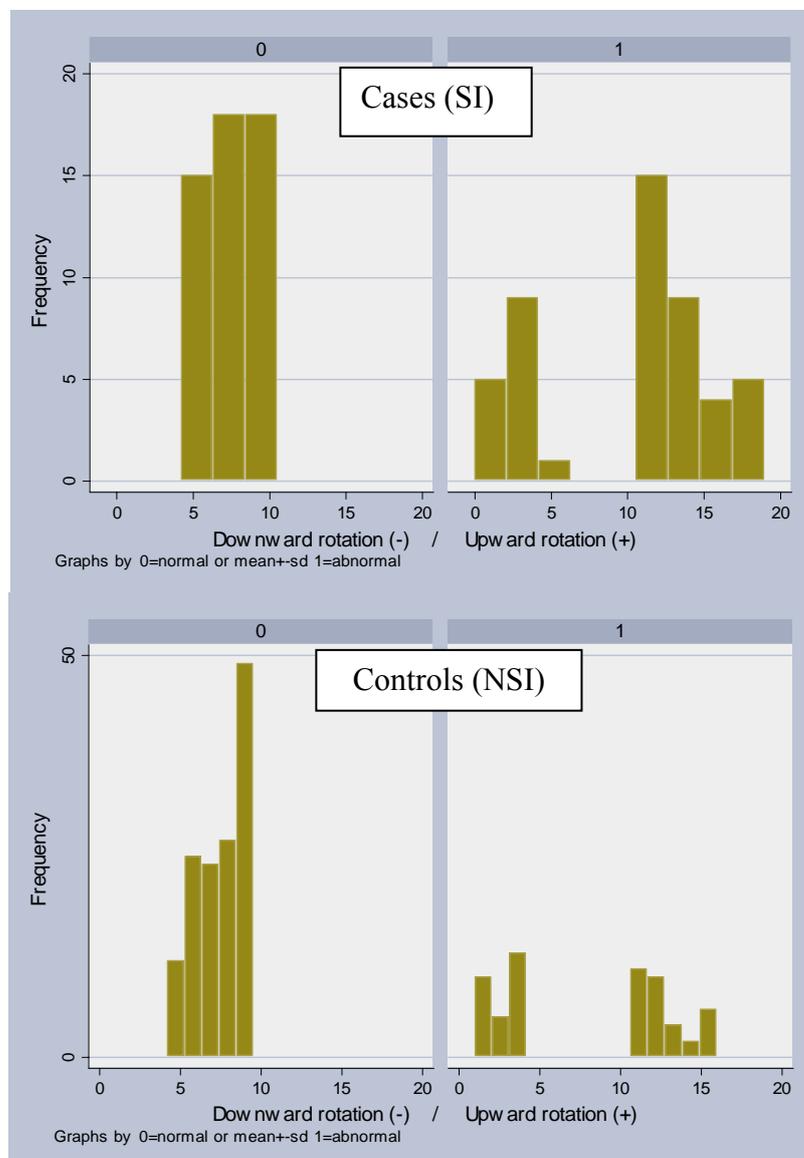
Figure 4.4
Distribution of abnormal and normal scapular rotation during resting to 60 degrees abduction in cases and controls: cutoff point by mean \pm sd



		Scapular Rotation* (degrees)			Total n(%)
		<Mean \pm sd <4.6	Mean \pm sd 4.6 to 10.8	>Mean \pm sd >10.8	
Cases	n(%)	18 (18.2)	57 (57.6)	24 (24.2)	99 (100.0)
Controls	n(%)	29 (14.7)	136 (68.7)	33 (16.7)	198 (100.0)
Total	n(%)	47 (15.8)	193 (65.0)	57 (19.2)	297 (100.0)

* negative value(-) = downward rotation / positive value (+) = upward rotation

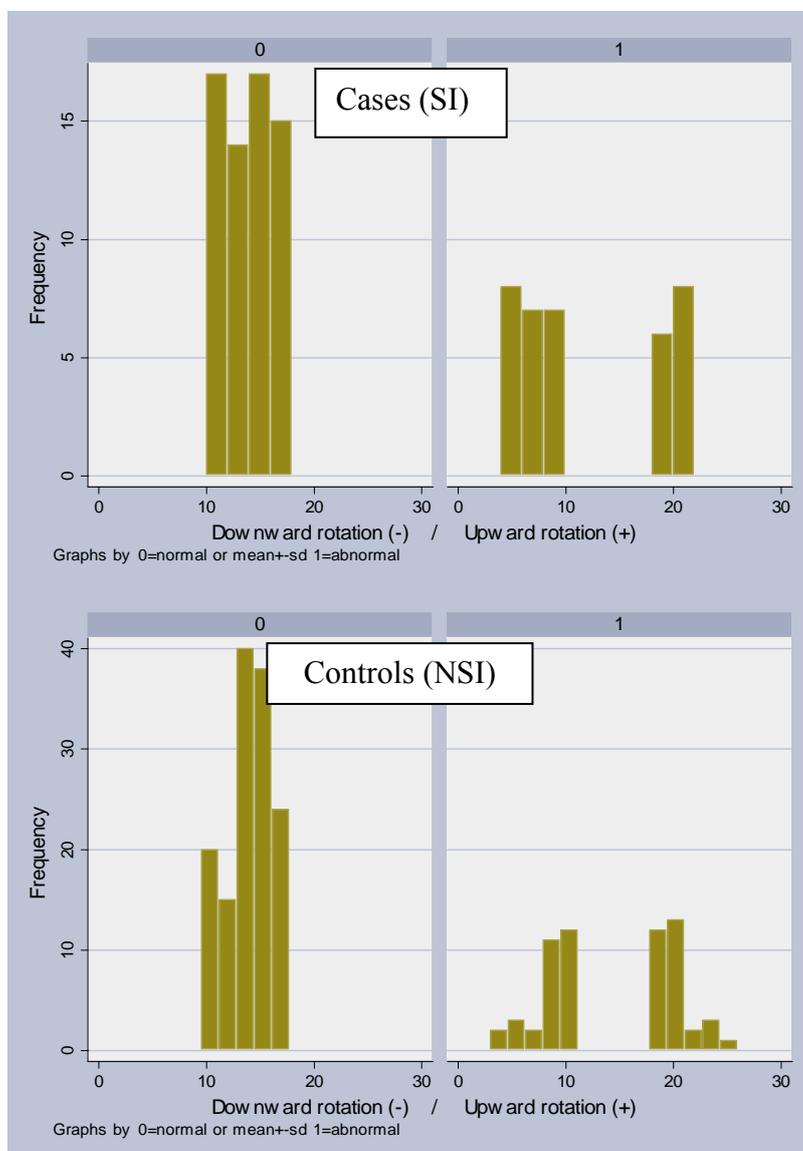
Figure 4.5
Distribution of abnormal and normal scapular rotation during 60 to 90 degrees abduction in cases and controls: cutoff point by mean \pm sd



		Scapular Rotation* (degrees)			Total n(%)
		<Mean \pm sd <4.8	Mean \pm sd 4.8 to 10.9	>Mean \pm sd >10.9	
Cases	n(%)	15 (15.2)	51 (51.5)	33 (33.3)	99 (100.0)
Controls	n(%)	28 (14.1)	137 (69.2)	33 (16.7)	198 (100.0)
Total	n(%)	43 (14.5)	188 (63.3)	66 (22.2)	297 (100.0)

* negative value(-) = downward rotation / positive value (+) = upward rotation

Figure 4.6
Distribution of abnormal and normal scapular rotation during 90 to 120 degrees
abduction in cases and controls: cutoff point by mean \pm sd



		Scapular Rotation* (degrees)			
		<Mean \pm sd <10.4	Mean \pm sd 10.4 to 18.1	>Mean \pm sd >18.1	Total n(%)
Cases	n(%)	22 (22.2)	63 (63.6)	14 (14.1)	99 (100.0)
Controls	n(%)	30 (15.2)	137 (69.2)	31 (15.7)	198 (100.0)
Total	n(%)	52 (17.5)	200 (67.3)	45 (15.2)	297 (100.0)

* negative value(-) = downward rotation / positive value (+) = upward rotation

4.9 Univariate and Multivariate Analysis

The associations of abnormal scapular motion components and potential risk factors with outcome (subacromial impingement) are presented with univariate analysis in table 4.10. The result shows that abnormal motions of inferior–superior gliding and rotation between 60 to 90 degrees abduction are significant risk factors. The odds ratio (OR) were 2.11(95% CI 1.28–3.49) and 2.11 (95% CI 1.29 - 3.47) respectively. Muscular property factors, lack of trapezius flexibility and persistence of pain at scapula area were also considered as substantial association with subacromial impingement. Accordingly, the OR were 2.64 (95% CI 1.39 - 5.01) and 4.16(95% CI 2.45 - 7.05), respectively. Elevator force factor and the over weight group were taken into account as potential confounding factor that OR are 0.84 (95% CI 0.75 - 0.94) and 2.00 (95% CI 1.20 - 3.31), respectively. Next to univariate analysis, the relation of each scapular motion factor that contributes to outcome and potential confounding risk factors were tested by multivariate analysis.

Multivariate analysis was assessed in following steps: firstly, all scapular motion factors were inspected to determine the association with the outcome (table 4.10 Multivariate analysis of scapular motion factors). Consequently, three of five scapular motion factors have remained significantly associated with the outcome. OR of these factors are as following: inferior–superior gliding OR is 2.10 (95% CI 1.25 - 3.53), scapular rotation from resting to 60 degrees abduction OR is 1.76 (95% CI 1.03 - 3.00) and scapular rotation from 60 to 90 degrees abduction OR is 2.46 (95% CI 1.45 - 4.16). Among these factors OR of scapular rotation from 60 to 90 degrees abduction has markedly increased after adjusted in multivariate analysis. Next, multivariate analysis was additionally conducted by including only potential confounding factor (BMI and elevator force) into the main factors model. By the result, the previous three scapular motion factors were persistently significant exposures. The associations were substantial enough that OR were greater than 2.00 (OR ranged from 2.06 to 2.53).

Table 4.10
The percentage of potential risk factors, univariate and multivariate analysis

Factors	Exposed (%)		Univariate analysis		Multivariate analysis of scapular motion factors		Multivariate analysis of scapular motion factors / confounders	
	Cases n=99	Controls n=198	OR	(95% CI for OR)	OR	(95% CI for OR)	OR	(95% CI for OR)
Retraction-Protraction: Abnormal	21 (21.2)	49 (24.7)	0.82	(0.46 - 1.46)	0.73	(0.40 - 1.35)		
Inferior-Superior gliding Abnormal	45 (45.5)	56 (28.3)	2.11	(1.28-3.49)	2.10	(1.25 - 3.53)	2.23	(1.28 - 3.90)
Rotation : resting-60 deg. abduction Abnormal	42 (42.4)	62 (31.3)	1.62	(0.98 - 2.66)	1.76	(1.03 - 3.00)	2.17	(1.24 - 3.80)
Rotation : 60-90 deg. abduction Abnormal	48 (48.5)	61 (30.8)	2.11	(1.29 - 3.47)	2.46	(1.45 - 4.16)	2.33	(1.35 - 4.04)
Rotation : 90-120 deg. abduction Abnormal	36 (36.4)	61 (30.8)	1.28	(0.77 - 2.13)	1.23	(0.73 - 2.10)		
Trapezius muscle: lack of flexibility ^a	85 (85.9)	138 (69.7)	2.64	(1.39 - 5.01)				
Muscle pain: present of pain at scapula area	50 (50.5)	39 (19.7)	4.16	(2.45 - 7.05)				
BMI: over weight ^b	43 (43.4)	55 (27.8)	2.00	(1.20 - 3.31)			2.22	(1.27 - 3.87)
Elevator force (Kg.)			0.84	(0.75 - 0.94)			0.78	(0.69 - 0.88)
Retractor force (Kg.)			0.97	(0.82 -1.15)				
Protractor force (Kg.)			0.91	(0.80 -1.03)				

Each scapular motion was categorized as following: normal were data that equal to or in the range of mean \pm 1sd; abnormal were data greater or lesser than mean \pm 1sd.

^a lack of flexibility was a condition of tightness, pain or a decrease in trapezius muscle length

^b BMI was categorized by cutoff point at overweight (≥ 25 kg./m² defined by WHO.)

4.10 Discussion

4.10.1 Selection of Participantss

Cases and controls were eligible from the same hospital setting. The residential area between groups was comparable. Furthermore, demographic factors such as age range, gender, and dominant arm were comparable. Thus, controls had conditions of similar nature to that of the cases. By conducting in the hospital setting, therefore, cases may not be representative of cases in the community. They may be more severe or more concern than cases who had not assessed the hospital.

The working situation also another view point to address that blue collar workers or manual labors were engaged more than white collar workers. Hence, the population involved in this study may be more exposed to occupational risk factors than other populations in the wider community.

Selection of cases and controls were ensured by three impingement test (physical examination). The sensitivity of Hawkins' and Neer's test and specificity of painful arc tests are well clarified (Calis, Akgun, Birtane, Karacan, Calis et al., 2000, pp. 44-7; Park, Yokota, Gill, El Rassi & McFarland, 2005, pp. 1446-55). Clinical manifestation was also fulfilled the criteria of cases that all cases had full passive range of motion (PROM). Pain was a remarkable cause of diminish active range of motion (AROM) and less than 10% of cases were affected. In addition, controls also eligible by systematic sampling process. Hence, misclassifications of cases or controls were acceptably controlled.

4.10.2 Recall Bias and Observer bias

For controlling observer variation, data of cases and controls were assessed by the same observer. Personal information and all scapular factors were interviewed and were assessed following the manual instructions. The length of time for achievement the research procedure was approximately 15 to 20 minutes. Test re-test reliability result also supported that the measurement error of scapular factors were adequately controlled. However, the scope of reliability was limited for intra-tester examination circumstance.

For controlling recall bias, the newly incident cases were confirmed by reviewing previous history in the out patient recoding files. Thai traditional festival or religious celebration events were practical reference time frame for validate onset of disease (appendix B: manual). Moreover, time frame was also limited only the past year and all information had interviewed by the same interviewer through the study.

4.10.3 Classification of Exposure

Scapula plays as a dynamic stabilizer that moving is specific and is synchronic for glenohumeral motion (Ludewig, Cook & Nawoczenski, 1996, pp. 57-65; Kibler, 1998, pp. 325-37; Meskers, van der Helm, Rozendaal & Rozing, 1998, pp. 93-6; Barnett, Duncan & Johnson, 1999, pp. 287-90; Lukasiewicz, McClure, Michener, Pratt & Sennett, 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Karduna, McClure & Michener, 2000, pp. 1063-8; Hebert, Moffet, McFadyen & Dionne, 2002, pp. 60-9; Finley & Lee, 2003, pp. 563-8; Tsai, McClure & Karduna, 2003, pp. 1000-5; Endo, Yukata & Yasui, 2004, pp. 1009-13; McClure, Bialker, Neff, Williams & Karduna, 2004, pp. 832-48; Ebaugh, McClure & Karduna, 2006, pp. 557-71; Fayad, Hoffmann, Hanneton, Yazbeck, Lefevre-colau et al., 2006, pp. 932-41; McClure, Michener & Karduna, 2006, pp. 1075-90; Smith, Dahm, Kaufman, Boon, Laskowski et al., 2006, pp. 923-27). Any excessive motion of scapular may affect glenohumeral motion. Accordingly, cutoff points were based on the normal distribution of controls (NSI) data, the extreme motions beyond mean \pm sd of each factors were defined as an abnormal motion. These cutoff points are also consistently with scapular kinematic definitions that the horizontal displacement more than 1.6 cm. from starting position will be defined as over or abnormal retraction. For protraction, the definition is displacement of scapula less than -0.1 cm. at the same plane. Whereas inferior gliding is the downward vertical displacement which is lower than -0.3 cm. and superior gliding is the upward vertical displacement which is higher than 2.0 cm. (both are reference from the starting point). The condition of insufficient of subacromial space from under upward scapular rotation and abnormal mechanics from over upward scapular rotation are both found in this study. Thus, the decreasing rotation pattern is concurrent to previous studies (Borstad & Ludewig, 2002, pp. 650-59; Kibler & McMullen, 2003, pp. 142-51; Laudner, Myers, Pasquale, Bradley & Lephart, 2006,

pp. 485-94). On the contrary, the increasing upward rotation pattern had supported by the results of Lukasiewicz et al and McClure et al (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; McClure et al., 2006, pp. 1075-90). This pattern had also found in fatigue condition of external rotator (Ebaugh et al., 2006, pp. 557-71). In summary, the cutoff points based on the existing of controls data are concurrent to the definitions of scapular kinematics and are in evidence on the preceding studies.

4.10.4 Scapular Motion

The average inferior gliding of cases is less than that of controls. In other word, cases have more probable to move in superior gliding pattern during abduction than controls. At resting, the average position of root of scapular spine (RSS) of cases is also laterally than controls. Both differences are noticeable with statistically significant (p 0.004 and p 0.046 respectively).

The result shows that normal range of scapular rotations from arm by side to 60 degrees, from 60 to 90 degrees and from 90 to 120 degrees abduction are 4.6 to 10.8 degrees, 4.8 to 10.9 degrees and 10.4 to 18.1 degrees, respectively. An overview of scapular distribution for shoulder abduction showed that it is non-linear relationship and has correlated to former studies which reported value of scapular rotation separately for each phase of abduction (McQuade, Wei & Smidt, 1995, pp. 144-48; Wang, McClure, Pratt & Nobilini, 1999, pp. 923-29; Talkhani & Kelly, 2001, pp. 580-84; Borsa, Timmons & Sauers, 2003, pp. 12-17; Illyes & Kiss, 2006, pp.). However, contributions of scapula rotation during abduction could be summarized in two patterns. First, from arm by side to 90 degrees abduction, the contribution of scapular upward rotation has less than glenohumeral motion and the average rotation is approximately 7.8 ± 3.0 degrees (mean \pm sd). In contrast, during abduction from 90 to 120 degrees, scapular upward rotation plays greater contribution by an average of 14.3 ± 3.9 degrees (mean \pm sd).

In brief, scapular plays a role of dynamic stabilizer in progressive pattern above 90 degrees abduction more than in the first phase (from resting to 90 degrees). This could be concluded that a stable scapular base take advantage for shoulder function at the early range to the middle range of abduction in scaption.

4.10.5 Scapular Motion: the main exposure factors

For all scapular motion factors, more percentage of cases had exposed to abnormal scapular motion than controls. Exception for two factors: retraction – protraction factors, upward rotation from 90 to 120 degrees abduction factors.

Inferior–superior gliding shows substantial difference in both amplitude of vertical displacement and abnormal pattern between cases and controls. The results were concurrent with other studies (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Laudner et al., 2006, pp. 485-94) that subacromial impingement patients had more evidences of superior gliding than healthy and one study found no superior gliding in healthy participants during elevation (Hallaceli, Manisali & Gunal, 2004, pp. 378-81).

According to the former studies, Subacromial space width decreased during abduction from 30 to 120 degrees (Flatow, Soslowsky, Ticker, Pawluk, Hepler et al., 1994, pp. 779-88; Graichen, Bonel, Stammberger, Englmeier, Reiser et al., 1999, pp. 59-64; Graichen, Bonel, Stammberger, Haubner, Rohrer et al., 1999, pp. 1081-6) At 30 degrees, the minimal acromio-humeral distance penetrated the supraspinatus (Graichen et al., 1999, pp. 59-64). For this study, scapular rotation also presents a clear association with subacromial impingement. Hence, from resting to 90 degrees abduction range, cases (SI) are more likely to expose to abnormal scapular rotation than controls (NSI). This supported the hypothesis that person exposed to under or over scapular rotation pattern is likely to develop subacromial impingement than non exposed one.

The abnormal scapula motions in this study are concurrence with conclusion of alteration of scapular motion in previous studies. Altering components of scapular motion were impaired retraction (Laudner et al., 2006, pp. 485-94), too much protraction (Kibler, 1998, pp. 325-37) or scapular abduction syndrome (Sahrmann, 2002, pp. 194-261), increased superior gliding (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; Laudner et al., 2006, pp. 485-94), increased upward scapular rotation (Lukasiewicz et al., 1999, pp. 574-83; discussion 84-6; McClure et al., 2006, pp. 1075-90), too much inferior gliding or scapular depression (Sahrmann, 2002, pp. 194-261), decreased upward scapular rotation (Borstad & Ludewig, 2002,

pp. 650-59; Laudner et al., 2006, pp. 485-94) or scapular downward rotation syndrome (Sahrmann, 2002, pp. 194-261).

