



วารสาร เทคนิคการแพทยํ เชียงใหมํ

• เทคนิคการแพทยํ • กายภาพบําบัด • กิจกรรมบําบัด • รั้งสีเทคนิค

ปีที่ 49 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2559

E-ISSN : 2465-4515

BULLETIN OF CHIANG MAI ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES



ທຣຽງພຣະເຈົ້າ

Content

298

ผลของโปรแกรมฝึกความคิดความเข้าใจต่อความสามารถด้านความคิดความเข้าใจในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

Effects of cognitive training program on cognitive abilities in stroke patients

รศกัญญา คันธีร์¹ จริญญา ปัญญามี ทิพย์พยอม² พีรยา มั่นเขติวิท³
Rakreuthai Khanthee¹ Jananya Panyamee Dhippayom² Peeraya Munkhetvit³

307

การเปรียบเทียบการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc-Pentetate (DTPA) ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษและแบบเยื่อบาง
A comparison of radiochemical purity testing of ^{99m}Tc-Pentetate (DTPA) between paper and thin layer chromatographic techniques

มนตร์ ตั้งใจ* จิตติมา ยิ่งใหญ่ ทาริกา ธรรมวิจิต
Montree Tungjai Thitima Yingyai Tarika Thumvijit

312

ผลของบริเวณที่สนใจต่อการวัดสัญญาณรบกวนของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

Effects of region of interest to noise measurement in computed tomographic image

ธัญวีร์ เพ็งแป้น* สุภาวิฑู สุขเพ็ง วรียา ยะสานติทิพย์ ศุภลักษณ์ จังคศิริ อักลีมา อินเดริส
Thanyawee Pengpan* Supawitoo Sookpeng Wariya Yasantitip Supaluck Changkasiri Arkleema Inderis

323

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อรอบสะบักในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

Correlation between abdominal and scapular muscle strength in upper back pain patients with and without scapulocostal syndrome

วันชัยพร สุกเสถียร^{1,2} ยอดชาย บุญประกอบ³ ทกมล กมลรัตน์³ ลักขณา มาทอ³
Wanatchaporn Supasatean^{1,2} Yodchai Boonprakorb³ Torkamol Kamolrat³ Lugkana Mator³
ไพฑูรย์ เบญจพรเลิศ⁴ เสาวนันท บำเรอราช⁵ สุภาภรณ์ ผดุงกิจ³
Paitoon Benjapornlert⁴ Sauwanan Bumreraj⁵ Supaporn Phadungkit³

338

การประเมินความสามารถในการทรงตัวในผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

The assessment of balance ability in person with type 2 diabetes mellitus

พัชรียา อัมพฐ* อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ ใหม่ทิพย์ สิริรัตน สิริมา วงษ์พล นพรัตน์ สังฆฤทธิ์
Patchareeya Amput* Arunrat Srithawong Maitip Sittitan Sirima Wongphon Noppharath Sangkarit

344

ความน่าเชื่อถือของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและหลอดเลือด

Reliability of heart rate maximizer test using jumping jack in assessing cardiovascular fitness

กฤษณา บุญทา* อุบล พิรุณสาร เพียรชัย คำวงษ์ สายนที ปรรณนาผล
KritsanaBoontha* UbonPirunsan PeanchaiKhamwong SainateePratanaphon



Content

355

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการทรงตัวที่วัดด้วย Star Excursion Balance Test ในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีภาวะอ้วน

Relationship between lower limb muscle strength and balance measured by Star Excursion Balance Test in obese young adults

วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา

Weerasak Tapanya

363

ผลของการฝึกโยคะต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในอาสาสมัครเพศหญิง

The effects of yoga training on chest wall expansion and respiratory muscle strength in female subjects

สรายุทธ มงคล

Sarayoot Mongkol

370

ผลของการออกกำลังกายด้วยเกมนินเทนโดวีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนอ้วนเพศหญิง

The effect of exercise with Nintendo Wii toward respiratory muscle strength in obese females

สรายุทธ มงคล

Sarayoot Mongkol

377

ฟีโนไทป์หลากหลายของเชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส ซีโรไทป์ 2 ที่แยกได้จากผู้ป่วยในภาคเหนือ ประเทศไทย โดยศึกษาจากการอยู่รอดในเลือดและซีรัม