For this study, an interesting point is that higher proportion of abnormal retraction-protraction pattern found in controls more than in cases. Retraction is a benefit motion by increasing subacromial space (Solem-Bertoft, Thuomas & Westerberg, 1993, pp. 99-103) that enhances supraspinatus strength (Kibler, Sciascia & Dome, 2006, pp. 1643-47) and reduces pain in impingement patients (Tate, McClure, Kareha & Irwin, 2008, pp. 4-11), but all of these studies performed retraction or protraction with applied external force or in a passive manner. In contrast with active controlling retraction or protraction (Smith, Kotajarvi, Padgett & Eischen, 2002, pp. 367-70), the disadvantage effect to rotator cuff strength had in attendance. The effect of active and passive controlling force for this factor should be clarified in further study.

4.10.6 Scapular Rotator Muscles

For this study, the average scapular elevator muscle force of cases is significantly less than controls or subacromial impingement is more probable weakness than the compared group ($p < 0.001$). Accordingly, retractor and protractor show slightly weakness in cases. These relations could be explain that abnormal scapular motion may be linked to imbalances of muscle activity rather than comprehensive weakness of scapulothoracic muscles (Sahrmann, 2002, pp. 194-261; Cools, Declercq, Cambier, Mahieu & Witvrouw, 2007, pp. 25-33; Cools, Geeroms, Van den Berghe, Cambier & Witvrouw, 2007, pp. 458-63). Weakness of elevator or upper fibres of trapezius could alter scapula rotation because it was a primary and was an important muscle to exert an upward rotation (Paine & Voight, 1993, pp. 386-91; Kibler, 1998, pp. 325-37; Voight & Thomson, 2000, pp. 364-72; Cools, Witvrouw, Danneels & Cambier, 2002, pp. 154-62; Ebaugh, McClure & Karduna, 2005, pp. 700-09). Multivariate analysis result also supports the association that OR of elevator force is 0.73 ($p < 0.001$). By the result, strength of elevator presents as a substantial protective association to subacromial impingement. This study conceptual framework has also been approved that scapular muscle are associated with both the cause and the outcome because elevator force factor has improved (at least 10 percent) OR of

upward rotation from resting to 60 degrees abduction after it was added in multivariate model.

In summary, scapular rotator muscle should be more concern in subacromial impingement condition. Elevator is a primary rotator muscle to be taking into account as a confounding factor for abnormal scapular motions. Limitation of this study is that muscle forces were measured in valid and specific position for each muscle function. This is not suitable to implement in a circumstance where there is an imbalance of muscle activities. Additionally, both strength and balance during all components of scapular motion should be assessed in further study.

4.10.7 Associated Factors of Outcome: flexibility of upper trapezius muscle and muscle pain at scapular area

As the result of univariate analysis, flexibility of upper trapezius muscle is significant associated factors with the outcome. The participants with lack of trapezius flexibility had either or combination signs of impaired range of motion and tightness. The evidence of this factor is highly remarkable for both cases and controls. The OR of this factor is 2.64 (95% CI 1.39 - 5.01); thus, this could imply that cases have more likely to expose to a condition of lack of trapezius flexibility than controls. Muscle pain at scapular area factor also is notified. Pain is an easy notable sign for muscle injury; pain related changes of muscle activities also were presented (Madeleine, Lundager, Voigt & Arendt-Nielsen, 1999, pp. 127-40). Moreover, shoulder pain was an ordinary variable in previous studies (Kaergaard, Andersen, Rasmussen & Mikkelsen, 2000, pp. 305-10; Badcock, Lewis, Hay, McCarney & Croft, 2002, pp. 128-31; McClure & Michener, 2003, pp. S50-8; Picavet & Schouten, 2003, pp. 167-78; Bingeors & Isacson, 2004, pp. 435-50; Bruijn, de Bie, Geraets, Goossens, Koke et al., 2005, pp. 7). Prevalence of shoulder pain had been studied by localization of pain over the shoulder area (Pope, 1997, pp.; van der Windt, Thomas, Pope, de Winter, Macfarlane et al., 2000, pp. 433-42; Walker-Bone, Palmer, Reading & Cooper, 2003, pp. 185-203; Walker-Bone, Palmer, Reading, Coggon & Cooper, 2004, pp. 642-51; Walker-Bone, Reading, Coggon, Cooper & Palmer, 2004, pp. 45-51). However, pain had not been specified at scapular area. In this study, the area of pain was focused on scapular muscle which is corresponding to the association

in the conceptual framework. Muscle pain at scapular area is marked on body chart and is validated the actual location by the examiner once more. By univariate analysis, the subacromial impingement have more exposed of muscle pain at the scapular area about 4.16 times of the controls. The curiosity point is 38 shoulders or nearly 40 percent of cases have had this pain before developing the impingement. Through the simplicity and outstanding association of both factors, further study could be conducted to find out if it can generalize as an available screening tool at the early stage of cases.

4.10.8 BMI

The result suggests that over weight (BMI ≥ 25 kg./m² by the definition of WHO) person has more probable to develop to be a case (OR 2.22 95%CI 1.27 – 3.87 by multivariate analysis). This association may be affect from postural difference. In former studies, thoracolumbar spine was decreased and a more flexed trunk posture was showed for the obese group representing that increasing adiposity will lead to further restrict motion of the spine (Gilleard & Smith, 2007, pp. 267-71). Moreover, lower shoulder level or thoracic kyphosis is noticeable alteration in obesity (Fabris de Souza, Faintuch, Valezi, Sant'Anna, Gama-Rodrigues et al., 2005, pp. 1013-6). Poor cervicothoracic and lumbar posture will increase a poor scapular position (Mottram, Woledge & Morrissey, 2009, pp. 13-8). Finally, the slouched posture resulted in significantly less scapular posterior tilt and more elevated in the interval between 0 to 90 degrees abduction (Kebaetse, McClure & Pratt, 1999, pp. 945-50).

Over all, relation between postural changes, overweight and scapular motion should be assess in subacromial impingement. Further studies are needed to determine what effects these changes have on the soft tissues and mechanics of the shoulder complex.

4.10.9 Gender, Age, and Dominant Arm Factor

Gender, age, and dominant arm were matching factors for cases and controls. The associations of these factors to the outcome also were assessed by univariate and multivariate analysis. The results confirmed that their relations were not statistically significant. Thus, repetitive motion and dominant arm could associate with each other. Further study could appropriately handle dominant factor as an unpaired variable.

4.10.10 Confounding Factors

As confounding variables are associated with both the probable cause and the outcome. Effects of each confounding variable from multivariate analysis are summarized as follows:

1. Elevator force is a confounding to inferior–superior gliding and scapular rotation from resting to 60 degrees abduction.
2. BMI factor, especially the overweight group, has an effect on scapular motions.

4.10.11 Study Methodology

Considering the multifactor etiology of subacromial impingement, impaired motion of shoulder joint linkages mostly focused on rotator cuff, glenohumeral joint, and its capsular-ligament (Itoi, Newman, Kuechle, Morrey & An, 1994, pp. 834-6; Novotny, Beynon & Nichols, 2000, pp. 345-54; Michener, McClure & Karduna, 2003, pp. 369-79; Werner, Nyffeler, Jacob & Gerber, 2004, pp. 194-201; Debski, Weiss, Newman, Moore & McMahon, 2005, pp. S24-S31). The mobility of glenohumeral joint was concerned in this study, therefore, active and passive physiological range of motion were assessed. However, passive accessory assessment that is an available physiotherapy method for evaluation of capsular-ligament tightness had not been performed. This method could be an additional assessment in further study. Case-control study design used in this study took advantage for multiple exposure factors. However, retrospective method limited some exposure information; for example, temporal sequence of lack of trapezius flexibility factor and the presence of pain at scapular area factor were not completely assessed in this study. For further

studies, temporal relationship of these factors should be made clear. In addition, interventional study may fasten causal association between exposure and outcome.

4.11 Clinical Relevance

Based on biological plausibility of the effect of abnormal scapular motion on the glenohumeral pathology (Sevinsky, 2007) and the kinesiopathologic model (Sahrmann, 2002, pp. 9- 50), the association of main factor and confounding factors with the outcome of this study are illustrated in figure 4.7 to 4.9. Concept of normal function is a precise joint movement that is generated and is modulated by two principal systems; musculo-skeletal and neuro-vascular systems. The combination of these systems provides optimal static and dynamic biomechanics for variety of joint movements and postures (figure 4.7: pathway 1). Thus, minimal stress and strain could disperse harmlessly into joint and its surrounding tissues. By the basis of normal biomechanics and pathway 2 of figure 4.8, abnormality or injury at any component of shoulder joint complex such as glenohumeral joint, acromioclavicular joint, scapulothoracic or rotator cuff etc., causes pathology of subacromial impingement. However, this widely contributed etiology was not a scope of this study.

Within the scope of this study, subacromial impingement could develop under two conditions including movement impairment or abnormal scapular motion and prolonged load from repetitive movement or sustained posture shown in pathway 3 and 4 of figure 4.8. Extending from this study result, abnormal scapular motion was the main factor to be focused in this study, whereas slouch posture in overweight person was considered to be a confounder. Moreover, person will be prone to develop subacromial impingement, if the major component of normal biomechanics is altered by weakness of scapular elevator as shown in pathway 5 of figure 4.9. Besides this, elevator weakness is also associated with abnormal scapular motion as presented in pathway 6 of figure 4.9.

In summary, clinical relevance is correcting or removing abnormal scapular motion may relieve subacromial impingement pain and improve glenohumeral motion. This reversible association should be studied prospectively.

Figure 4.7

Normal function and precise joint movement in normal musculo-skeletal, neuro-vascular and biomechanics condition

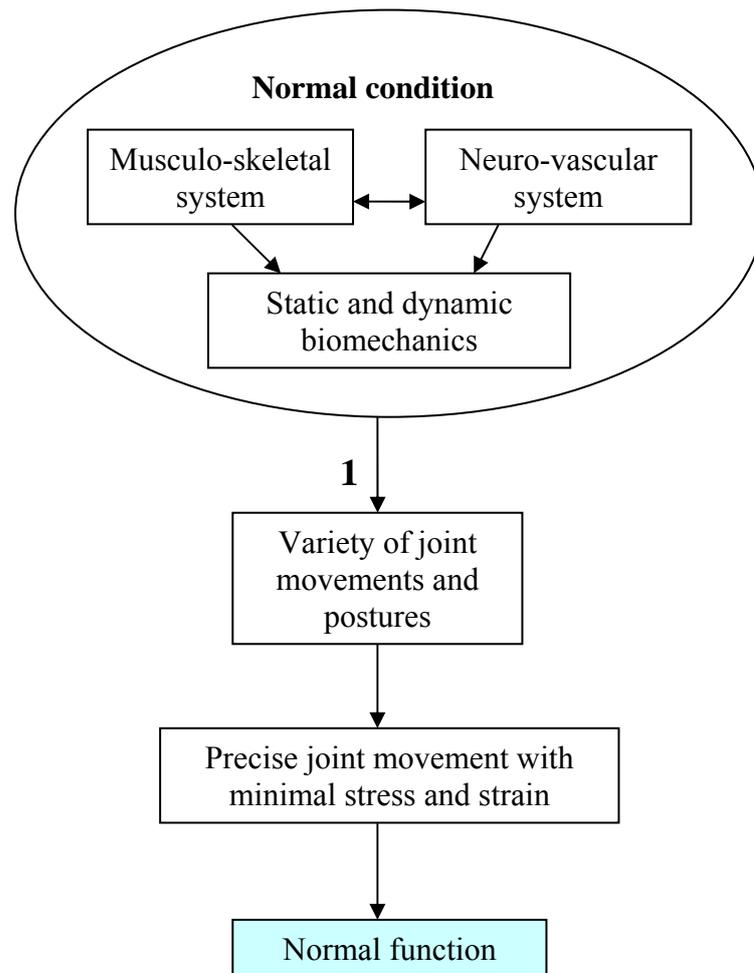


Figure 4.8

Movement impairment induced by repeated joint movement or sustained postures in normal musculo-skeletal, neuro-vascular and biomechanics condition

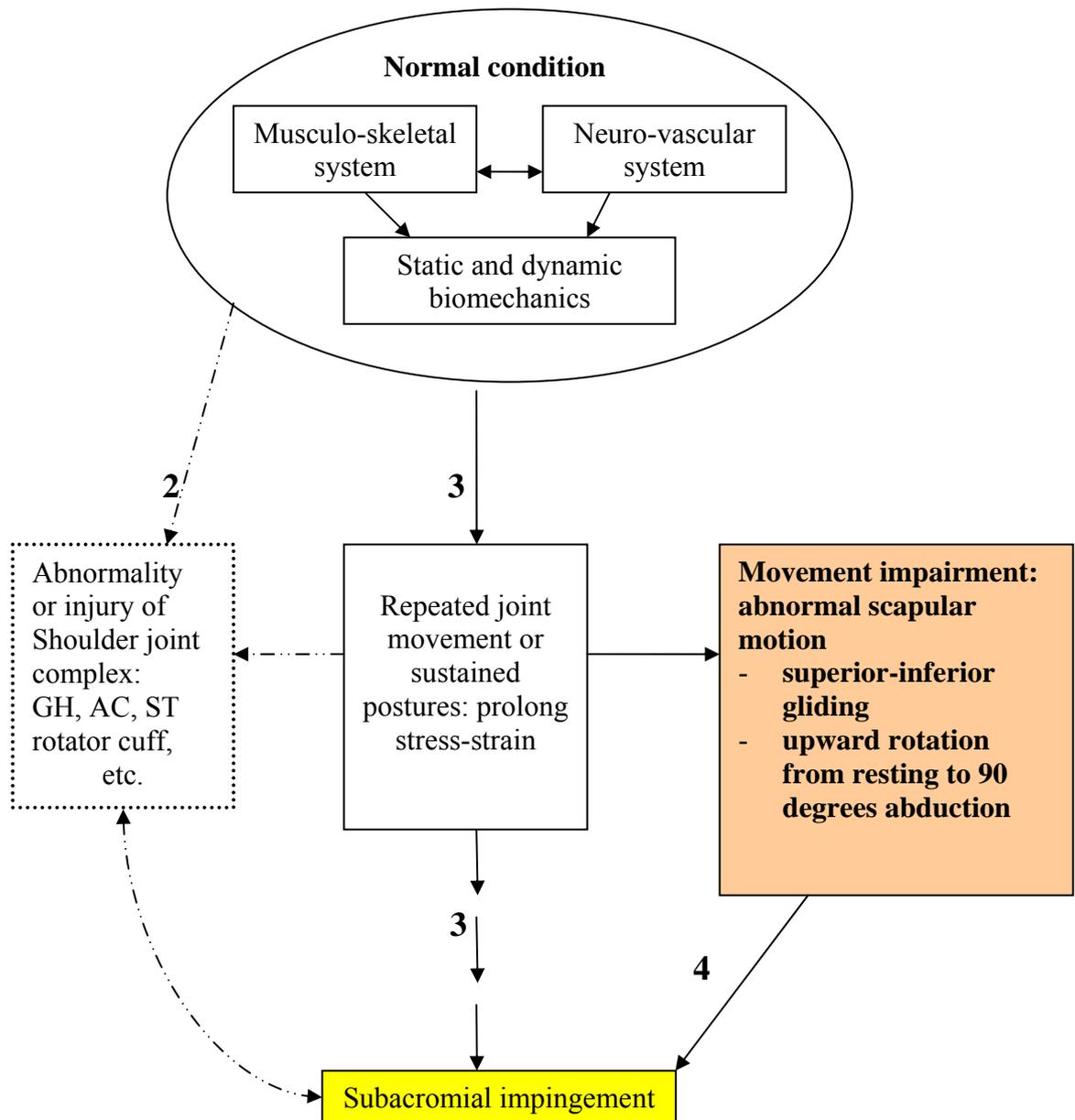
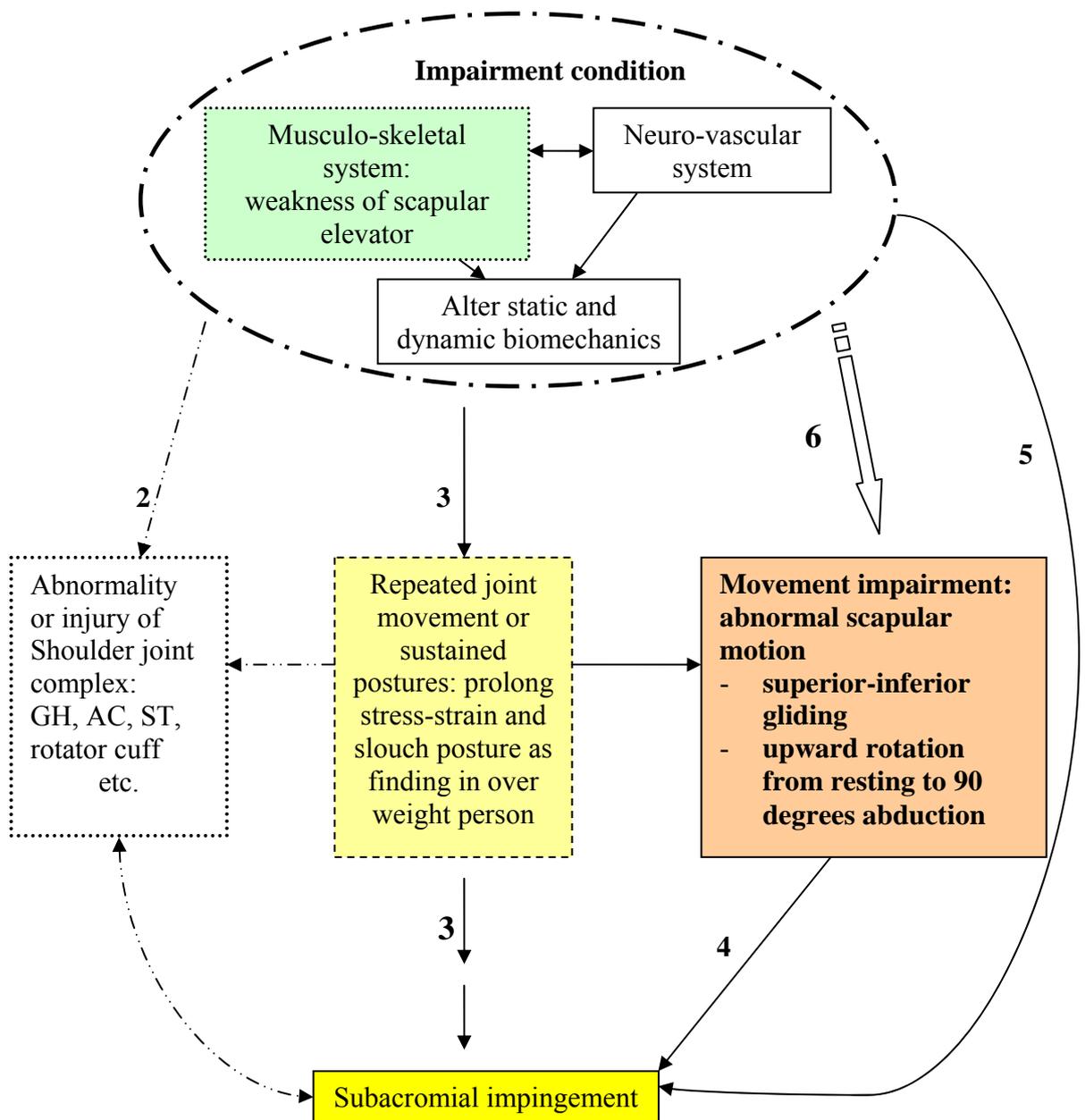


Figure 4.9

Movement impairment in alteration of biomechanics from musculo-skeletal or neuro-vascular impairment condition



Chapter 5

Conclusions and Recommendations

Of the assumption of this study, persons who have exposed with abnormal scapular motions are susceptible to develop subacromial impingement. The results from this study support this hypothesis that three of five abnormal scapular motion factors expressed as significant risk factors. These risk factors were vertical gliding and scapular rotation from resting to 60 degrees and from 60 to 90 degrees. Retraction–protraction factor and scapular rotation from 90 to 120 degrees abduction were not substantially associated risk factors of this study outcome. For retraction–protraction factor, the effect of active and passive controlling force should be considered and should be prospectively clarified.

Roles of stabilizer, regulator and synchronizer of scapula for the glenohumeral joint in this study were presented by patterns of scapular rotation. Progressive upward scapular rotation from resting to 90 degrees abduction had less amplitude than rotation from 90 to 120 degrees abduction. This could be concluded that scapular function is to stabilize during the early range to the mid range of abduction in scaption. In which, from 90 to 120 degrees, it has taken more action to accomplish glenohumeral motion. As normal motor patterns create normal biomechanics of motion with minimal stress to the joint, further exercise to improve scapular control should realize and specific to its natural motion patterns.

Through this study, abnormal scapular motions that have substantial association with subacromial impingement are superior–inferior gliding, upward rotation from resting to 60 degrees and from 60 to 90 degrees abduction. This alteration should be concerned as a primary site to correct or to enhance normal scapular motion in particular for subacromial impingement with a condition of abnormal scapular motion. Accordingly, interventional study may confirm causal association between exposure and outcome. Effectiveness of this intervention should be additionally clarified.

Moreover, scapula could not work appropriately through the range of shoulder motion by impaired muscle activity. This concept is also supported by the present study that strength of elevator enhances normal components of scapula

motion. Occurrences of diminished flexibility of upper trapezius and muscle pain at scapular area are remarkable aspects to be concerned in subacromial impingement. In addition, overweight or BMI factors gives an incredible associations with abnormal scapular motion and subacromial impingement. However, implementation of this result may not suitable when muscle imbalance is concerned. By the outstanding association of diminished flexibility of upper trapezius and muscle pain at scapular area factors in subacromial impingement, further study could be conducted to generalize both factors as an available screening tool at the early stage of cases. For causal association, temporal relationship between these factors to cases should be concerned. Additionally, role of scapular muscles should be inspected in circumstance of both strength and balance during all components of scapular motion.

By this study design, methodology of cases control was suitable for multifactor association. Gender, age group and dominant arm were frequency matched. This had assured that cases and controls are comparable with aspect of these variables. For repetitive motion, this factor could associate with dominant arm. Thus, next study could appropriately handle dominant factor as an unpaired variable. The inclusion and exclusion criteria were available and specific for the scope of study. However, glenohumeral capsular-ligament tension should be additionally evaluated by passive accessory method. Information obtained from this method and physiological range of motion assessment could provide more specificity of glenohumeral capsule-ligament tightness.

In summary, this study gives an advantage to find out an overview of main exposures and associated factors with subacromial impingement; predominantly, the condition that abnormal scapular motion is a prime of causes. As a consequence, controlling and training normal scapular motion in subacromial impingement are essentially recommended for clinical application. Rehabilitation and prevention program should be explicitly advocated all scapular motion components. Intended for improving treatment efficiency in this multifactor causality circumstance, all coexisting factors are suggested to be handling appropriately. Generalization of the knowledge to wider population should be considered. Furthermore, application for inter tester have to clarify additionally.

References

Books

- Hislop, H. J., Montgomery J., Daniels L. and. Worthingham C (1995). Daniel's and Worthingham's Muscle Testing : Techniques of Manual Examination. Philadelphia, Saunders.
- Magee, D. (1992). Principles and Concepts : Functional Assessment. Orthopedic Physical Assessment. M. Biblis (pp. 16-17). Philadelphia, W.B. Saunders.
- Magee, D. (1992). Shoulder : Functional Strength Testing of the Shoulder. Orthopedic Physical Assessment. M. Biblis(pp. 107). Philadelphia, W.B. Saunders.
- Sahrmann, S. (2002). Movement Impairment Syndromes of the Shoulder Girdle. Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes (pp. 194-261). St. Louis, Mo, Mosby.
- Sahrmann, S. (2002). Movement Impairment Syndromes of the Shoulder Girdle. Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes(pp. 194-261), Mosby.
- Stanley, L., D. w. Hosmer Jr, K. Janelle and S. K. Lwanga (1990). Sample Size for Case-Control Studies. Adequacy of Sample Size in Health Studies(pp. 19-20). England, Jhon Wiley & Sons.
- Whiting, W. C. and Zernicke, R. F. (1998). Biomechanical Concepts: Joint Mobility and Stability. Biomechanics of Musculoskeletal Injury (pp. 62-63). Champaign, IL USA., Library of Congress.

Articles

- Aekplakorn, W., Y. Chaiyapong, B. Neal, S. Chariyalertsak, C. Kunanusont, W. Phoolcharoen, *et al.* (2004). "Prevalence and Determinants of Overweight and Obesity in Thai Adults: Results of the Second National Health Examination Survey." *Journal of the Medical Association of Thailand*, 87(6): 685-93.

- Azzoni, R., P. Cabitza and M. Parrini (2004). "Sonographic Evaluation of Subacromial Space." *Ultrasonics* 42(1-9): 683-87.
- Backman, E., V. Johansson, B. Hager, P. Sjoblom and K. G. Henriksson (1995). "Isometric Muscle Strength and Muscular Endurance in Normal Persons Aged between 17 and 70 Years." *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* , 27(2): 109-17.
- Badcock, L. J., M. Lewis, E. M. Hay, R. McCarney and P. R. Croft (2002). "Chronic Shoulder Pain in the Community: A Syndrome of Disability or Distress?" *Annals of The Rheumatic Diseases*, 61(2): 128-31.
- Barnett, N. D., R. D. D. Duncan and G. R. Johnson (1999). "The Measurement of Three Dimensional Scapulohumeral Kinematics - a Study of Reliability." *Clinical Biomechanics*, 14(4): 287-90.
- Bassey, E. J., K. Morgan, H. M. Dallosso and S. B. Ebrahim (1989). "Flexibility of the Shoulder Joint Measured as Range of Abduction in a Large Representative Sample of Men and Women over 65 Years of Age." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(4): 353-60.
- Bingefors, K. and D. Isacson (2004). "Epidemiology, Co-Morbidity, and Impact on Health-Related Quality of Life of Self-Reported Headache and Musculoskeletal Pain - a Gender Perspective." *European Journal of Pain*, 8(5): 435-50.
- Borsa, P. A., M. K. Timmons and E. L. Sauers (2003). "Scapular-Positioning Patterns During Humeral Elevation in Unimpaired Shoulders." *Journal of Athletic Training*, 38(1): 12-17.
- Borstad, J. D. and P. M. Ludewig (2002). "Comparison of Scapular Kinematics between Elevation and Lowering of the Arm in the Scapular Plane." *Clinical Biomechanics*, 17(9-10): 650-59.
- Bruijn, C. D., R. de Bie, J. Geraets, M. Goossens, A. Koke, W. van den Heuvel, *et al.* (2005). "Evaluation of an Education and Activation Programme to Prevent Chronic Shoulder Complaints: Design of an Rct." *BMC Family Practice*, 6(1): 7.

- Calis, M., K. Akgun, M. Birtane, I. Karacan, H. Calis and F. Tuzun (2000). "Diagnostic Values of Clinical Diagnostic Tests in Subacromial Impingement Syndrome." *Annals of The Rheumatic Diseases*, 59(1): 44-7.
- Chambler, A. F., A. A. Pitsillides and R. J. Emery (2003). "Acromial Spur Formation in Patients with Rotator Cuff Tears." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 12(4): 314-21.
- Cloke, D. J., S. E. Lynn, H. Watson, I. N. Steen, S. Purdy and J. R. Williams (2005). "A Comparison of Functional, Patient-Based Scores in Subacromial Impingement." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 14(4): 380-4.
- Cohen, R. B. and G. R. Williams, Jr. (1998). "Impingement Syndrome and Rotator Cuff Disease as Repetitive Motion Disorders." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (351): 95-101.
- Cools, A. M., G. A. Declercq, D. C. Cambier, N. N. Mahieu and E. E. Witvrouw (2007). "Trapezius Activity and Intramuscular Balance During Isokinetic Exercise in Overhead Athletes with Impingement Symptoms." *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(1): 25-33.
- Cools, A. M., E. Geeroms, D. F. Van den Berghe, D. C. Cambier and E. E. Witvrouw (2007). "Isokinetic Scapular Muscle Performance in Young Elite Gymnasts." *Journal of Athletic Training*, 42(4): 458-63.
- Cools, A. M., E. E. Witvrouw, L. A. Danneels and D. C. Cambier (2002). "Does Taping Influence Electromyographic Muscle Activity in the Scapular Rotators in Healthy Shoulders?" *Manual Therapy*, 7(3): 154-62.
- Cools, A. M., E. E. Witvrouw, G. A. Declercq, G. G. Vanderstraeten and D. C. Cambier (2004). "Evaluation of Isokinetic Force Production and Associated Muscle Activity in the Scapular Rotators During a Protraction-Retraction Movement in Overhead Athletes with Impingement Symptoms." *British Journal of Sports Medicine*, 38(1): 64-8.
- Dayanidhi, S., M. Orlin, S. Kozin, S. Duff and A. Karduna (2005). "Scapular Kinematics During Humeral Elevation in Adults and Children." *Clinical Biomechanics*, 20(6): 600-06.
- Debski, R. E., J. A. Weiss, W. J. Newman, S. M. Moore and P. J. McMahon (2005). "Stress and Strain in the Anterior Band of the Inferior Glenohumeral Ligament

- During a Simulated Clinical Examination." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 14(1, Supplement 1): S24-S31.
- Dinnes, J., E. Loveman, L. McIntyre and N. Waugh (2003). "The Effectiveness of Diagnostic Tests for the Assessment of Shoulder Pain Due to Soft Tissue Disorders: A Systematic Review." *Health Technology Assessment*, 7(29): iii, 1-166.
- Dvir, Z. (1997). "Grade 4 in Manual Muscle Testing: The Problem with Submaximal Strength Assessment." *Clinical Rehabilitation*, 11(1): 36-41.
- Ebaugh, D. D., P. W. McClure and A. R. Karduna (2005). "Three-Dimensional Scapulothoracic Motion During Active and Passive Arm Elevation." *Clinical Biomechanics*, 20(7): 700-09.
- Ebaugh, D. D., P. W. McClure and A. R. Karduna (2006). "Scapulothoracic and Glenohumeral Kinematics Following an External Rotation Fatigue Protocol." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(8): 557-71.
- Endo, K., T. Ikata, S. Katoh and Y. Takeda (2001). "Radiographic Assessment of Scapular Rotational Tilt in Chronic Shoulder Impingement Syndrome." *Journal of Orthopaedic Science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 6(1): 3-10.
- Endo, K., K. Yukata and N. Yasui (2004). "Influence of Age on Scapulo-Thoracic Orientation." *Clinical Biomechanics*, 19(10): 1009-13.
- Fabris de Souza, S. A., J. Faintuch, A. C. Valezi, A. F. Sant'Anna, J. J. Gama-Rodrigues, I. C. de Batista Fonseca, *et al.* (2005). "Postural Changes in Morbidly Obese Patients." *Obesity Surgery*, 15(7): 1013-6.
- Fayad, F., G. Hoffmann, S. Hanneton, C. Yazbeck, M. M. Lefevre-colau, S. Poiraudau, *et al.* (2006). "3-D Scapular Kinematics During Arm Elevation: Effect of Motion Velocity." *Clinical Biomechanics*, 21(9): 932-41.
- Finley, M. A. and R. Y. Lee (2003). "Effect of Sitting Posture on 3-Dimensional Scapular Kinematics Measured by Skin-Mounted Electromagnetic Tracking Sensors." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(4): 563-8.
- Flatow, E. L., L. J. Soslowsky, J. B. Ticker, R. J. Pawluk, M. Hepler, J. Ark, *et al.* (1994). "Excursion of the Rotator Cuff under the Acromion. Patterns of

- Subacromial Contact." *The American Journal of Sports Medicine*, 22(6): 779-88.
- Frost, P. and J. H. Andersen (1999). "Shoulder Impingement Syndrome in Relation to Shoulder Intensive Work." *Occupational and Environmental Medicine*, 56(7): 494-8.
- Fu, F. H., C. D. Harner and A. H. Klein (1991). "Shoulder Impingement Syndrome. A Critical Review." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (269): 162-73.
- Garner, B. A. and J. Shim (2008). "Isometric Shoulder Girdle Strength of Healthy Young Adults." *Clinical Biomechanics*, 23(1): 30-37.
- Gerber, C., R. V. Galantay and O. Hersche (1998). "The Pattern of Pain Produced by Irritation of the Acromioclavicular Joint and the Subacromial Space." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 7(4): 352-55.
- Gilleard, W. and T. Smith (2007). "Effect of Obesity on Posture and Hip Joint Moments During a Standing Task, and Trunk Forward Flexion Motion." *International Journal of Obesity* (2005), 31(2): 267-71.
- Graichen, H., H. Bonel, T. Stammberger, K. H. Englmeier, M. Reiser and F. Eckstein (2001). "Sex-Specific Differences of Subacromial Space Width During Abduction, with and without Muscular Activity, and Correlation with Anthropometric Variables." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 10(2): 129-35.
- Graichen, H., H. Bonel, T. Stammberger, K. H. Englmeier, M. Reiser and F. Eckstein (1999). "Subacromial Space Width Changes During Abduction and Rotation--a 3-D Mr Imaging Study." *Surgical and Radiologic Anatomy* 21(1): 59-64.
- Graichen, H., H. Bonel, T. Stammberger, M. Haubner, H. Rohrer, K. H. Englmeier, *et al.* (1999). "Three-Dimensional Analysis of the Width of the Subacromial Space in Healthy Subjects and Patients with Impingement Syndrome." *AJR. American Journal of Roentgenology*, 172(4): 1081-6.
- Haahr, J. P., S. Ostergaard, J. Dalsgaard, K. Norup, P. Frost, S. Lausen, *et al.* (2005). "Exercises Versus Arthroscopic Decompression in Patients with Subacromial Impingement: A Randomised, Controlled Study in 90 Cases with a One Year Follow Up." *Annals of The Rheumatic Diseases*, 64(5): 760-4.

- Hallaceli, H., M. Manisali and I. Gunal (2004). "Does Scapular Elevation Accompany Glenohumeral Abduction in Healthy Subjects?" *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 124(6): 378-81.
- Harryman, D. T., 2nd, J. A. Sidles, J. M. Clark, K. J. McQuade, T. D. Gibb and F. A. Matsen, 3rd (1990). "Translation of the Humeral Head on the Glenoid with Passive Glenohumeral Motion." *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 72(9): 1334-43.
- Hebert, L. J., H. Moffet, B. J. McFadyen and C. E. Dionne (2002). "Scapular Behavior in Shoulder Impingement Syndrome." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(1): 60-9.
- Hughes, R. E., M. E. Johnson, S. W. O'Driscoll and K. N. An (1999). "Age-Related Changes in Normal Isometric Shoulder Strength " *The American Journal of Sports Medicine*, 27(5): 651-7.
- Hughes, R. E., M. E. Johnson, S. W. O'Driscoll and K. N. An (1999). "Age-Related Changes in Normal Isometric Shoulder Strength " *The American Journal of Sports Medicine*, 27(5): 651-7.
- Hughes, R. E., M. E. Johnson, S. W. O'Driscoll and K. N. An (1999). "Normative Values of Agonist-Antagonist Shoulder Strength Ratios of Adults Aged 20 to 78 Years." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(10): 1324-6.
- Hurley, B. F. (1995). "Age, Gender, and Muscular Strength." *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 50 Spec No: 41-4.
- Illyes, A. and R. M. Kiss (2006). "Shoulder Joint Kinematics During Elevation Measured by Ultrasound-Based Measuring System." *Journal of Electromyography and Kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 17(3): 355-64.
- Itoi, E., S. R. Newman, D. K. Kuechle, B. F. Morrey and K. N. An (1994). "Dynamic Anterior Stabilisers of the Shoulder with the Arm in Abduction." *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 76(5): 834-6.
- Kaergaard, A., J. H. Andersen, K. Rasmussen and S. Mikkelsen (2000). "Identification of Neck-Shoulder Disorders in a 1 Year Follow-up Study. Validation of a Questionnaire-Based Method." *Pain*, 86(3): 305-10.

- Kamkar, A., J. J. Irrgang and S. L. Whitney (1993). "Nonoperative Management of Secondary Shoulder Impingement Syndrome." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 17(5): 212-24.
- Karduna, A. R., P. W. McClure and L. A. Michener (2000). "Scapular Kinematics: Effects of Altering the Euler Angle Sequence of Rotations." *Journal of Biomechanics*, 33(9): 1063-8.
- Kebaetse, M., P. McClure and N. A. Pratt (1999). "Thoracic Position Effect on Shoulder Range of Motion, Strength, and Three-Dimensional Scapular Kinematics." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(8): 945-50.
- Kibler, W. B. (1998). "The Role of the Scapula in Athletic Shoulder Function." *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2): 325-37.
- Kibler, W. B. (1998). "Shoulder Rehabilitation: Principles and Practice." *Medicine and Science in Sports Exercise*, 30(4 Suppl): S40-50.
- Kibler, W. B. (2006). "Scapular Involvement in Impingement: Signs and Symptoms." *Instrutlional Course Lectures*, 55: 35-43.
- Kibler, W. B. and J. McMullen (2003). "Scapular Dyskinesis and Its Relation to Shoulder Pain." *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 11(2): 142-51.
- Kibler, W. B., A. Sciascia and D. Dome (2006). "Evaluation of Apparent and Absolute Supraspinatus Strength in Patients with Shoulder Injury Using the Scapular Retraction Test." *The American Journal of Sports Medicine*, 34(10): 1643-47.
- Kibler, W. B., T. L. Uhl, J. W. Maddux, P. V. Brooks, B. Zeller and J. McMullen (2002). "Qualitative Clinical Evaluation of Scapular Dysfunction: A Reliability Study." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 11(6): 550-6.
- Kumagai, J., K. Sarkar and H. K. Uthoff (1994). "The Collagen Types in the Attachment Zone of Rotator Cuff Tendons in the Elderly: An Immunohistochemical Study." *The Journal of Rheumatology*, 21(11): 2096-100.
- L'Insalata, J. C., R. F. Warren, S. B. Cohen, D. W. Altchek and M. G. Peterson (1997). "A Self-Administered Questionnaire for Assessment of Symptoms and

- Function of the Shoulder." *The Journal of Bone and Joint Surgery*. American Volume, 79(5): 738-48.
- Laudner, K. G., J. B. Myers, M. R. Pasquale, J. P. Bradley and S. M. Lephart (2006). "Scapular Dysfunction in Throwers with Pathologic Internal Impingement." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 36(7): 485-94.
- Laudner, K. G., J. M. Stanek and K. Meister (2006). "Assessing Posterior Shoulder Contracture: The Reliability and Validity of Measuring Glenohumeral Joint Horizontal Adduction." *Journal of Athletic Training*, 41(4): 375-80.
- Leclerc, A., J. F. Chastang, I. Niedhammer, M. F. Landre and Y. Roquelaure (2004). "Incidence of Shoulder Pain in Repetitive Work." *Occupational and Environmental Medicine*, 61(1): 39-44.
- Lewis, J. S., A. S. Green and S. Dekel (2001). "The Aetiology of Subacromial Impingement Syndrome." *Physiotherapy*, 87(9): 458-69.
- Lin, J. (2005). "Functional Activities Characteristics of Shoulder Complex Movements: Exploration with a 3-D Electromagnetic Measurement System." *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 42: 199–210.
- Ludewig, P. M. and T. M. Cook (2000). "Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People with Symptoms of Shoulder Impingement." *Physical Therapy*, 80(3): 276-91.
- Ludewig, P. M., T. M. Cook and D. A. Nawoczenski (1996). "Three-Dimensional Scapular Orientation and Muscle Activity at Selected Positions of Humeral Elevation." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24(2): 57-65.
- Lukasiewicz, A. C., P. McClure, L. Michener, N. Pratt and B. Sennett (1999). "Comparison of 3-Dimensional Scapular Position and Orientation between Subjects with and without Shoulder Impingement." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 29(10): 574-83; discussion 84-6.
- MacDonald, P. B., P. Clark and K. Sutherland (2000). "An Analysis of the Diagnostic Accuracy of the Hawkins and Neer Subacromial Impingement Signs." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 9(4): 299-301.
- Madeleine, P., B. Lundager, M. Voigt and L. Arendt-Nielsen (1999). "Shoulder Muscle Co-Ordination During Chronic and Acute Experimental Neck-

- Shoulder Pain. An Occupational Pain Study." *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 79(2): 127-40.
- McClure, P. and L. Michener (2003). "Measures of Adult Shoulder Function the American Shoulder and Elbow Surgeons Standardized Shoulder Form Patient Self-Report Section (Ases), Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand(Dash), Shoulder Disability Questionnaire, Shoulder Pain and Disability Index(Spadi), and Simple Shoulder Test." *Arthritis & Rheumatism (Arthritis Care & Research)*, 49(5 S, October 15): S50-8.
- McClure, P. W., J. Bialker, N. Neff, G. Williams and A. Karduna (2004). "Shoulder Function and 3-Dimensional Kinematics in People with Shoulder Impingement Syndrome before and after a 6-Week Exercise Program." *Physical Therapy*, 84(9): 832-48.
- McClure, P. W., L. A. Michener and A. R. Karduna (2006). "Shoulder Function and 3-Dimensional Scapular Kinematics in People with and without Shoulder Impingement Syndrome." *Physical Therapy*, 86(8): 1075-90.
- McQuade, K., S. H. Wei and G. Smidt (1995). "Effects of Local Muscle Fatigue on Three-Dimensional Scapulohumeral Rhythm." *Clinical Biomechanics*, 10(3): 144-48.
- McQuade, K. J., J. Dawson and G. L. Smidt (1998). "Scapulothoracic Muscle Fatigue Associated with Alterations in Scapulohumeral Rhythm Kinematics During Maximum Resistive Shoulder Elevation." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 28(2): 74-80.
- Mell, A. G., S. LaScalza, P. Guffey, J. Ray, M. Maciejewski, J. E. Carpenter, *et al.* (2005). "Effect of Rotator Cuff Pathology on Shoulder Rhythm." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 14(1, Supplement 1): S58-S64.
- Meskers, C. G., F. C. van der Helm, L. A. Rozendaal and P. M. Rozing (1998). "In Vivo Estimation of the Glenohumeral Joint Rotation Center from Scapular Bony Landmarks by Linear Regression." *Journal of Biomechanics*, 31(1): 93-6.
- Michener, L. A., N. D. Boardman, P. E. Pidcoe and A. M. Frith (2005). "Scapular Muscle Tests in Subjects with Shoulder Pain and Functional Loss: Reliability and Construct Validity." *Physical Therapy*, 85(11): 1128-38.