Phenotypic variation of Streptococcus Suis Serotype 2 isolated from Northern Thai patients characterized by survival in human blood and serum

จีระพงศ์ ขิขุนทด

ขวัญจิต ดวงสงค์

มานู ดีอุดม

หทัยรัตน์ ธนัญชัย*

Jeeraphong Khikhuntod

Kwanjit Duangsonk

Manu Deedom

Hathairat Thananchai*

389

การพัฒนาวิธี tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L10F14 ของยีนโซเดียมแชนแนลที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานต่อสารไพรีทรอยด์ในยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus*

Development of tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) for the detection of L1014F mutation in sodium channel gene associated with pyrethroid resistance in mosquito *Culex quinquefasciatus*

เสาวนีย์ ชำนาญยา

ปรัชญา สมบูรณ์

นงคราญ ลำจวน

จินตนา ยาโนละ*

Saowanee Chamnanya

Pradya Somboon

Nongkran Lumjuan

Jintana Yanola*

400

ประสิทธิผลของการเตรียม single donor platelet ชนิด double dose ด้วยเครื่องอัตโนมัติระบบ continuous flow และ intermittent flow

Effectiveness of double dose in single donor platelet preparation by the automated blood cell separators in continuous and intermittent flow system

วารangkนา โสพลลิกิต*

พิเชษฐ เวียงหม

Warangkana Soloslikit*

Pichet Vienghok



BULLETIN OF CHIANG MAI ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES

Focus and scope

The Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences (Bull Chiang Mai Assoc Med Sci) is the official peer-reviewed journal of the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University. Manuscripts (original articles, general articles, short technical reports, notes, and letter to editor) in areas of Medical Technology, Physical Therapy, Occupational Therapy, Radiologic Technology, and related fields are welcomed. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci is published 3 times a year in January, May and September.

The goal of Bull Chiang Mai Assoc Med Sci is to provide a platform for scientists and academicians to promote, share, and discuss various new issues and developments in different areas of Medical Technology, Physical Therapy, Occupational Therapy, and Radiologic Technology.

The final decision on publication of a manuscript rests with the Editorial Board and ultimately with the Editor. All papers, regardless of type, represent the opinion of the authors and not necessarily that of the Editor, the Association of the Publisher.

Objectives

The Journal of Associated Medical Sciences aims to publish integrating research papers in areas of Medical Technology, Physical Therapy, Occupational Therapy, Radiologic Technology, Communication Disorders and related under peer-reviewed via double-blinded process by at least two internal and external reviewers.

Types of manuscript

Manuscripts may be submitted in the form of original articles, general articles, short technical reports, notes, or letters to editor where, as an approximate guide to length:

- Review articles would not normally exceed 20 journal pages of printed text, inclusive of tables, figures, and references
- Original articles would not normally exceed 15 journal pages, similarly all-inclusive.
- Short communications including technical reports, notes, and letter to editor would not normally exceed 5 journal pages

Peer review process

All manuscripts must be peer-reviewed via double-blinded process by at least 2 internal and external reviewers in the areas of Medical Technology, Physical Therapy, Occupational Therapy, Radiologic Technology, Communication Disorders and related.

Publication frequency

Bulletin Chiang Mai Associated Medical Sciences publishes 3 times a year

Volume 1: January-April

Volume 2: May-August

Volume 3: September-December

Editor

Associate Professor Dr. Preeyanat Vongchan

Associate Editor

Associate Professor Dr. Thanusak Tatu

Editorial Board

Professor Dr. Sakorn Pornprasert	Chiang Mai University
Associate Prof. Dr. Suchart Kothan	Chiang Mai University
Assistant Prof. Dr. Supaporn Chinchai	Chiang Mai University
Lecturer Araya Yanakai	Chiang Mai University
Associate Prof. Dr. Supan Fuchaoen	Khon Kaen University
Associate Prof. Goonnapa Fucharoen	Khon Kaen University
Associate Prof. Dr. Ganjana Lertmemongkolchai	Khon Kaen University
Professor Eimorn Mairiang, M.D	Khon Kaen University
Assistant Prof. Nantaya Udompanich	Khon Kaen University