- Michener, L. A., P. W. McClure and A. R. Karduna (2003). "Anatomical and Biomechanical Mechanisms of Subacromial Impingement Syndrome." *Clinical Biomechanics*, 18(5): 369-79.
- Mottram, S. L., R. C. Woledge and D. Morrissey (2009). "Motion Analysis Study of a Scapular Orientation Exercise and Subjects' Ability to Learn the Exercise." *Manual Therapy*, 14(1): 13-8.
- Murray, M. P., D. R. Gore, G. M. Gardner and L. A. Mollinger (1985). "Shoulder Motion and Muscle Strength of Normal Men and Women in Two Age Groups." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (192): 268-73.
- Myers, J. B., K. G. Laudner, M. R. Pasquale, J. P. Bradley and S. M. Lephart (2005). "Scapular Position and Orientation in Throwing Athletes." *The American Journal of Sports Medicine*, 33(2): 263-71.
- Neer, C. S., 2nd (1972). "Anterior Acromioplasty for the Chronic Impingement Syndrome in the Shoulder: A Preliminary Report." *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 54(1): 41-50.
- Nove-Josserand, L., G. Walch, P. Adeleine and P. Courpron (2005). "[Effect of Age on the Natural History of the Shoulder: A Clinical and Radiological Study in the Elderly]." *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur*, 91(6): 508-14.
- Novotny, J. E., B. D. Beynnon and C. E. Nichols (2000). "Modeling the Stability of the Human Glenohumeral Joint During External Rotation." *Journal of Biomechanics* 33(3): 345-54.
- O'Holleran, J. D., M. S. Kocher, M. P. Horan, K. K. Briggs and R. J. Hawkins (2005). "Determinants of Patient Satisfaction with Outcome after Rotator Cuff Surgery." *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 87(1): 121-6.
- Ostor, A. J., C. A. Richards, A. T. Prevost, C. A. Speed and B. L. Hazleman (2005). "Diagnosis and Relation to General Health of Shoulder Disorders Presenting to Primary Care." *Rheumatology (Oxford)*, 44(6): 800-5.
- Paine, R. M. and M. Voight (1993). "The Role of the Scapula." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 18(1): 386-91.

- Pappas, G. P., S. S. Blemker, C. F. Beaulieu, T. R. McAdams, S. T. Whalen and G. E. Gold (2006). "In Vivo Anatomy of the Neer and Hawkins Sign Positions for Shoulder Impingement." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 15(1): 40-9.
- Park, H. B., A. Yokota, H. S. Gill, G. El Rassi and E. G. McFarland (2005). "Diagnostic Accuracy of Clinical Tests for the Different Degrees of Subacromial Impingement Syndrome." *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 87(7): 1446-55.
- Picavet, H. S. J. and J. S. A. G. Schouten (2003). "Musculoskeletal Pain in the Netherlands: Prevalences, Consequences and Risk Groups, the Dmc3-Study." *Pain*, 102(1-2): 167-78.
- Pope, D. P. (1997). "Prevalence of Shoulder Pain in the Community: The Influence of Case Definition." *Annals of the Rheumatic Diseases*
- Prato, N., D. Peloso, A. Franconeri, G. Tegaldo, G. B. Ravera, E. Silvestri, *et al.* (1998). "The Anterior Tilt of the Acromion: Radiographic Evaluation and Correlation with Shoulder Diseases." *European Radiology*, 8(9): 1639-46.
- Shklar, A. and Z. Dvir (1995). "Isokinetic Strength Relationships in Shoulder Muscles." *Clinical Biomechanics*, 10(7): 369-73.
- Smith, J., D. L. Dahm, K. R. Kaufman, A. J. Boon, E. R. Laskowski, B. R. Kotajarvi, *et al.* (2006). "Electromyographic Activity in the Immobilized Shoulder Girdle Musculature During Scapulothoracic Exercises." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87(7): 923-27.
- Smith, J., B. R. Kotajarvi, D. J. Padgett and J. J. Eischen (2002). "Effect of Scapular Protraction and Retraction on Isometric Shoulder Elevation Strength." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(3): 367-70.
- Solem-Bertoft, E., K. A. Thuomas and C. E. Westerberg (1993). "The Influence of Scapular Retraction and Protraction on the Width of the Subacromial Space. An Mri Study." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (296): 99-103.
- Su, K. P., M. P. Johnson, E. J. Gracely and A. R. Karduna (2004). "Scapular Rotation in Swimmers with and without Impingement Syndrome: Practice Effects." *Medicine and Science in Sports Exercise*, 36(7): 1117-23.

- Talkhani, I. S. and C. P. Kelly (2001). "Movement Analysis of Asymptomatic Normal Shoulders: A Preliminary Study." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 10(6): 580-84.
- Tate, A. R., P. W. McClure, S. Kareha and D. Irwin (2008). "Effect of the Scapula Reposition Test on Shoulder Impingement Symptoms and Elevation Strength in Overhead Athletes." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38(1): 4-11.
- Thelen, M. D., J. A. Dauber and P. D. Stoneman (2008). "The Clinical Efficacy of Kinesio Tape for Shoulder Pain: A Randomized, Double-Blinded, Clinical Trial." *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 38(7): 389-95.
- Tsai, N. T., P. W. McClure and A. R. Karduna (2003). "Effects of Muscle Fatigue on 3-Dimensional Scapular Kinematics." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(7): 1000-5.
- Tyler, T. F., S. J. Nicholas, T. Roy and G. W. Gleim (2000). "Quantification of Posterior Capsule Tightness and Motion Loss in Patients with Shoulder Impingement." *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5): 668-73.
- Valadie, A. L., 3rd, C. M. Jobe, M. M. Pink, E. F. Ekman and F. W. Jobe (2000). "Anatomy of Provocative Tests for Impingement Syndrome of the Shoulder." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 9(1): 36-46.
- van der Hoeven, H. and W. B. Kibler (2006). "Shoulder Injuries in Tennis Players." *British Journal of Sports Medicine*, 40(5): 435-40; discussion 40.
- van der Windt, D. A., E. Thomas, D. P. Pope, A. F. de Winter, G. J. Macfarlane, L. M. Bouter, *et al.* (2000). "Occupational Risk Factors for Shoulder Pain: A Systematic Review." *Occupational and Environmental Medicine*, 57(7): 433-42.
- Voight, M. L. and B. C. Thomson (2000). "The Role of the Scapula in the Rehabilitation of Shoulder Injuries." *Journal of Athletic Training*, 35(3): 364-72.
- Wadsworth, D. J. and J. E. Bullock-Saxton (1997). "Recruitment Patterns of the Scapular Rotator Muscles in Freestyle Swimmers with Subacromial Impingement." *International Journal of Sports Medicine*, 18(8): 618-24.

- Walker-Bone, K., K. T. Palmer, I. Reading, D. Coggon and C. Cooper (2004). "Prevalence and Impact of Musculoskeletal Disorders of the Upper Limb in the General Population." *Arthritis and Rheumatism*, 51(4): 642-51.
- Walker-Bone, K., I. Reading, D. Coggon, C. Cooper and K. T. Palmer (2004). "The Anatomical Pattern and Determinants of Pain in the Neck and Upper Limbs: An Epidemiologic Study." *Pain*, 109(1-2): 45-51.
- Walker-Bone, K. E., K. T. Palmer, I. Reading and C. Cooper (2003). "Soft-Tissue Rheumatic Disorders of the Neck and Upper Limb: Prevalence and Risk Factors." *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 33(3): 185-203.
- Walther, M., A. Werner, T. Stahlschmidt, R. Woelfel and F. Gohlke (2004). "The Subacromial Impingement Syndrome of the Shoulder Treated by Conventional Physiotherapy, Self-Training, and a Shoulder Brace: Results of a Prospective, Randomized Study." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 13(4): 417-23.
- Wang, C.-H., P. McClure, N. E. Pratt and R. Nobile (1999). "Stretching and Strengthening Exercises: Their Effect on Three-Dimensional Scapular Kinematics." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80(8): 923-29.
- Warner, J. J. and R. A. Navarro (1998). "Serratus Anterior Dysfunction. Recognition and Treatment." *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (349): 139-48.
- Watson, L., S. M. Balster, C. Finch and R. Dalziel (2005). "Measurement of Scapula Upward Rotation: A Reliable Clinical Procedure." *British Journal of Sports Medicine*, 39(9): 599-603.
- Weir, J. P. (2005). "Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the Sem." *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 19(1): 231-40.
- Werner, C. M. L., R. W. Nyffeler, H. A. C. Jacob and C. Gerber (2004). "The Effect of Capsular Tightening on Humeral Head Translations." *Journal of Orthopaedic Research*, 22(1): 194-201.
- Yamaguchi, K., A. M. Tetro, O. Blam, B. A. Evanoff, S. A. Teefey and W. D. Middleton (2001). "Natural History of Asymptomatic Rotator Cuff Tears: A Longitudinal Analysis of Asymptomatic Tears Detected Sonographically." *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 10(3): 199-203.

Other Materials

CDC. (2007). "About BMI for Adult." Retrieved 2 08, 2007, from

http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html.

Chang, A. Intraclass correlation program, the Dept. of Obstetrics and Gynaecology, Chinese University of Hong Kong..

Hopkins, W. G. Reliability: X-rely program.

www.sportsci.org/resource/stats/xrely.xls

Trapezius muscle stretching "Trapezius muscle stretching." Retrieved 7/3, 2007, from

http://www.med.umich.edu/1libr/sma/sma_stretch_art.htm.

http://www.mypressureproducts.com/trapezius_trigger_points.htm

http://www.med.umich.edu/1libr/sma/sma_stretch_art.htm.

http://www.mypressureproducts.com/trapezius_trigger_points.htm and

Sevinsky, S. (2007). "Scapular Dyskinesis." Retrieved 02 07, 2007, from

http://scottsevinsky.tripod.com/pt/presentations/in-service_scapular_dyskinesis.pdf.

WHO (2008). Obesity and Overweight, World Health Organization.

<http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/facts/obesity/en/print.html>

Appendix A

Ethical Approval Documents



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 1

รหัสโครงการ MTU-P-032/50

ชื่อโครงการวิจัย ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบ้ากับภาวะ Subacromial Impingement ในประชากรวัยทำงาน

ชื่อผู้วิจัยหลัก นางนิตยา โปรดสถาพร

หน่วยงานที่รับผิดชอบ นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ กลุ่มวิชาการบาดวิทยาประยุกต์
คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
โทรศัพท์ 083-7180039

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 1 ได้พิจารณาอนุมัติด้านจริยธรรม การทำวิจัยในคนให้ดำเนินการวิจัยตามโครงการวิจัยข้างต้นได้ ตามมติที่ประชุมครั้งที่ 8/2550 เมื่อวันที่ 14 กันยายน 2550

ลงชื่อ
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ จักรชัย จิงศิริพานิช)
ประธานอนุกรรมการ

ลงชื่อ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ สุชน พรธิสาร)
อนุกรรมการและเลขานุการ

อนุมัติ ณ วันที่14 กันยายน 2550.....

เอกสารเลขที่ ๑๑ /2550



เอกสารรับรองโครงการวิจัย
โดย คณะกรรมการวิจัย โรงพยาบาลชลบุรี

.....

โครงการวิจัย : ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักกับภาวะ
Subacromial Impingement ในประชากรวัยทำงาน
The Relationship between Scapular Motion and Subacromial Impingement
in Working Population

ผู้ดำเนินการวิจัยหลัก : นางนิตยา โปรคสถาพร

หน่วยงานที่รับผิดชอบ : โครงการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การแพทย์ กลุ่มวิชาระบาด
วิทยาประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะกรรมการวิจัยโรงพยาบาลชลบุรี ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของ
โครงการวิจัยที่เสนอได้ ตั้งแต่วันที่ออกหนังสือรับรองฉบับนี้ จนถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2551

ออกหนังสือ ณ วันที่ 26 กันยายน 2550

ลงนาม

(แพทย์หญิงสุคนธ์พรณ กิตติคุณ)
ประธานคณะกรรมการวิจัย

ลงนาม

(นายแพทย์ชาติรี ตันดิยวงศ์)
ผู้อำนวยการ โรงพยาบาลชลบุรี

Appendix B

Consent Form (Thai)

Recording Forms and Manual (Thai)

- แบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย และ คู่มือการบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย

และ

คู่มือการบันทึกข้อมูล

สารบัญ

ลำดับ	หัวข้อ	หน้า
1.	แบบแสดงความยินยอมของอาสาสมัคร	ผ 4 - 8
	แบบคำชี้แจงอาสาสมัคร	ผ 5
	ใบยินยอมของอาสาสมัคร	ผ 6
	คำอธิบาย	ผ 8
2.	แบบบันทึกการประเมินทางกายภาพ	ผ 9 - 8
	การประเมินคัดกรองผู้ที่มี subacromial impingement.....	ผ 9
	การประเมินภาวะอื่น ๆ	ผ 10
	คำอธิบาย.....	ผ 11
3.	แบบเก็บข้อมูล	ผ 15 - 20
	ข้อมูลทั่วไป.....	ผ 16
	แบบประเมินภาวะปวดข้อไหล่	ผ 17
	คำอธิบาย.....	ผ 20
4.	แบบบันทึกข้อมูลของกระดูกสะบัก.....	ผ 21 -31
	แบบบันทึกการเคลื่อนไหวและการหมุนของกระดูกสะบัก	ผ 22
	แบบบันทึกกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก	ผ 23
	แบบบันทึกความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ uppertrapezius	ผ 23
	คำอธิบาย.....	ผ 24
	บรรณานุกรม	ผ 33 - 34

1. **แบบแสดงความยินยอมของอาสาสมัคร**

แบบคำชี้แจงอาสาสมัคร

- ชื่อโครงการ ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักกับภาวะ Sunacromial Impingement ในประชากรวัยทำงาน
- ชื่อผู้รับผิดชอบโครงการ.....นางนิตยา ไปรดสถาพร.....
สถานที่ติดต่อ.....(สถานที่ที่ทำการวิจัย).....
หมายเลขโทรศัพท์...0837180039.....
- วิธีการและแผนงานวิจัยโดยย่อ
เป็นการวิจัยโดยตอบแบบสอบถามอาการปวดไหล่ วัดกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก วัดการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบัก และความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ upper trapezius โดยใช้อุปกรณ์วัดค่าต่าง ๆ ที่มีมาตรฐานจากภายนอกร่างกาย
- ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและการป้องกันแก้ไข
 - ขั้นตอนการวิจัยมีความปลอดภัย เนื่องจากเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจร่างกายทางกายภาพของนักกายภาพบำบัด และดำเนินการโดยนักกายภาพบำบัดหรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการอบรม
 - ระหว่างการประเมินหากพบว่าอาสาสมัครมีอาการปวดไหล่ที่ชัดเจน อาสาสมัครจะได้รับคำแนะนำการดูแลตนเองเบื้องต้น และพิจารณาปรึกษาแพทย์ตามความเหมาะสม
- การดูแลรักษา และการแก้ปัญหากรณีเกิดผลแทรกซ้อน
กรณีที่มีอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อระหว่างการวิจัย อาสาสมัครสามารถหยุดพักเพื่อผ่อนคลายกล้ามเนื้อและลดอาการเมื่อยล้าได้ตามต้องการ
- สิทธิประโยชน์ที่พึงได้จากการวิจัยของผู้ถูกทดลอง ของหน่วยงาน และของชาติ
อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับความรู้เกี่ยวกับการประเมินอาการปวดไหล่ด้วยตนเอง และสามารถเข้ารับการแนะนำถึงการปฏิบัติตนเพื่อดูแลสุขภาพบริเวณข้อไหล่ได้เมื่อเกิดอาการขึ้น ซึ่งจะสามารถลดความรุนแรงหรือความเรื้อรังของอาการที่อาจมีได้

ลงชื่อ

(นางนิตยา ไปรดสถาพร)

หัวหน้าโครงการ

ใบยินยอมของอาสาสมัคร

โครงการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักกับ
ภาวะ Sunacromial Impingement ในประชากรวัยทำงาน

วันที่ให้คำยินยอม

วันที่เดือนพ.ศ.....

ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึง วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะ เกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว ซึ่งผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่างๆ ที่ ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบัง ซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ และเข้าร่วมโครงการนี้โดย สม่ัครใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ ถ้าข้าพเจ้าปรารถนา โดยไม่เสียสิทธิในการรักษาพยาบาลที่จะเกิดขึ้นตามมาในโอกาสต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูล เฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับและจะเปิดเผยได้ เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย(หรือข้าพเจ้าอนุญาตให้ผู้วิจัยเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้า ต่อหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ตามที่ผู้วิจัยเห็นสมควร)

การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกระทำได้เฉพาะ กรณีจำเป็นด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ในการวิจัยครั้งนี้ จะมีการตอบแบบสอบถามและประเมินภาวะปวดข้อไหล่ มีการวัด กำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก การเคลื่อนไหวของกระดูกสะบัก และความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ upper trapezius อย่างละ...2.....ครั้ง

ผู้วิจัยได้อธิบายให้ข้าพเจ้าทราบและเข้าใจแล้วว่า ขั้นตอนการวัดกำลังและความ ยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ การเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักจะไม่เกิดอันตรายใดๆ แก่ข้าพเจ้าเลย นอกจากอาจมีอาการเมื่อยล้ากล้ามเนื้อซึ่งหายได้เองภายใน 1 วัน

ข้าพเจ้าสามารถติดต่อได้ที่.....

โดยบุคคลที่รับผิดชอบเรื่องนี้เป็นคือ.....นางนิตยา โปรดสถาพร

ข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้กำกับดูแลการวิจัย ผู้ตรวจสอบ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย
ในมนุษย์ และคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมยา สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูล
ทางการแพทย์ของข้าพเจ้า เพื่อเป็นการยืนยันถึงขั้นตอนโครงการวิจัยทางคลินิก โดยไม่ล่วงละเมิด
เอกสิทธิ์ ในการปิดบังข้อมูลของการสมัครตามกรอบที่กฎหมายและกฎระเบียบได้อนุญาตไว้

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนาม
ในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหนังสือได้ แต่ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในใบยินยอมนี้ให้แก่
ข้าพเจ้าฟังจนเข้าใจดีแล้ว และข้าพเจ้าจึงลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม.....ผู้ยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

ลงนาม.....พยาน

(.....)

คำอธิบาย

แบบแสดงความยินยอมของอาสาสมัคร

แบบแสดงความยินยอมของอาสาสมัคร

เอกสารส่วนนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. แบบคำชี้แจงอาสาสมัคร
2. ใบยินยอมของอาสาสมัคร

ขั้นตอนการขอความยินยอมจากอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมการวิจัย

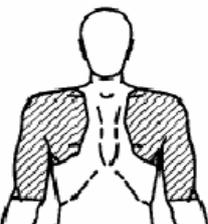
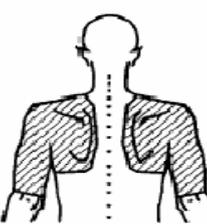
1. ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยแนะนำตัวต่ออาสาสมัคร
2. นำเอกสารแบบแสดงความยินยอมของอาสาสมัครให้แก่อาสาสมัครพร้อมทั้งชี้แจงการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล ผลที่อาสาสมัครจะได้รับตามรายละเอียดที่ระบุในเอกสาร
3. ขอความยินยอมจากอาสาสมัครโดยให้อาสาสมัครลงนามในเอกสารใบยินยอมของอาสาสมัครทั้งหมดรวม 2 ชุด
4. มอบเอกสารแบบแสดงความยินยอม 1 ชุดแก่อาสาสมัคร ส่วนอีก 1 ชุดเก็บไว้ที่ผู้วิจัย
5. ผู้วิจัยและผู้ช่วยดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัย

2. แบบบันทึกการประเมินทางกายภาพ

แบบบันทึกการประเมินทางกายภาพ

ชื่อ _____ นามสกุล _____
 การวินิจฉัยโรค _____ วัน / เดือน / ปี ที่วินิจฉัย _____
 สถานที่รักษา _____ HN. _____
 การรักษา _____

โปรดบันทึกผลโดยทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง ให้ครบถ้วน

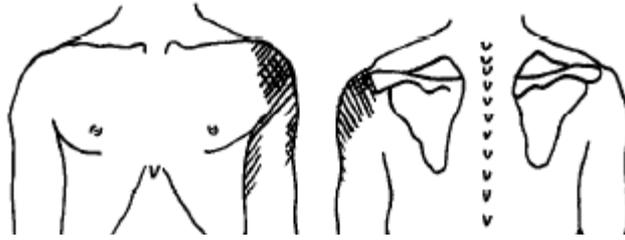
1. การประเมินคัดกรอง ผู้ที่มี subacromial impingement	2. การสอบถามอาการปวดที่ด้านหน้าหรือด้านข้างของข้อไหล่ เมื่อเคลื่อนไหวข้อไหล่ในกิจวัตรที่เทียบเคียงกัน
1.1) Hawkins test [1] มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ไม่มีอาการปวด <input type="checkbox"/> 	2.1) ไชว้แขนไปจับได้รักรักรัดด้านตรงข้าม มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ไม่มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ว/ด/ป ที่มีอาการเริ่มมีอาการ _____
1.2) Neer test [1] มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ไม่มีอาการปวด <input type="checkbox"/> 	2.2) เอื้อมมือหยิบของจากที่สูงกว่าระดับไหล่ มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ไม่มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ว/ด/ป ที่มีอาการเริ่มมีอาการ _____
1.3) Painful arc [2] มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ที่ช่วงการเคลื่อนไหว _____ องศา ไม่มีอาการปวด <input type="checkbox"/>	2.3) ยกแขนทำงานระดับเหนือศีรษะหรือใส่เสื้อสวมทางศีรษะ มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ไม่มีอาการปวด <input type="checkbox"/> ว/ด/ป ที่มีอาการเริ่มมีอาการ _____
<p style="text-align: center;">ระบายนตำแหน่งที่มีอาการ</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ด้านหน้า</p>  <p>ขว 1 ซ้าย</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ด้านหลัง</p>  <p>ซ้าย ขว 1</p> </div> </div>	

คำอธิบาย

แบบบันทึกการประเมินทางกายภาพ

อาสาสมัครที่ทุกรายเข้ารับการตรวจประเมินทางกายภาพเพื่อคัดกรองภาวะ subacromial impingement โดยผู้วิจัยหรือนักกายภาพบำบัดที่ผ่านการอบรมเป็นผู้ดำเนินการในขั้นตอนนี้ โดยแบบบันทึกนี้ประกอบด้วย 3 ส่วน

1. การประเมินคัดกรองผู้ที่มี subacromial impingement
 - ต้องมีการประเมินครบทั้ง 3 ส่วน คือ ทำ Hawkins test ทำ Neer test และทำ Painful arc
 - กรณีที่เป็นอาสาสมัครที่มี subacromial impingement ให้บันทึกข้อมูลต่อไปนี้อจากเพิ่มข้อมูลการรักษา การวินิจฉัยโรค_วัน / เดือน / ปี ที่วินิจฉัย สถานที่รักษา การรักษาที่ได้รับและผลการรักษา
2. การสอบถามอาการปวดที่ด้านหน้าหรือด้านข้างของข้อไหล่เมื่อเคลื่อนไหวข้อไหล่ในกิจวัตรที่เทียบเคียงกัน และวัน เดือน ปีที่เริ่มมีอาการ (ถ้าอาสาสมัครมีปัญหาเรื่องเวลาให้ถามเทียบเคียงกับเทศกาล งานประเพณีประจำปี เช่น ปีใหม่ สงกรานต์ วันแรงงาน เข้า-ออกพรรษา เป็นต้น) ข้อมูลเหล่านี้เพื่อยืนยันว่าอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มมีอาการที่ข้อไหล่หรือไม่มาก่อนมีการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักผิดปกติหรือไม่ การสอบถามใช้ทำในกิจวัตรประจำวันสำหรับประเมินอาการปวดที่ข้อไหล่ที่ดัดแปลงจาก Rating Scale of the American Shoulder and Elbow Surgeons 3 ทำ [3] ดังต่อไปนี้
 - 2.1) ไช้วางแขนไปจับได้รั้งแล้วด้านตรงข้าม
 - 2.2) เอื้อมมือหยิบของจากที่สูงกว่าระดับไหล่
 - 2.3) ยกแขนทำงานระดับเหนือศีรษะหรือใส่เสื้อสวมทางศีรษะถ้ามีอาการปวดให้ระบุตำแหน่งที่มีอาการปวด โดยตำแหน่งที่ปวดต้องสอดคล้องกับตำแหน่งอาการปวดของ subacromial impingement ตามรูปต่อไปนี้ [4] จึงจะถือว่ามีความผิดปกติที่ข้อต่อ glenohumeral



แสดงตำแหน่งที่มีอาการปวดจาก subacromial impingement

3. การประเมินภาวะอื่น ๆ

ต้องทำการประเมินครบทุกข้อ และถ้ามีข้อหนึ่งข้อใดต่อไปนี่ถือว่าไม่มีคุณสมบัติที่เข้าข่ายเป็นอาสาสมัคร (ให้คัดออก)

- การประเมินInternal impingement
- เป็นผู้ที่มีอาการปวดข้อไหล่ร่วมกับมีการหมุนข้อไหล่เข้าได้จำกัด มีช่วงการหมุนข้อไหล่ออกได้หรือมีความยืดหยุ่นของข้อต่อในร่างกายมากกว่าปกติ (ทดสอบด้วย Carter and Wilkinson test)
- ประวัติการบาดเจ็บ กระดูกหัก ข้อเคลื่อนหรือเลื่อนหลุดที่ข้อต่อ glenohumeral
- ประวัติการบาดเจ็บ กระดูกหัก ข้อเคลื่อนหรือเลื่อนหลุดที่ข้อต่อ acromioclavicular, scapula
- อาการปวดหรือการอักเสบที่ข้อต่อ acromioclavicular
- ภาวะข้อไหล่ติด (frozen shoulder)
- อาการปวดคอจากภาวะข้อต่อกระดูกสันหลังระดับคอเสื่อมหรืออักเสบ
- กระดูกสันหลังคด-ค่อม (scoliosis - kyphosis)

การตอบคำถามในช่องว่าง

ROM หมายถึง range of motion ที่ประเมินได้จาก goniometer ตามการเคลื่อนไหว

hand behind back หมายถึง การไขว้แขนทั้ง 2 ข้างไปด้านหลังให้ได้ระดับสูงที่สุด

LT คือ แขนซ้าย RT คือ แขนขวา

Thoracic คือ ระดับของกระดูกสันหลังส่วนอกที่สามารถไขว้แขนไปได้สูงที่สุด

Lumbar คือ ระดับของกระดูกสันหลังส่วนเอวที่สามารถไขว้แขนไปได้สูงที่สุด

การทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง ตามผลการประเมินที่ได้ให้ครบถ้วน

มี หมายถึง มีอาการเจ็บปวดขณะประเมินตามตำแหน่งที่ระบุในแบบ
ประเมิน
หรือมีลักษณะตามรูปที่แสดง
หรือมีอาการตามท่าที่ใช้ประเมิน
และให้ถือว่าผลการประเมินเป็นบวก

ไม่มี หมายถึง ไม่มีอาการเจ็บปวดขณะประเมินตามตำแหน่งที่ระบุในแบบ
ประเมิน
หรือไม่มีลักษณะตามรูปที่แสดง
หรือไม่มีอาการตามท่าที่ใช้ประเมิน
และให้ถือว่าผลการประเมินเป็นลบ

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประเมิน

- เกณฑ์การคัดเลือกกว่าเป็นผู้ที่มี subacromial impingement คือ มีผลการตรวจ
Hawkins หรือ Neer หรือ Painful arc เป็นบวกพร้อมด้วย โดยใช้การตรวจทาง
กายภาพ 3 วิธี ดังนี้
ผลการตรวจทางกายภาพที่นิยามว่ามี subacromial impingement คือ
มีอาการปวดที่ด้านหน้า ด้านหน้าเฉียงไปทางด้านข้างของข้อต่อ glenohumeral
(ตามรูป) จากการตรวจข้างต้นอย่างน้อย 2 วิธี

3. បែបបទរៀបរយ

แบบเก็บข้อมูล

ประกอบด้วย 3 ส่วน :

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 แบบประเมินภาวะปวดข้อไหล่ ส่วนที่ 3 ประวัติสุขภาพ

ลำดับ	ส่วนที่ 1.1 : ข้อมูลทั่วไป โปรดตอบคำถาม หรือทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง <input type="checkbox"/>
1	ชื่อ _____ นามสกุล _____
2	อายุ _____ ปี น้ำหนัก _____ กิโลกรัม ส่วนสูง _____ เซนติเมตร
3	เพศ ชาย <input type="checkbox"/> หญิง <input type="checkbox"/>
4	ท่านถนัดแขนข้างใด แขนซ้าย <input type="checkbox"/> แขนขวา <input type="checkbox"/>
ส่วนที่ 1.2 : ข้อมูลอาชีพ / การทำงาน โปรดตอบคำถามในช่องว่าง	
5	โปรดระบุสถานที่ทำงานของท่าน _____
6	โปรดระบุลักษณะงานของท่าน _____ (ครู/พิมพ์คอมพิวเตอร์/ขับรถ/ทำไร่... เป็นต้น)
7	ท่านทำงานในนี้มานาน _____ เดือน _____ ปี
8	ท่านทำงานวันละ _____ ชั่วโมง (รวมโอที / หรือล่วงเวลา)
9	ชิ้นงานที่ท่านหยิบจับหรือยกบ่อย ๆ ขณะทำงานมีน้ำหนักประมาณ โปรดระบุน้ำหนักประมาณ _____ กิโลกรัม
10	ท่านต้องยกข้อไหล่ ซ้ำ ๆ ระหว่างทำงานประมาณกี่ครั้งในเวลาหนึ่งนาที 1 – 15 ครั้งในเวลาหนึ่งนาที ไม่ใช่ <input type="checkbox"/> ใช่ <input type="checkbox"/> ระบุจำนวน _____ ครั้งในเวลาหนึ่งนาที 16 – 40 ครั้งในเวลาหนึ่งนาที ไม่ใช่ <input type="checkbox"/> ใช่ <input type="checkbox"/> ระบุจำนวน _____ ครั้งในเวลาหนึ่งนาที

ส่วนที่ 2 แบบประเมินภาวะปวดข้อไหล่

ถ้าท่าน **มี** อาการปวดไหล่

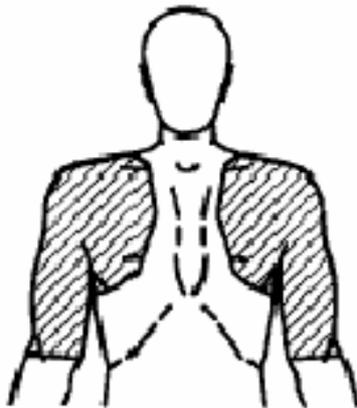
โปรดตอบคำถาม หรือทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง

ในคำถามข้อ 11 – 20 ต่อไปนี้

ลำดับ ส่วนที่ 2 : แบบประเมินภาวะปวดข้อไหล่

- 11 ให้ทำเครื่องหมาย X ลงในภาพ
ตรงกับตำแหน่งที่ท่านมีอาการปวดไหล่ ใน เวลาทำงาน

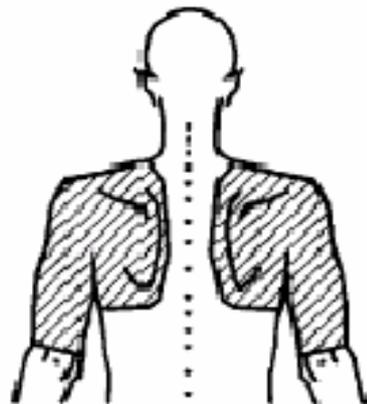
ด้านหน้า



ขวา

ซ้าย ซ้าย

ด้านหลัง



ขวา

เวลาทำงาน อาการปวดเมื่อยหรือไม่สบายที่ท่านทำเครื่องหมายไว้ในข้อ 11

- 12 ทำให้ท่านต้อง **หยุดพัก** แขนหรือไหล่ **ซ้าย** ชั่วคราวใช่หรือไม่
ไม่ใช่ ใช่
- 13 ทำให้ท่านต้อง **หยุดพัก** แขนหรือไหล่ **ขวา** ชั่วคราวใช่หรือไม่
ไม่ใช่ ใช่

ลำดับ	ส่วนที่ 2 (ต่อ) : อาการปวด โปรดตอบคำถาม หรือทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง <input type="checkbox"/>
14	<p>อาการปวดในตำแหน่งที่ท่านทำเครื่องหมาย X ในภาพข้อ 11</p> <p>เกิดมานานเท่าใด (ตอบเฉพาะด้านที่มีอาการ)</p> <ul style="list-style-type: none"> • แขนซ้าย <p>น้อยกว่า 3 เดือน <input type="checkbox"/></p> <p>นาน 3 เดือน หรือ มากกว่า 3 เดือน <input type="checkbox"/> ระบุ วัน เดือน ปี _____</p> <p>ท่านถูกฉีดยาแก้ปวดหรือแก้อักเสบที่ข้อไหล่นี้ ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ <input type="checkbox"/></p> • แขนขวา <p>น้อยกว่า 3 เดือน <input type="checkbox"/></p> <p>นาน 3 เดือน หรือ มากกว่า 3 เดือน <input type="checkbox"/> ระบุ วัน เดือน ปี _____</p> <p>ท่านถูกฉีดยาแก้ปวดหรือแก้อักเสบที่ข้อไหล่นี้ ใช่ <input type="checkbox"/> ไม่ใช่ <input type="checkbox"/></p>
<p>ทำเครื่องหมาย X ลงบนเส้นตรงต่อไปนี้ให้ตรงกับอาการปวดที่ข้อไหล่ของท่านมากที่สุด</p> <p>16. จากข้อ 11 <u>เวลาทำงาน</u> ท่านมีปวดไหล่ ซ้าย มากน้อยอย่างไร</p> <p>ไม่ปวดเลย ปวดมากที่สุด</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">0 1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p style="text-align: right;">จนทนไม่ได้</p> <p>17. จากข้อ 11 <u>เวลาทำงาน</u> ท่านมีปวดไหล่ ขวา มากน้อยอย่างไร</p> <p>ไม่ปวดเลย ปวดมากที่สุด</p> <p style="text-align: center;">_____</p> <p style="text-align: center;">0 1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p style="text-align: right;">จนทนไม่ได้</p>	

คำอธิบาย

ลำดับ	ส่วนที่ 3 : ประวัติสุขภาพ โปรดตอบคำถาม หรือทำเครื่องหมาย X ลงในช่อง <input type="checkbox"/>
18	กิจกรรมเพื่อสุขภาพ เช่น การออกกำลังกาย นอกเวลาทำงาน ไม่มี <input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> โปรดระบุกิจกรรม _____ ใช้เวลา _____ ชั่วโมงต่อสัปดาห์
19	โรคประจำตัว ไม่มี <input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> โปรดระบุ _____
20	ท่านรักษาโรคประจำตัวในข้อ 11 ที่ใด โปรดระบุ ชื่อ (โรงพยาบาล คลินิก แหล่งอื่นๆ) _____

แบบเก็บข้อมูล

ประกอบด้วย 3 ส่วน :

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป
- ส่วนที่ 2 ประวัติสุขภาพ
- ส่วนที่ 3 แบบประเมินภาวะปวดข้อไหล่

ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

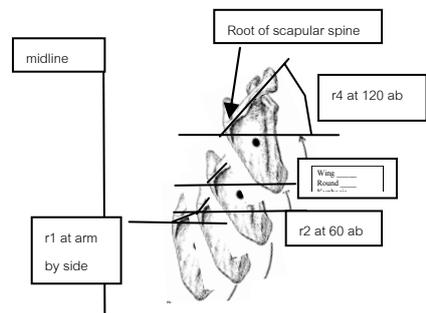
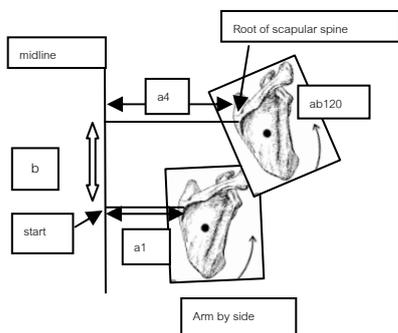
1. อธิบายเนื้อหาในแบบสอบถามคัดกรองอาการปวดไหล่แก่อาสาสมัคร
2. ให้อาสาสมัครตอบแบบสอบถามคัดกรองอาการปวดไหล่ให้ครบทุกข้อ
3. อาสาสมัครสามารถซักถามข้อสงสัยจากผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยได้
4. กรณีที่อาสาสมัครอ่านหนังสือไม่ออก ให้ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยอ่านและกรอกรายละเอียดตามที่อาสาสมัครให้ข้อมูล
5. คำถามเรื่องเวลาของอาการปวดให้ถามอ้างอิงกับเวลาตามเทศกาล งานประเพณีต่าง
6. ระดับอาการปวดให้อาสาสมัครระบุตำแหน่งหรือตัวเลขให้ชัดเจน กรณีที่อยู่ระหว่างตัวเลข 2 ค่าให้ผู้วิจัยสอบถามว่าระหว่างค่ามากหรือค่าน้อยอาการโดยตรงกับที่อาสาสมัครรู้สึกมากที่สุดและระบุให้ชัดเจนอีกครั้ง กรณีที่ค่าใกล้เคียงไปทางใดให้ปิดไปทางค่าตัวเลขที่ใกล้ที่สุด
7. ตำแหน่งของอาการปวดในแผนภาพให้ระบุให้ชัดเจน ถ้าอาสาสมัครไม่เข้าใจให้ชี้ตำแหน่งที่มีอาการปวดที่ตัวอาสาสมัคร จากนั้นให้ผู้วิจัยเป็นผู้ระบายแผนภาพแทน

4. แบบบันทึกข้อมูลของกระดุกสะบัก

Wing _____
 Round _____
 Kyphosis _____
 Scoliosis _____

แบบบันทึกการเลื่อนและการหมุนของกระดูกสะบัก

ครั้งที่วัด	a1 (เซนติเมตร)	a4 (เซนติเมตร)	a1-a4 (เซนติเมตร)	b (เซนติเมตร)	r1 (องศา)	r2 (60 องศา)	r3 (90 องศา)	r4 (120 องศา)



หมายเหตุ a = ระยะจากแนวกลางกระดูกสันหลังถึง root of scapular spine
 b = ระยะการเลื่อนของ root of scapular spine ในแนวตั้ง

r = มุมการหมุนของกระดูกสะบัก
 1 = แขนวางข้างลำตัว 2 = ทางแขน 60 องศา
 3 = ทางแขน 90 องศา 4 = ทางแขน 120 องศา

แบบบันทึกกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก

ทำเครื่องหมาย O ให้ตรงกับผลที่ประเมินได้ และบันทึกค่าที่วัดได้ในช่องว่าง

กำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก * Manual muscle test / เครื่องวัด Hand – held dynamometer									
E			R			P			สรุปผลกำลังกล้ามเนื้อ
(ซ้ำ 6 ครั้ง)	(ระดับ ≥ 4)	(กิโลกรัม)	(ซ้ำ 6 ครั้ง)	(ระดับ ≥ 4)	(กิโลกรัม)	(ซ้ำ 6 ครั้ง)	(ระดับ ≥ 4)	(กิโลกรัม)	
ได้	ใช่		ได้	ใช่		ได้	ใช่		ปกติ
ไม่ได้	ไม่ใช่		ไม่ได้	ไม่ใช่		ไม่ได้	ไม่ใช่		ไม่ปกติ

*E = Elevation (Upper trapezius)

R = Retraction (Middle trapezius, Lower trapezius)

P = Protraction (Serratus anterior)



แบบบันทึกความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ uppertrapezius

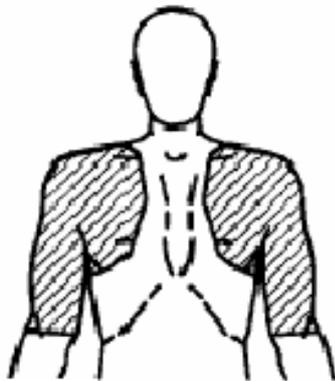
ทำเครื่องหมาย **O** ให้ตรงกับผลที่ประเมินได้

ลำดับ อาสา สมัคร	ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ uppertrapezius		
	NROM (เต็ม / ไม่เต็ม)	Pain* (มี / ไม่มี)	สรุปความยืดหยุ่น (มี / ไม่มี)
1	เต็ม / ไม่เต็ม	มี / ไม่มี	มี / ไม่มี

ทำเครื่องหมาย X ลงในภาพ

ให้ตรงกับตำแหน่งที่ท่านมีอาการปวดใน ยืดกล้ามเนื้อ

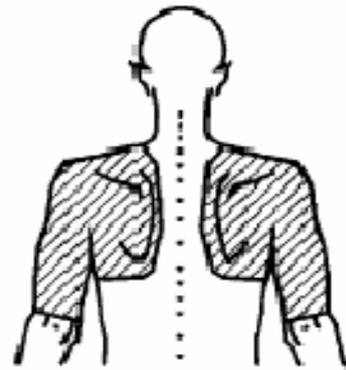
ด้านหน้า



ขวา

ซ้าย

ด้านหลัง



ซ้าย

ขวา



มือไขว้ไว้ด้านหลัง

NROM คือ normal range of motion
สามารถการเอียงคอไปด้านข้างได้
ไม่น้อยกว่า 20 องศา

Pain คือ มีอาการเจ็บหรือปวดที่กล้ามเนื้อ upper trapezius
ระหว่างการยืดกล้ามเนื้อ



ด้านหน้า

คำอธิบาย

แบบบันทึกข้อมูลของกระดูกสะบัก

ประกอบด้วย 3 ส่วน ต่อไปนี้

1. แบบบันทึกการเคลื่อนไหวและการหมุนของกระดูกสะบัก
2. แบบบันทึกกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก
3. แบบบันทึกความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ uppertrapezius

1. แบบบันทึกการเคลื่อนไหวและการหมุนของกระดูกสะบัก

การบันทึกดำเนินการตามรายละเอียด ดังนี้

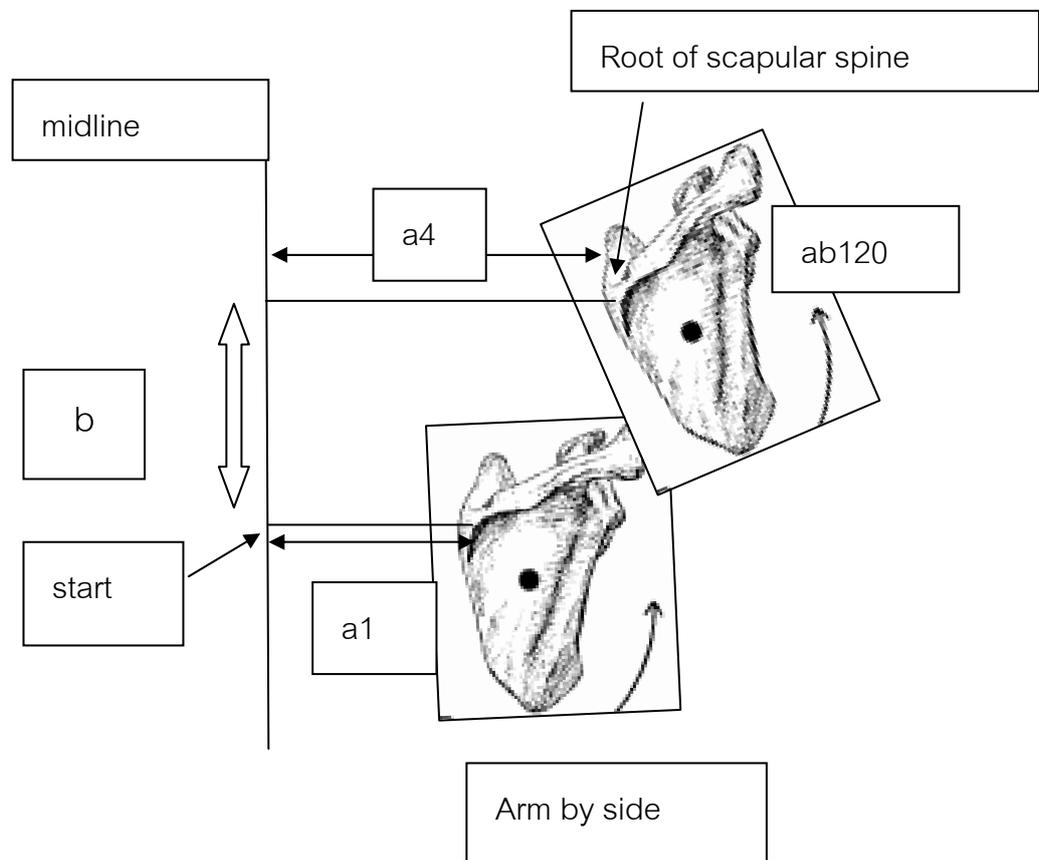
1.1) ตำแหน่งการวางตัวของกระดูกสะบัก

ให้อาสาสมัครนั่งตัวตรง [5] ผู้วิจัยบันทึกตำแหน่งการวางตัวของกระดูกสะบัก ในขณะที่เคลื่อนไหวข้อไหล่ด้วยวิธีวัดระยะห่างระหว่างกระดูกสะบักและแนวกระดูกสันหลัง ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ และวัดการหมุนของกระดูกสะบักด้วย inclinometer ในท่าแขนวางข้างลำตัวและท่ากางแขนในระนาบกระดูกสะบักที่มุม 60 90 และ 120 องศา ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2 [6, 7] โดยใช้จุด root of spine of scapular เป็นตำแหน่งอ้างอิง

รูปที่ 1 การวัดระยะห่างระหว่างกระดูกสะบัก

และแนวกระดูกสันหลังด้วย

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

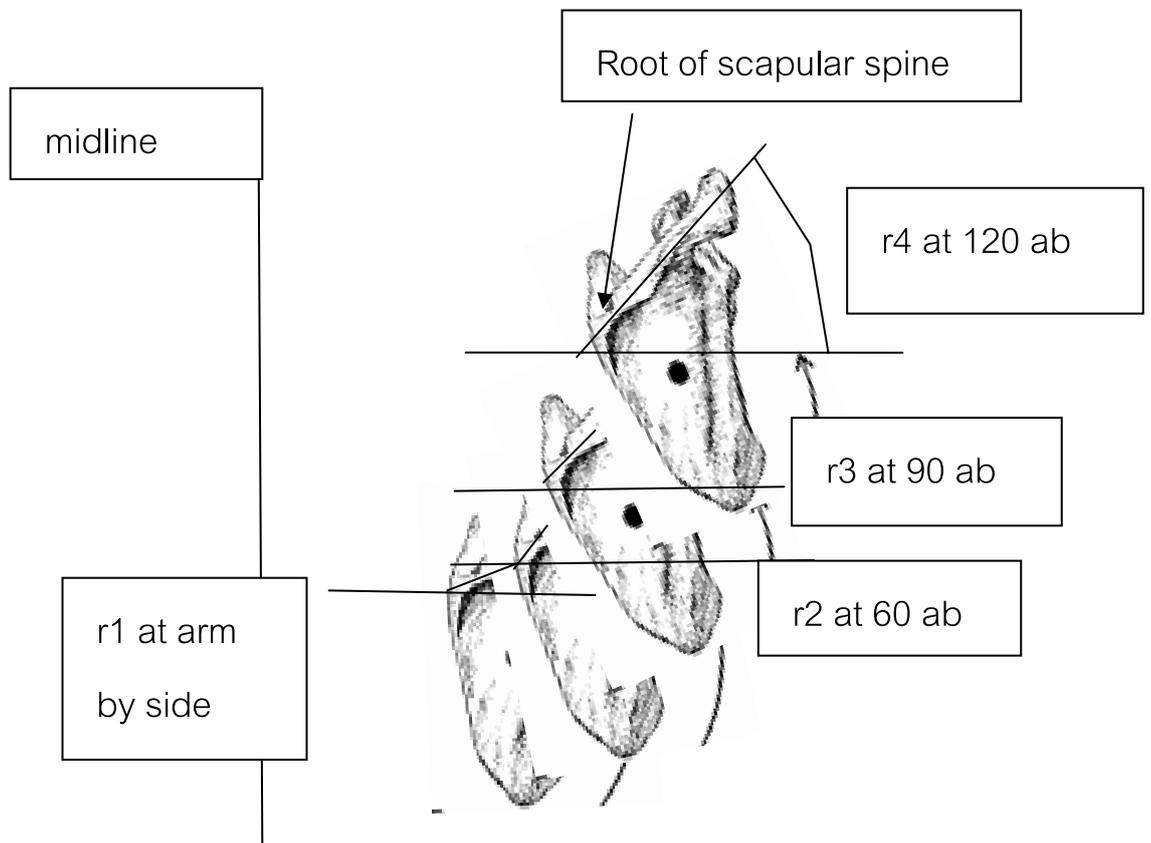


รูปที่ 1.1 a = ระยะจากแนวกลางกระดูกสันหลังถึง root of scapular spine

b = ระยะการเลี้ยวของ root of scapular spine ในแนวตั้ง

1 = แนววางข้างลำตัว 4 = กางแขน 120 องศา

รูปที่ 2 การวัดการหมุนของกระดูกสะบัก
ด้วย inclinometer



รูปที่ 2.1

r = มุมการหมุนของกระดูกสะบัก

1 = แนววางข้างลำตัว

2 = กางแขน 60 องศา

3 = กางแขน 90 องศา

4 = กางแขน 120 องศา

1.2) การประเมิน

- การเคลื่อนขึ้น – ลง

เกณฑ์การประเมินว่าปกติ คือ มีการเคลื่อนลง [8-11] หรือไม่มี โดยใช้ตำแหน่งกระดูกสะบักที่วัดขณะแขนอยู่ข้างลำตัวเป็นตำแหน่งอ้างอิง หาความแตกต่างระหว่างตำแหน่งอ้างอิงและตำแหน่งกางแขน 120 องศา หากมีความแตกต่างเกินกว่าความคลาดเคลื่อนของวิธีวัดในการศึกษาครั้งนี้ให้ถือว่ามี การเคลื่อน ทิศลบ คือ เคลื่อนขึ้น ทิศบวก คือ เคลื่อนลง

- การเคลื่อนเข้าหาแกนกลางของลำตัว

เกณฑ์ประเมินว่าปกติ คือ มีการเคลื่อนเข้าหาแกนกลางของลำตัว [10] และไม่มี โดยใช้ตำแหน่งกระดูกสะบักที่วัดขณะแขนอยู่ข้างลำตัวเป็นตำแหน่งอ้างอิง หาความแตกต่างระหว่างตำแหน่งอ้างอิงและตำแหน่งกางแขน 120 องศา หากมีความแตกต่างเกินกว่าความคลาดเคลื่อนของวิธีวัดในการศึกษาครั้งนี้ให้ถือว่ามี การเคลื่อน ทิศบวก คือ เคลื่อนเข้า ทิศลบ คือ เคลื่อนออก

- การหมุนเบ้า glenoid ขึ้น

เกณฑ์การประเมินว่าปกติ คือ การหมุนมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับตลอดการกางแขน ผลเป็นบวกเมื่อการหมุนมีค่าเพิ่มขึ้น และผลเป็นลบเมื่อการหมุนมีค่าลดลง โดยแบ่งพิจารณาค่าเฉลี่ยการหมุนเบ้า glenoid ที่ช่วง 60 ถึง 90 องศาและช่วง 90 ถึง 120 องศา

ในเบื้องต้นคาดว่าค่าเฉลี่ยการหมุนเบ้า glenoid ของผู้ที่ไม่ได้มี subacromial impingement ควรเพิ่มขึ้นด้วยค่าที่ใกล้เคียงกับผลการศึกษาอื่น [12-17] ทั้งนี้อ้างอิงจากการทบทวนผลการศึกษาที่ผ่านมา การกางแขนใน scapular plane ช่วง 60 ถึง 90 องศา มีค่าเฉลี่ยของการหมุนเบ้า glenoid เพิ่มขึ้นระหว่าง 5.9 ถึง 15 องศา [12-17] และช่วง 90 ถึง 120 องศา มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นระหว่าง 9.1 ถึง 13.8 องศา [12-14, 16, 17]

- รูปแบบการเคลื่อนที่ไม่มีทิศทางชัดเจน

รูปแบบการเคลื่อนที่ไม่มีทิศทางชัดเจนทั้งการหมุนของเบ้า glenoid และการเลื่อนอย่างไม่ไม่มีทิศทาง ให้ถือว่ามี ความไม่มั่นคงของ scapulothoracic

การประเมินภาพรวมของการเคลื่อนของกระดูกสะบัก

การเคลื่อนปกติประเมินโดยใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

1. กระดูกสะบักต้องมีการเคลื่อนเป็นปกติทั้ง 3 ตัวแปร คือ
 - upward rotation มีรูปแบบการหมุนของเบ้า glenoid เพิ่มขึ้นตามมุมองศาของแขนที่เพิ่มขึ้นโดยลำดับ
 - retraction มีการเคลื่อนเข้าหาแนวกลางของลำตัวหรือแนวกระดูกสันหลัง และ
 - inferior gliding มีการเลื่อนลง หรือ superior gliding (โดยไม่ใช้ลักษณะ shoulder shrug ที่ทำให้ระดับไหล่สูงขึ้นกว่าระดับไหล่ด้านตรงข้าม)

2. การเคลื่อนของกระดูกสะบักที่มีรูปแบบผิดไปจากข้างต้นมีผลต่อขนาดของ subacromial space ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงถือว่าเป็นรูปแบบการเคลื่อนของกระดูกสะบักที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิด subacromial impingement ซึ่งได้แก่
 - รูปแบบการเคลื่อนที่ไม่มีทิศทางชัดเจนทั้งการหมุนของเบ้า glenoid และการเลื่อนอย่างไม่มีทิศทาง ให้ถือว่าผิดปกติและมีความไม่มั่นคงของ scapulothoracic
 - มี protraction
 - มี superior gliding ในลักษณะ shoulder shrug

2. แบบบันทึกกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก

การเคลื่อนของกระดูกสะบักเกิดจากการทำงานกล้ามเนื้อโดยรอบซึ่งต้องอาศัยคุณสมบัติหลัก 2 ประการ คือ กำลังและความยืดหยุ่น การบันทึกข้อมูลดำเนินการตามรายละเอียด ดังนี้

2.1) แบบบันทึกกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก

กำลังกล้ามเนื้อรอบสะบัก

การวัดกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบักด้วย hand held dynamometer [18] ในท่าต่อไปนี้ elevation (กล้ามเนื้อ Upper trapezius) รูปที่ 3 , ท่า retraction (กล้ามเนื้อ Middle trapezius, Lower trapezius) รูปที่ 4 และท่า protraction (กล้ามเนื้อ Serratus anterior) รูปที่ 5

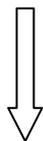
รูปที่ 3 Elevation
(Upper trapezius)



รูปที่ 4 Retraction
(Middle trapezius,
Lower trapezius)



รูปที่ 5 Protraction
(Serratus anterior)



หมายถึง ทิศของแรงต้าน

ขั้นตอนการประเมินกำลังกล้ามเนื้อ

1. อธิบายขั้นตอนการประเมินและจัดอาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัยให้อยู่ในท่าทดสอบแต่ละท่า
2. ให้อาสาสมัครออกแรงทดสอบให้กระดูกสะบักเคลื่อนตามที่กำหนดสำหรับแต่ละท่าอย่างถูกต้อง แต่ละท่าให้ทำซ้ำให้ครบ 6 ครั้ง
3. ให้อาสาสมัครออกแรงให้กระดูกสะบักเคลื่อนซ้ำตามข้อที่ 2 ระหว่างออกแรงผู้วิจัยให้แรงต้านตลอดช่วงการเคลื่อนไหว
4. ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยวาง hand held dynamometer ตามตำแหน่งตามรูปที่ 3 – 5
5. ให้อาสาสมัครออกแรงให้กระดูกสะบักเคลื่อนตามที่กำหนดสำหรับแต่ละท่าอีกรอบโดยต้านกับ hand held dynamometer
6. ผู้วิจัยหรือผู้ช่วยวิจัยบันทึกค่าแรงที่วัดได้

การบันทึกผล

- กำลังกล้ามเนื้อจากการทดสอบด้วยวิธี manual muscle testing
ใช่ หมายถึง มีกำลังกล้ามเนื้อตั้งแต่ระดับ 4 ขึ้นไป
สามารถทำท่าทดสอบซ้ำได้ครบ 6 ครั้งและ
เต็มช่วงการเคลื่อนไหวอย่างสมบูรณ์ทุกครั้ง
ไม่ใช่ หมายถึง มีกำลังกล้ามเนื้อน้อยกว่าระดับ 4
ไม่สามารถทำท่าทดสอบซ้ำได้ครบ 6 ครั้ง
หรือไม่เต็มช่วงการเคลื่อนไหวอย่างสมบูรณ์
- ค่าจาก hand held dynamometer
บันทึกค่าสูงสุดที่ได้จากการวัด หน่วยเป็นกิโลกรัม

การประเมิน

สำหรับปัจจัยนี้ใช้หลักเกณฑ์การตัดสิน คือ ไม่มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่ง การอ่อนแรงของกล้ามเนื้อต้องมีกำลังน้อยกว่าระดับ 4 โดยนิยามกำลังกล้ามเนื้อได้ระดับ 4 [19] คือ สามารถเคลื่อนกระดูกสะบักได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหวตามที่กำหนดและต้านแรงภายนอกได้ตลอดช่วง

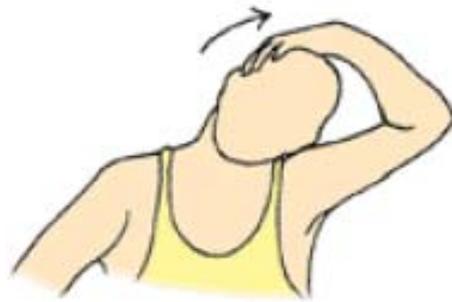
เนื่องจากการประเมินนี้ใช้เกณฑ์ว่ากล้ามเนื้อสามารถทำการเคลื่อนไหวได้เพียงพอกับการใช้งาน จึงไม่เน้นการหาค่าล้ากล้ามเนื้อสูงสุด [20, 21]

2.2) แบบบันทึกความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ upper trapezius

ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ upper trapezius

การประเมินความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ upper trapezius โดยให้

- อาสาสมัครนั่งและจัดท่าตามที่แสดงในรูปที่ 6 ลำตัวอยู่ในแนวตรง
- เอียงศีรษะไปด้านขวา ให้นูไปไกล่บามากที่สุดและค้างไว้ประมาณ 30 วินาที
- ใช้มือดึงศีรษะให้เอียงไปมากที่สุดโดยไม่ให้ไหล่ด้านที่ไขว้มือไปด้านหลังยกขึ้น
- จากนั้นใช้มือขวาจับศีรษะและออกแรงดึงให้ศีรษะเอียงไปทางขวามากขึ้น



รูปที่ 6 ความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ upper trapezius [22]

การบันทึกผล

- NROM คือ normal range of motion
สามารถเอียงคอไปด้านข้างได้ไม่น้อยกว่า 20 องศา[23]
- Pain คือ มีอาการเจ็บหรือปวดที่กล้ามเนื้อ upper trapezius
ระหว่างการยืดกล้ามเนื้อ

การประเมิน

มีความยืดหยุ่น คือ ต้องสามารถเอียงศีรษะไปได้ถึงช่วงการเคลื่อนไหวปกติ คือ ไม่น้อยกว่า 20 องศา (ค่าปกติระหว่าง 20 – 40 องศา [23]) และไม่มีอาการตึงหรือปวดที่บริเวณกล้ามเนื้อ upper trapezius

บรรณานุกรม

- 1 Valadie AL, 3rd, Jobe CM, Pink MM, Ekman EF, Jobe FW. Anatomy of provocative tests for impingement syndrome of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg.* 2000 Jan-Feb;9(1):36-46.
- 2 Calis M, Akgun K, Birtane M, Karacan I, Calis H, Tuzun F. Diagnostic values of clinical diagnostic tests in subacromial impingement syndrome. *Ann Rheum Dis.* 2000 Jan;59(1):44-7.
- 3 Gartsman GM. Arthroscopic acromioplasty for lesions of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 1990 Feb;72(2):169-80.
- 4 Gerber C, Galantay RV, Hersche O. The pattern of pain produced by irritation of the acromioclavicular joint and the subacromial space. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery.* 1998 1998/0;7(4):352-5.
- 5 Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* 1999 1999/8;80(8):945-50.
- 6 Nijs J, Roussel N, Vermeulen K, Souvereyns G. Scapular positioning in patients with shoulder pain: a study examining the reliability and clinical importance of 3 clinical tests. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005 Jul;86(7):1349-55.
- 7 Watson L, Balster SM, Finch C, Dalziel R. Measurement of scapula upward rotation: a reliable clinical procedure. *Br J Sports Med : full text in impingement enl.* 2005 Sep;39(9):599-603.
- 8 Hallaceli H, Manisali M, Gunal I. Does scapular elevation accompany glenohumeral abduction in healthy subjects? *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004 Jul;124(6):378-81.
- 9 Hallaceli H, Gunal I. Normal range of scapular elevation and depression in healthy subjects. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2002 Mar;122(2):99-101.
- 10 Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain full text. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003 Mar-Apr;11(2):142-51.
- 11 Kibler WB, Uhl TL, Maddux JW, Brooks PV, Zeller B, McMullen J. Qualitative clinical evaluation of scapular dysfunction: a reliability study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002 Nov-Dec;11(6):550-6.

- 12 Borsa PA, Timmons MK, Sauers EL. Scapular-Positioning Patterns During Humeral Elevation in Unimpaired Shoulders. *J Athl Train*. 2003 Mar;38(1):12-7.
- 13 McClure PW, Michener LA, Sennett BJ, Karduna AR. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2001 2001/5;10(3):269-77.
- 14 Mandalidis DG, Mc Glone BS, Quigley RF, McInerney D, O'Brien M. Digital fluoroscopic assessment of the scapulohumeral rhythm. *Surg Radiol Anat*. 1999;21(4):241-6.
- 15 Talkhani IS, Kelly CP. Movement analysis of asymptomatic normal shoulders: A preliminary study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2001 2001/11;10(6):580-4.
- 16 Dayanidhi S, Orlin M, Kozin S, Duff S, Karduna A. Scapular kinematics during humeral elevation in adults and children. *Clinical Biomechanics*. 2005 2005/7;20(6):600-6.
- 17 Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR. Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. *Clinical Biomechanics*. 2005 2005/8;20(7):700-9.
- 18 Michener LA, Boardman ND, Pidcoe PE, Frith AM. Scapular muscle tests in subjects with shoulder pain and functional loss: reliability and construct validity. *Phys Ther*. 2005 Nov;85(11):1128-38.
- 19 Hislop HJ, Montgomery J, Daniels L, Worthingham C. Daniel's and Worthingham's muscle testing : techniques of manual examination. 6th ed: Philadelphia : Saunders 1995.
- 20 Mgee D. Principles and Concepts : functional assessment. In: Biblis M, ed. *Orthopedic Physical Assessment*. 2 nd ed: W.B. Saunders 1992:16-7.
- 21 Mgee D. Shoulder : functional strength testing of the shoulder. In: Biblis M, ed. *Orthopedic Physical Assessment*. 2 nd ed: W.B. Saunders 1992:107.
- 22 Trapezius muscle stretching. [cited 2007 7/3/]; Available from:
http://www.mypressureproducts.com/trapezius_trigger_points.htm
http://www.med.umich.edu/1libr/sma/sma_stretch_art.htm
- 23 Mgee D. Cervical Spine. In: Biblis M, ed. *Orthopedic Physical Assessment*. 2 nd ed: W.B. Saunders 1992:40.

Appendix C

Test Re-test Reliability (Thai)

การทดสอบ test re-test reliability

อาสาสมัครให้ความยินยอมเข้าร่วมวิจัยจำนวน 321 คน รวม 332 ข้อไหล่ เป็นกลุ่มที่ไม่มี subacromial impingement (NSI) รวม 234 ข้อไหล่ ประกอบด้วยเพศหญิง 149 คน เพศชาย 85 คน อายุเฉลี่ย 47.8 ± 8.4 ปี เป็นกลุ่มที่มี subacromial impingement^o รวม 98 ข้อไหล่ เพศหญิง 55 คน เพศชาย 32 คน อายุเฉลี่ย 50.1 ± 8.3 ปี (ตารางที่ 1) อาสาสมัครที่ไม่รับเข้าร่วมวิจัยเป็นผู้ที่มีภาวะต่อไปนี้ 1. อาการปวดและจำกัดการหมุนข้อไหล่เข้า 2. ความยืดหยุ่นของข้อต่อมากกว่าปกติด้วย (คัดกรองด้วย Carter and Wilkinson test) 3. ภาวะข้อต่อกระดูกสันหลังระดับคอเสื่อมหรืออักเสบ 4. ประวัติการบาดเจ็บ กระดูกหัก ข้อเคลื่อนหรือเลื่อนหลุดที่ข้อต่อ glenohumeral acromioclavicular และ scapula 5. ภาวะข้อไหล่ติด (frozen shoulder) 6. Sprengle's deformity 7. กระดูกสันหลังคด (Scoliosis) หรือค่อม (Kyphosis) 8. มีดัชนีมวลกาย (BMI) > 30 (กิโลกรัม/เมตร²) กลุ่ม SI เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ออร์โธปิดิกส์และผ่านการคัดกรองคุณสมบัติจากนักกายภาพบำบัดด้วยการตรวจ subacromial impingement sign ด้วย Neer test, Hawkins test, และ painful arc เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่ม SI คือ ต้องมีอาการแสดง (อาการปวด) อย่างน้อย 2 การทดสอบจากทั้ง 3 วิธีข้างต้น ส่วนกลุ่ม NSI ไม่พบอาการแสดงใดๆ ในการทดสอบเดียวกัน (เป็นผู้มาติดต่อในโรงพยาบาลที่เก็บข้อมูล)

เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย 1. gravity inclinometer 2 เครื่อง (Australasian Medical & Therapeutic Instruments P/L และ Baseline Gravity Inclinometer Fabrication Enterprises INC. Irvington, New York U.S.A.) ที่ได้รับการดัดแปลงโดยใช้ Velcro เพื่อรัดติดต้นแขน 1 เครื่อง และเพิ่มความยาวฐานด้วยไม้บรรทัดสแตนเลสความยาว 6 นิ้วทั้ง 2 เครื่องเพื่อเพิ่มความแม่นยำเมื่อวางตามแนวกระดูกต้นแขนหรือ scapular spine 2. vernier caliper ที่ดัดแปลงโดยการติระดับน้ำ เพื่อการอ้างอิงกับ horizontal line 3. เครื่องวัดกำลังกล้ามเนื้อด้วยมือ (Hand held dynamometer: MicroFET3 Digital Muscle Tester: Lafayette Manual Muscle Tester) 4. สายเทปและแถบกาวยืดที่ติดขนานบนแนวกระดูกสันหลัง 5. แบบบันทึกข้อมูล เครื่องมือทุกชิ้นได้ผ่านการทดสอบว่ามีความเที่ยงตรงก่อนดำเนินการทดสอบ test re-test reliability การวัดตามขั้นตอนวิจัยมีดังต่อไปนี้

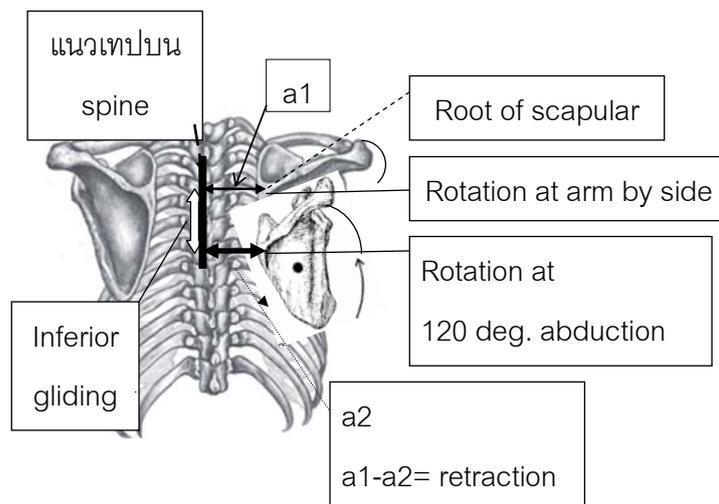
การวัดตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อกระดูกสะบัก

อาสาสมัครรับการชี้แจงขั้นตอนวิจัยและลงชื่อในแบบแสดงความยินยอม นักกายภาพบำบัดผู้มีประสบการณ์ทางคลินิก 1 คน(ดำเนินการตลอดการทดสอบ test re-test reliability) ทำการสัมภาษณ์ ตรวจคัดกรอง และทำการวัดตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อกระดูกสะบักตามลำดับ การวัดตำแหน่งกระดูกสะบักดำเนินการโดย 1.จัดอาสาสมัครให้นั่งตัวตรงบนเก้าอี้ไม่มีพนักพิง 2.ติดเทปวัดตามแนวกระดูกสันหลังระดับอก (T2 - T6) วัด gravity inclinometer ที่ต้นแขน 3.จัดระนาบ scaption ด้วย standard goniometer ที่ 45 องศาจากระนาบ coronal โดยใช้มันเป็นแนวกำกับ 4.ให้อาสาสมัครกางแขนทั้งสองข้างขึ้นลงตามระนาบที่กำกับไว้จนถูกต้องตามขั้นตอน 5.ในท่าแขนวางข้างลำตัว นักวิจัยวัดค่าตำแหน่งการหมุนของกระดูกสะบักโดยวางฐานของ gravity inclinometer บน scapular spine ที่คลำจาก acromial angle ไปถึง root of scapular spine (RSS) (แสดงในรูปที่ 1) 6.ใช้ vernier caliper วัดระยะระหว่าง RSS และเทปที่ติดบนกึ่งกลางกระดูกสันหลัง โดยควบคุมให้ระดับน้ำอยู่ในระดับ horizontal บันทึกเป็นค่าเริ่มต้นของ retraction และ vertical gliding โดยทำเครื่องหมายไว้บนเทป 7.ให้อาสาสมัครกางแขนขึ้นและหยุดให้วัดค่าการหมุนของกระดูกสะบักที่มุม 60 90 และ 120 องศาตามลำดับ 8.ที่การกางแขน 120 องศา ผู้วิจัยวัดระยะ RSS ตามวิธีที่วัดในข้อ 6 ข้างต้น 9.ให้อาสาสมัครวางแขนลงพักประมาณ 1 นาที 10.ผู้วิจัยทำการวัดค่าทั้งหมดซ้ำอีกรอบตามขั้นตอนเดิม

การวัดกำลังกล้ามเนื้อสะบักใช้ hand held dynamometer โดยผู้วิจัยทำการวัดกำลังกล้ามเนื้อ 3 กลุ่ม คือ elevator ในท่านั่ง protractor ในท่านอนหงาย และ retractor ในท่านอนคว่ำ ตามการศึกษาของ Michener, L. A.และคณะ¹⁴ ก่อนการวัดกำลังกล้ามเนื้อแต่ละท่าผู้วิจัยให้อาสาสมัครเคลื่อนไหวสะบักเต็มช่วงการเคลื่อนไหวท่าละ 6 รอบ จากนั้นจึงวัดกำลังกล้ามเนื้อด้วย hand held dynamometer โดยให้อาสาสมัครเกร็งกล้ามเนื้อค้างไว้ที่ช่วงกลางของการเคลื่อนไหวนั้นๆนาน 10 วินาที บันทึกผลและพัก 30 วินาที จากนั้นทำการวัดกำลังกล้ามเนื้อนั้นซ้ำอีกรอบ รวมวัดท่าละ 2 รอบ

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัย : เพศ ความถนัด ค่าเฉลี่ยของอายุ และ ดัชนีมวลกาย (BMI กิโลกรัม/เมตร²)

คุณลักษณะ ของอาสาสมัคร	กลุ่มที่ไม่มี Subacromial impingement			กลุ่มที่มี Subacromial impingement		
	เพศหญิง	เพศชาย	รวม	เพศหญิง	เพศชาย	รวม
จำนวน (ข้อไหล่)	149	85	234	64	35	99
ความถนัด						
ซ้าย	15	8	23	9	3	12
ขวา	134	77	211	55	32	87
อายุ (ปี)						
Mean (SD)	47.5(7.9)	48.4(9.2)	47.8(8.4)	49.6(7.8)	51(9.1)	50.1(8.3)
Min-Max	21-60	23-60	21-60	22-65	29-61	22-65
BMI (กิโลกรัม/ เมตร ²)						
Mean (SD)	23.4(2.6)	23.7(3.0)	23.5(2.7)	24.1(3.2)	24.4(3.1)	24.2(3.1)
Min-Max	16-30	16-30	16-30	18-30	17-30	17-30



รูปที่ 1 แสดง ตำแหน่งอ้างอิงในการคำนวณ ค่า retraction, inferior gliding และ rotation

(ดัดแปลงจาก http://en.wikipedia.org/wiki/Shoulder_blade)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้มีดังนี้ คือ 1. retraction และ inferior gliding โดยนำระยะระหว่าง RSS ถึงกระดูกสันหลังที่จุดเริ่มเมื่อแขนอยู่ข้างลำตัวและที่จุดสุดท้ายขณะกางแขน 120 องศาตามคำนวณผลต่าง(ระหว่าง 2 ตำแหน่งนี้) เมื่อผลต่างในระนาบ horizontal มีค่าบวก (+) หมายถึง retraction ส่วนค่าลบ (-) คือ protraction ในแนวตั้ง ค่า inferior gliding หมายถึง เมื่อส่วนผลต่างมีค่าบวก (-) และในทิศตรงข้ามเมื่อผลต่างมีค่าเป็นบวก (+) คือ superior gliding 2. ตำแหน่งการหมุนของกระดูกสะบัก 4 ค่า คือ แขนข้างลำตัว กางแขน 60 90 และ 120 องศาตามลำดับ (รูปที่ 2) 3. ค่ากำลังกล้ามเนื้อ 3 กลุ่ม ได้แก่ elevator retractor และ protractor ซึ่งแต่ละค่ามีผลการวัด 2 ครั้ง

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้โดยใช้โปรแกรม Excel: X-rely¹⁶ และ Intraclass correlation¹⁷ ค่า intraclass correlation ใช้สูตร ICC (3,1) two-way ANOVA mixed model ความแม่นยำของการวัด คือ ค่า standard error of measurement (SEM) ใช้สูตร $SEM = SD \sqrt{(1-ICC)}$ ¹⁸

ผลการทดสอบ test re-test reliability

ตารางที่ 2 แสดง จำนวนอาสาสมัคร ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พิสัย SEM ICC ของตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อรอบกระดูกสะบัก ICC มีค่าระหว่าง 0.753(95% CI 0.701 - 0.796) ถึง 0.904 (95% CI 0.882 - 0.922) ค่า SEM ของการวัด retraction และ inferior gliding อยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.5 เซนติเมตร ส่วนการหมุนของกระดูกสะบักอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 2.1 องศา และกำลังกล้ามเนื้อมีค่า 0.5 ถึง 0.8 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบ ค่า SEM และ ICC ของตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อรอบกระดูกสะบักระหว่างกลุ่มที่ไม่มีกับมี Subacromial Impingement (ตารางที่ 3) โดย ICC ของกลุ่ม SI มีค่าระหว่าง 0.592 (95% CI 0.446 - 0.707) ถึง 0.891 (95% CI 0.840 - 0.927) ค่า SEM ของการวัด retraction และ inferior gliding อยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.7 เซนติเมตร ส่วนการหมุนของกระดูกสะบักอยู่ระหว่าง 1.3 ถึง 2.9 องศา และกำลังกล้ามเนื้อมีค่า 0.5 ถึง 0.8 กิโลกรัม ส่วน ICC ของกลุ่ม NSI มีค่าระหว่าง 0.810 (95% CI 0.761 - 0.850) ถึง 0.900 (95% CI 0.872 - 0.922) ค่า SEM ของการวัด retraction และ inferior gliding อยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.4 เซนติเมตร ส่วนการหมุนของกระดูกสะบักอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 1.9 องศา และกำลังกล้ามเนื้อมีค่า 0.5 ถึง 0.8 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 แสดง จำนวนอาสาสมัคร ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) พิสัย (min-max)

SEM ICC ของตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อรอบกระดูกสะบัก

Scapula	n	วัดครั้งที่	Mean	(SD)	Min. – Max.	SEM	ICC	(95% CI for ICC)
ตำแหน่ง								
Start retraction	331	1	6.8	(0.9)	4.1 - 10.6	0.3	0.855	(0.823 - 0.882)
(ซม.)		2	6.6	(0.9)	4.4 - 9.0			
End retraction	331	1	5.9	(0.9)	3.5 - 9.0	0.3	0.904	(0.882 - 0.922)
(ซม.)		2	5.9	(0.9)	3.0 - 8.9			
Retraction ¹	331	1	0.9	(0.9)	-2.3 - 3.8	0.4	0.753	(0.701 - 0.796)
(ซม.)		2	0.7	(0.8)	-2.0 - 3.1			
Inferior gliding ²	331	1	-1.0	(1.1)	-4.0 - 2.3	0.5	0.802	(0.760 - 0.837)
(ซม.)		2	-1.0	(1.0)	-4.6 - 2.1			
แขนข้างลำตัว ³	331	1	-0.9	(3.3)	-18.0 - 14.0	1.1	0.873	(0.845 - 0.897)
(องศา)		2	-0.5	(3.1)	-12.0 - 14.0			
ที่ 60 องศา ³	331	1	7.0	(5.1)	-6.0 - 28.0	2.1	0.807	(0.766 - 0.842)
(องศา)		2	7.3	(4.6)	-6.0 - 24.0			
ที่ 90 องศา ³	331	1	15.1	(5.9)	-2.0 - 34.0	2.1	0.866	(0.837 - 0.891)
(องศา)		2	15.7	(5.5)	0.0 - 32.0			
ที่ 120 องศา ³	331	1	29.5	(5.3)	18.0 - 42.0	1.8	0.885	(0.859 - 0.906)
(องศา)		2	29.5	(5.3)	14.0 - 44.0			
กำลังกล้ามเนื้อ								
Elevator	329	1	9.5	(2.5)	3.9 - 23.2	0.8	0.897	(0.874 - 0.916)
(กิโลกรัม)		2	9.5	(2.6)	4.2 - 22.1			
Retractor	327	1	5.0	(1.4)	2.4 - 10.4	0.5	0.864	(0.834 - 0.889)
(กิโลกรัม)		2	5.1	(1.4)	2.0 - 9.9			
Protractor	332	1	8.8	(2.1)	5.0 - 16.4	0.7	0.881	(0.854 - 0.903)
(กิโลกรัม)		2	8.8	(2.0)	4.4 - 16.8			

¹ค่า + หมายถึง retraction ส่วนค่าลบ (-) คือ protraction

²ค่า inferior gliding หมายถึง ค่าลบ (-) และค่าบวก (+) คือ superior gliding

³ตำแหน่งการหมุนของกระดูกสะบัก 4 ค่า คือ แขนข้างลำตัว กางแขน 60 90 และ 120 องศา

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบ ค่า SEM และ ICC ของตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อรอบกระดูกสะบัก
ตามลักษณะของกลุ่มระหว่างกลุ่มที่ไม่มีกับมี Subacromial Impingement
และกลุ่มที่ BMI <25 กับ BMI ≥25 (กิโลกรัม/เมตร²)

ลักษณะของ กลุ่มอาสาสมัคร	กลุ่มที่ไม่มี Subacromial Impingement					กลุ่ม Subacromial Impingement				
	n	SEM	ICC	95% CI for ICC Lower-Upper conf ¹		n	SEM	ICC	95% CI for ICC Lower-Upper conf ¹	
ตำแหน่ง (ซม.)										
Start retraction	233	0.3	0.883	0.851	0.908	98	0.4	0.784	0.693	0.850
End retraction	233	0.3	0.912	0.888	0.931	98	0.3	0.887	0.835	0.923
Retraction	233	0.4	0.810	0.761	0.850	98	0.5	0.592	0.446	0.707
Inferior gliding	233	0.3	0.870	0.835	0.898	98	0.7	0.681	0.558	0.775
การหมุน (องศา)										
แขนข้างลำตัว	233	1.1	0.872	0.837	0.899	98	1.3	0.878	0.823	0.917
ที่ 60 องศา	233	1.7	0.847	0.807	0.880	98	2.9	0.755	0.654	0.829
ที่ 90 องศา	233	1.9	0.878	0.844	0.904	98	2.5	0.844	0.776	0.893
ที่ 120 องศา	233	1.8	0.887	0.856	0.912	98	1.8	0.878	0.824	0.917
Muscle force (กิโลกรัม)										
elevator force	234	0.8	0.900	0.872	0.922	95	0.8	0.873	0.815	0.914
retractor force	234	0.5	0.852	0.812	0.884	93	0.5	0.891	0.840	0.927
protractor force	234	0.7	0.884	0.852	0.909	98	0.7	0.870	0.811	0.911

¹Lower-Upper confidence limit

(ต่อ)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ลักษณะของ กลุ่มอาสาสมัคร		กลุ่ม BMI <25 (กิโลกรัม/เมตร ²)				กลุ่ม BMI >25 (กิโลกรัม/เมตร ²)				
Scapular	n	SEM	ICC	95% CI for ICC Lower-Upper conf ¹		n	SEM	ICC	95% CI for ICC Lower-Upper conf ¹	
ตำแหน่ง (ซม.)										
Start retraction	222	0.3	0.844	0.801	0.878	109	0.4	0.849	0.787	0.895
End retraction	222	0.3	0.898	0.868	0.920	109	0.3	0.910	0.870	0.937
Retraction	222	0.4	0.775	0.716	0.823	109	0.5	0.693	0.581	0.780
Inferior gliding	222	0.5	0.758	0.696	0.809	109	0.4	0.865	0.808	0.905
การหมุน (องศา)										
แขนข้างลำตัว	222	1.1	0.883	0.850	0.909	109	1.1	0.849	0.787	0.894
ที่ 60 องศา	222	2.1	0.826	0.779	0.864	109	2.2	0.766	0.675	0.834
ที่ 90 องศา	222	1.9	0.888	0.857	0.913	109	2.4	0.816	0.742	0.871
ที่ 120 องศา	222	1.8	0.887	0.855	0.912	109	1.7	0.875	0.822	0.913
Muscle force (กิโลกรัม)										
elevator force	220	0.8	0.920	0.897	0.938	109	0.9	0.832	0.764	0.882
retractor force	218	0.5	0.867	0.829	0.896	109	0.6	0.859	0.801	0.902
protractor force	223	0.7	0.896	0.867	0.919	109	0.8	0.849	0.787	0.894

¹Lower-Upper confidence limit

บทวิจารณ์

ผลการศึกษานี้ได้ค่า ICC อยู่ในระดับปานกลางถึงดีมาก และ SEM มีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน¹⁰⁻¹² ปัจจัยที่มีผลต่อค่า ICC ได้แก่ ความแปรปรวนของกลุ่มประชากรที่ศึกษา ความคลาดเคลื่อนของกระบวนการวัดและเครื่องมือ เมื่อพิจารณาผลจากปัจจัยภายในของอาสาสมัคร (ตารางที่ 3) พบว่าค่า ICC ของกลุ่ม SI มีค่าน้อยกว่ากลุ่ม NSI เกือบทุกค่า ส่วนผลจากค่า BMI เมื่อวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มตามนิยาม over weight ของ

WHO¹⁹ พบว่ากลุ่มที่มี BMI ≥ 25 (กิโลกรัม/เมตร²) มีค่า ICC ของ retraction และ การหมุนของกระดูกสะบักที่ 60 และ 90 องศาต่ำกว่ากลุ่มที่มี BMI < 25 (กิโลกรัม/เมตร²) อย่างชัดเจนโดยได้ ICC 0.693 0.766 และ 0.816 ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้สอดคล้องกับค่า SEM ของตัวแปรทั้งสามที่มีค่ามากกว่า SEM ของกลุ่ม BMI < 25 (กิโลกรัม/เมตร²) เล็กน้อย เนื่องจากการวัดทั้งหมดต้องอาศัยทักษะการคลำตำแหน่งกระดูกสะบักผ่านผิวหนัง ซึ่งคนที่มี BMI มากจะมีความหนาของเนื้อเยื่อมากกว่าคนที่มี BMI น้อย ความหนาของเนื้อเยื่อจึงเป็นข้อจำกัดประการหนึ่ง อย่างไรก็ตามวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถใช้ได้ในกลุ่มที่มี BMI ≤ 30 (กิโลกรัม/เมตร²)

ปัจจัยต่อไปที่มีผลต่อ ICC คือ แนวของลำตัวในท่า นั่งได้แก่ การนั่งห่อไหล่หรือนั่งเอียง ในการศึกษานี้ได้ควบคุมให้อาสาสมัครนั่งลำตัวตรงแต่ยังพบว่ามีความแตกต่างกันบ้างระหว่างการวัดทั้ง 2 รอบ ดังจะเห็นว่าค่า retraction และ inferior gliding ที่คำนวณได้จากผลต่างของตำแหน่งของ RSS ในท่าเริ่มต้นและท่ากางแขน 120 องศา เป็นส่วนที่มี ICC น้อยกว่าค่าอื่นๆ ที่วัดได้ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ ในระหว่างขั้นตอนการวัดตำแหน่งของกระดูกสะบัก ผู้วิจัยพบว่าในอาสาสมัครบางคนมีความแตกต่างระหว่างการวัดครั้งที่ 1 และ 2 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เฉพาะท่าแขนวางข้างลำตัว เมื่อกางแขน 60 และ 90 องศาของกลุ่ม NSI ที่มี BMI < 25 (กิโลกรัม/เมตร²)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนของกระดูกสะบักมีหลายประการ โดยเฉพาะปัจจัยจากลักษณะของกลุ่มอาสาสมัครมีผลชัดเจนต่อความเชื่อถือได้ของกระบวนการวัดในการศึกษานี้ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงว่ารูปแบบที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถควบคุมปัจจัยด้านผู้วัด เครื่องมือ ขั้นตอนการวัด และกลุ่มผู้ถูกวัดให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ส่วนการนำวิธีการนี้ไปใช้ประเมินในคลินิกควรหาค่าเฉลี่ยจากการวัดข้อมูลอย่างน้อย 2 รอบเพื่อควบคุมผลจาก random error การศึกษาต่อไปควรมีการพัฒนาให้สามารถวัดด้วยผู้วัดมากกว่าหนึ่งคนและในระยะเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้ประเมินความก้าวหน้าทางคลินิกได้ต่อไป

สรุปผล

การวัดตำแหน่งและกำลังกล้ามเนื้อกระดูกสะบักในการศึกษานี้ วัดในระนาบ scapula ที่กึ่งกลางระหว่างระนาบ sagittal – coronal ของกลุ่มอาสาสมัครที่มีและไม่มี subacromial impingement โดยค่า ICC 0.753 (95% CI 0.701 - 0.796) ถึง 0.904 (95% CI 0.882 - 0.922) และค่า SEM ของ retraction และ inferior gliding มีค่า 0.3 ถึง 0.5 เซนติเมตร

การหมุนของกระดูกสะบัก 1.1 ถึง 2.1 องศา และกำลังกล้ามเนื้อมีค่า 0.5 ถึง 0.8 กิโลกรัม
กระบวนการวัดในการศึกษานี้เป็นวิธีที่แม่นยำ มีความเชื่อถือได้ และสามารถปฏิบัติได้จริงในคลินิก
สำหรับผู้ที่ไม่มีและไม่มี subacromial impingement และผู้ที่มี BMI ≤ 30 (กิโลกรัม/เมตร²)

เอกสารอ้างอิง

- 1 Laudner KG, Stanek JM, Meister K. Assessing posterior shoulder contracture: the reliability and validity of measuring glenohumeral joint horizontal adduction. *J Athl Train* 2006; 414:375-80.
- 2 Dayanidhi S, Orlin M, Kozin S, Duff S, Karduna A. Scapular kinematics during humeral elevation in adults and children. *Clin Biomech* 2005; 206:600-06.
- 3 Hebert LJ, Moffet H, McFadyen BJ, Dionne CE. Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 831:60-9.
- 4 Host HH. Scapular taping in the treatment of anterior shoulder impingement. *Phys Ther* 1995; 759:803-12.
- 5 Laudner KG, Myers JB, Pasquale MR, Bradley JP, Lephart SM. Scapular dysfunction in throwers with pathologic internal impingement. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 367:485-94.
- 6 Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 2910:574-83; discussion 84-6.
- 7 Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech* 2003; 185:369-79.
- 8 Paine RM, Voight M. The role of the scapula. *J Orthop Sports Phys Ther* 1993; 181:386-91.
- 9 Voight ML, Thomson BC. The Role of the Scapula in the Rehabilitation of Shoulder Injuries. *J Athl Train* 2000; 35 3:364-72.

- 10 Borsa PA, Timmons MK, Sauers EL. Scapular-Positioning Patterns During Humeral Elevation in Unimpaired Shoulders. *J Athl Train* 2003; 381:12-17.
- 11 Johnson MP, McClure PW, Karduna AR. New method to assess scapular upward rotation in subjects with shoulder pathology. *J Orthop Sports Phys Ther* 2001; 312:81-9.
- 12 Watson L, Balster SM, Finch C, Dalziel R. Measurement of scapula upward rotation: a reliable clinical procedure. *Br J Sports Med* 2005; 399:599-603.
- 13 McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther* 2006; 868:1075-90.
- 14 Michener LA, Boardman ND, Pidcoe PE, Frith AM. Scapular muscle tests in subjects with shoulder pain and functional loss: reliability and construct validity. *Phys Ther* 2005; 8511:1128-38.
- 15 Nijs J, Roussel N, Vermeulen K, Souvereyns G. Scapular positioning in patients with shoulder pain: a study examining the reliability and clinical importance of 3 clinical tests. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 867:1349-55.
- 16 Hopkins WG. Reliability: X-rely program.
- 17 Chang A. Intraclass correlation program. the Dept. of Obstetrics and Gynaecology, Chinese University of Hong Kong. .
- 18 Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association* 2005; 191:231-40.
- 19 WHO. Obesity and overweight. World Health Organization 2008.

Appendix D

Sample Size Calculation: Base on Pilot Data (Thai)

การคำนวณจำนวนประชากร

การศึกษาคั้งนี้เปรียบเทียบการเคลื่อนของกระดูกสะบักจากกลุ่มประชากร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มี subacromial impingement และไม่มี ในสัดส่วน 1 ต่อ 2 (frequency matched ตามกลุ่มอายุ 20 – 29, 30 - 39, 40 - 49 และ 50 - 65 ปี) ดังนี้

- กลุ่มที่มี subacromial impingement จำนวน 100 คน
- กลุ่มที่ไม่มี subacromial impingement จำนวน 200 คน

การคำนวณอ้างอิงข้อมูลจากอาสาสมัครที่ไม่มี subacromial impingement รวม 22 คน (ตารางที่ 1 และ 2) ในจำนวนนี้พบอาสาสมัคร 8 คนมีค่าการเคลื่อนของกระดูกสะบักที่ผิดปกติตามนิยามของการศึกษาคั้งนี้คิดเป็นร้อยละ 36 ของกลุ่ม หรือ $P_2 = 0.36$ (สรุปผลดังตารางที่ 3) และด้วยการประมาณค่า odds ratio ที่ 2 และ 2.5 ทั้งนี้กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ และ $\beta = 0.2$ ผลการคำนวณประชากรสำหรับการศึกษาคั้งนี้แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ข้อมูลของอาสาสมัครที่มีการเคลื่อนของกระดูกสะบักที่ผิดปกติ*
จากกลุ่มที่ไม่มี subacromial impingement

N = 8			retraction	inferior gliding	scapular upward rotation		
			(ค่า+ retraction)	(ค่า - inferior)	at 60 degrees	at 90 degrees	at 120 degrees
ชื่อ	อายุ	ID	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
ประหัด	39	4	-3.4	-0.4	10.0	19.0	30.0
ประสาน	28	5	-1.5	-2.4	6.0	19.0	31.0
อนันท์	26	11	-0.4	-0.2	7.5	12.0	23.5
ธนัท	23	19	-0.9	-3.0	16.0	19.0	29.0
อรุณ	24	21	-0.3	-1.4	16.0	24.0	33.0
ปริศา	32	23	-0.1	-1.9	12.0	23.5	31.0
ไพรัช	33	25	-1.1	-0.7	12.0	17.5	30.0
จิรวัดน์	26	29	-0.4	-1.8	11.0	16.0	29.0
mean	28.9		-1.0	-1.4	11.3	18.8	29.6
sd	5.4		1.1	1.0	3.6	3.9	2.8
min	23.0		-3.4	-3.0	6.0	12.0	23.5
max	39.0		-0.1	-0.2	16.0	24.0	33.0

* ผิดปกติ คือ มี protraction เมื่อเปรียบเทียบกับท่าทางแขน 60 องศาถึง 120 องศา

ตารางที่ 2 ข้อมูลของอาสาสมัครที่มีการเคลื่อนของกระดูกสะบักที่ไม่ผิดปกติ
จากกลุ่มที่ไม่มี subacromial impingement

N = 14			retraction	inferior gliding	scapular upward rotation		
			(ค่า+ retraction)	(ค่า - inferior)	at 60 degrees	at 90 degrees	at 120 degrees
ชื่อ	อายุ	ID	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
วิโรจน์	37	2	1.3	-1.1	9.0	21.0	36.0
รุ่งโรจน์	29	3	1.3	-2.8	17.5	31.0	42.0
แก้ว	27	8	0.1	0.2	12.0	24.0	33.0
อาทิตย์	22	9	0.9	-2.8	11.0	21.0	38.0
สิทธิชัย	28	10	0.7	-1.1	16.0	22.0	37.5
วิเชียร	37	12	1.2	0.5	12.5	20.0	29.0
อนุพงศ์	23	13	1.5	-1.6	13.0	20.0	23.5
บุญเกิด	32	14	1.5	-1.4	18.0	28.0	31.0
ปัญญา	24	15	0.7	-1.0	16.0	19.0	27.0
ณัฐพจน์	25	16	1.3	-2.6	9.0	21.0	29.0
ณรงค์	26	17	0.7	-0.9	12.0	18.0	30.0
โชคชัย	24	22	1.2	-0.6	15.0	20.0	26.0
ชนสวรรค์	35	26	0.4	0.5	7.5	16.5	24.5
สมภพ	34	28	1.1	-1.3	12.0	21.0	32.0
mean	28.8		1.0	-1.1	12.9	21.6	31.3
sd	5.3		0.4	1.1	3.2	3.8	5.5
min	22.0		0.1	-2.8	7.5	16.5	23.5
max	37.0		1.5	0.5	18.0	31.0	42.0

ตารางที่ 4 จำนวนประชากรสำหรับค่า odds ratio

และจำนวนคู่ระหว่าง cases และ controls

OR	Case: Control	Sample size for cases
2	1:1	133
	1:2	99
	1:4	82
2.5	1:1	77
	1:2	57
	1:4	47

ตารางที่ 3 สรุปจำนวนอาสาสมัครที่มีการเคลื่อนไหวของกระดูกสะบักที่ผิดปกติ

และ

ไม่ผิดปกติจากกลุ่มที่ไม่มี subacromial impingement จำนวน 22

คน

Scapular Motion	Abnormal scapular motion*	Normal scapular motion
Protraction	8 (36 %)	14 (64%)
Superior gliding	3 (14%)	19 (86%)

* Abnormal scapular motion หมายถึง มี protraction, downward rotation

หรือ shoulder shrug ตามที่นิยามในการศึกษานี้

การคำนวณใช้สูตรคำนวณประชากรเพื่อทดสอบสมมติฐาน (Stanley, Hosmer Jr, Janelle & Lwanga, 1990, pp. 19-20) รายละเอียดต่อไปนี้

$$H_0 = P_1 = P_2 \quad H_a = P_1 \neq P_2$$

$$N = \frac{\{ Z_{1-\alpha/2} [\sqrt{2P(1-P)}] + Z_{1-\beta} [\sqrt{P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)}] \}^2}{(P_1 - P_2)^2}$$

$$= \frac{\{ 1.96 [\sqrt{2 \cdot 0.45(1-0.45)}] + 0.842 [\sqrt{0.53(1-0.53) + 0.36(1-0.36)}] \}^2}{(0.57 - 0.4)^2}$$

$$= 133 \quad \text{คน}$$

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

$$P_1 = \frac{(OR) P_2}{(OR) P_2 + (1 - P_2)}$$

P_1 = proportion exposed in subacromial impingement cases

$$= [P_2 \cdot OR / (1 - P_2)] \cdot (1 - P_1) = 0.53$$

P_2 = proportion exposed in non subacromial impingement subjects

$$= 0.36 \quad (\text{ค่า } 36\% \text{ อ้างอิงจากตารางที่ 2})$$

OR = odds ratio = 2

$$P = (0.53 + 0.36) / 2 = 0.45$$

อ้างอิง

Stanley, L., D. w. Hosmer Jr, K. Janelle and S. K. Lwanga (1990). Sample Size for Case-Control Studies. Adequacy of Sample Size in Health Studies(pp. 19-20). England, Jhon Wiley & Sons.

Appendix E

Selection of Controls by Systematic Sampling Method (Thai)

**การคัดเลือกอาสาสมัครกลุ่มควบคุม (ไม่มี subacromial impingement)
ด้วย Systematic Sampling Method**

การคัดเลือกอาสาสมัครกลุ่มควบคุม (ไม่มี subacromial impingement)

อาสาสมัครกลุ่มควบคุมได้จากผู้มาหรือผู้มารับการตรวจสุขภาพที่สถานบริการสาธารณสุขในพื้นที่วิจัย โดยวิธีการสุ่มตัวอย่าง Systematic Sampling เพื่อให้ได้จำนวนอาสาสมัครกลุ่มควบคุม 2 คนต่ออาสาสมัครกลุ่มที่มี subacromial impingement 1 คน
วิธีการสุ่มตัวอย่าง ด้วย Systematic Sampling

1. ผู้ช่วยวิจัยให้ลำดับของผู้มาหรือผู้มารับการตรวจสุขภาพที่สถานบริการสาธารณสุขในแต่ละวัน ทำการเฉพาะผู้ที่มีคุณสมบัติเป็นประชากรวัยทำงาน อายุ 20 – 65 ปี
2. ผู้ช่วยวิจัยเลือกตัวอย่างลำดับที่ 1 และ 2 จากนั้นให้เว้นไป 3 คนจนถึงตัวอย่างลำดับที่ 6 และ 7 ให้เลือกไว้จากนั้นเว้นไปอีก 3 คนทำเช่นนี้ไปทุกวันที่เก็บข้อมูลวิจัย
3. กรณีที่อาสาสมัครไม่ยินยอมหรือไม่มีคุณสมบัติตามที่กำหนดในงานวิจัยให้เลือกจากลำดับถัดไปใน 3 คนมาทดแทน

ตาราง แสดงวิธีการสุ่มตัวอย่าง สีที่บ่งคือลำดับของตัวอย่างที่เลือกเข้าเป็นอาสาสมัครควบคุม

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Appendix F

Occupation of the Participants

Occupation of the participants is described in detail in table E. From their job characteristic, manual labor was classified as blue collar worker. On the other hand, white collar worker was classified as non-manual labor. In white collar worker group, teacher and official worker accounted for 9.4 percent and 8.4 percent of all participants, respectively. Among all blue collar workers: farmer, house keeper, construction worker and food services were majority careers that were engaged and the distribution was in the range of 10.1 percent to 12.1 percent of total participants. Apart from these, factory worker, driver, general wage worker, health care worker, gardener, fish farm worker, grocery shop worker, hairstylist or dress maker and soldier or police were included. The contribution of this part was in the range of 1.0 percent to 6.4 percent of the whole participants. Lastly, there was 0.1 percent or one participant missed to report his occupation.

Table F Distribution of Participants' Occupation

Occupation ^a		Cases (SI)		Controls (NSI)		Total	
		n	(%)	n	(%)	n	(%)
White collar worker	Teacher	10	(10.1)	17	(8.6)	27	(9.1)
	Official worker	12	(12.1)	14	(7.1)	26	(8.7)
	Farmer	3	(3.0)	33	(16.7)	36	(12.1)
	Wage worker	14	(14.1)	22	(11.1)	36	(12.1)
	Food preparation/ cooking/serving	11	(11.1)	19	(9.6)	30	(10.1)
	House keeper	10	(10.1)	21	(10.6)	31	(10.4)
	Construction worker	9	(9.1)	17	(8.6)	26	(8.7)
	Driver	6	(6.1)	12	(6.1)	18	(6.1)
Blue collar worker	Factory worker	5	(5.1)	11	(5.6)	16	(5.4)
	Health care giver	7	(7.1)	9	(4.5)	16	(5.4)
	Fish farmer	4	(4.0)	7	(3.5)	11	(3.7)
	Gardener	4	(4.0)	6	(3.0)	10	(3.4)
	Grocery shop	3	(3.0)	2	(3.0)	5	(1.7)
	Hair/ dress maker	0	(0.0)	5	(2.5)	5	(1.7)
	Soldier/police	1	(1.0)	2	(1.0)	3	(1.0)
Missing		0	(0.0)	1	(0.5)	1	(0.3)
Total		99	(100.0)	198	(100.0)	297	(100.0)

^a Blue collar worker was manual labor.

By opposing, white collar worker performs non-manual labor.

Appendix G

List of Abbreviations

SI	Subacromial impingement
NSI	Non subacromial impingement
BMI	Body Mass Index
cm.	Centimeter
m.	Meter
kg.	Kilogram
OR	Odds ratio
sd	Standard deviation
ICC	Intraclass correlation
SEM	Standard error of measurement
ซม.	เซนติเมตร
ม.	เมตร
กก.	กิโลกรัม

Vita

Nmae	Mrs. Nitaya Prodsathaporn
Date of Birth	April 12, 1962
Education	Bachelor of Science (Physiotherapy) from Mahidol University, Thailand on March 1985. Master of Science (Physiotherapy) from Mahidol University, Thailand on September 1994.