Assistant Prof. Dr. Yodchai Boonprakob	Khon Kaen University
Associate Prof. Dr. Somchai Rattanathongkom	Khon Kaen University
Associate Prof. Dr. Vinit Ungpinitpong	Khon Kaen University
Professor Dr. Suthat Foocharoen, M.D.	Mahidol University
Associate Prof. Dr. Roongtiwa Vachalathiti	Mahidol University
Assistant Prof. Dr. Wattana Jalayondeja	Mahidol University
Assistant Prof. Dr. Raweevan Leksakulchai	Mahidol University
Assistant Prof. Dr. Supalak Khemthong	Mahidol University
Associate Prof. Dr. Jiraporn Tocharoenchai	Mahidol University
Associate Prof. Dr. Rujaporn Chanachai	Mahidol University
Associate Prof. Dr. Prawit Janwantanakul	Chulalongkorn University
Assistant Prof. Dr. Rotsalai Kanlayanaphotporn	Chulalongkorn University
Professor Dr. Kesara Na Bangchang	Thammasart University
Assistant Prof. Dr. Kanda Chaipinyo	Srinakharinwirot University
Assistant Prof. Dr. Rumpa Boonsinsukh	Srinakharinwirot University
Assistant Prof. Dr. Pomratchanee Weerapong	Huachiew Chalermprakiat University
Associate Prof. Therdchai Jivacate, M.D	Protheses Foundation of H.R.H The Princess Mother
Professor Dr. Navapun Charuruks, M.D.	Bumrungrad International Hospital
Somchai Jeadsermanant	Charoenkrung Pracharak Hospital, Bangkok
Tasanee Sakuldamrongpanich	Thai Red Cross, Bangkok
Pornsawan Posawang	Sirindhorn National Medical Rehabilitation Center, Nonthaburi
Professor Dr. Srijit Das	Faculty of Medicine, Universiti Kebangsaan Malaysia.
Professor Dr. Witaya Mathiyakom	Department of Biological Sciences University of Southern California, USA
Professor Dr. Jourdain Gonzague	Department of Immunology and Infectious Diseases, Harvard school of Public Health, USA
Dr. Timothy R. Cressey	Department of Immunology and Infectious Diseases, Harvard school of Public Health, USA
Associate Professor Dr. Valerie Wright-St Clair	Auckland University of Technology, New Zealand
Dr. Nicole Ngo-Glang-Huang	Laboratory Director, Institut Pasteur, Paris XI University, France
Professor Dr. Clare Hocking	Department of Occupational Science and Therapy, School of Rehabilitation and Occupation Studies Faculty of Health & Environmental Sciences, AUT University New Zealand
Professor Dr. Cecilia Li-Tsang	Department of Rehabilitation Science, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
Professor Dr. David Man	Department of Rehabilitation Sciences, Hong Kong Poly Technic University, Hong Kong

Business manager

Mrs. Jariya Garthong

Treasurer

Mrs. Angsumalee Srithiruen

Registra Staff

Mr. Thanakorn Karnluksanee

Mr. Manut Manokhum

Webpage Administrative Staff

Mr. Nopporn Phuangsombat

Mr. Anurak Bunpun

Mr. Tapapol Comnoi

Journal Impact Factor

The journal's 2014 Impact Factor is 0.077

Journal website

Homepage <http://journal.ams.cmu.ac.th/index.php/j>

Journal ISSN:

0125-5347

Editorial Office

Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

110 Inthawaroros Road, Suthep, Muang, Chiang Mai, 50200

Phone 053 935072 Facsimile 053 936042

Disclaimer

Personal views expressed by the contributors in their articles are not necessarily those of the Bulletin Chiang Mai Associate Medical Sciences, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University.



วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

ความครอบคลุมของวารสาร

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่เป็นวารสารวิชาการดำเนินงานโดยคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เผยแพร่บทความที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิคและสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นเวทีนำเสนอและแบ่งปันองค์ความรู้ทางวิชาการสำหรับนักวิจัย นักวิชาการ และนักวิชาชีพ ประกอบด้วย บทความทั่วไป บทความปริทัศน์ นิพนธ์ต้นฉบับ และ จดหมายถึงบรรณาธิการ วารสารเทคนิค บทความทุกบทจะได้รับการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขานั้นจากภายในและภายนอก อย่างน้อย 2 คน วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ ตีพิมพ์เผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ ในเดือนมกราคม พฤษภาคม และกันยายน

วัตถุประสงค์

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย ความรู้และความก้าวหน้าทางวิชาการที่มีคุณภาพในด้านเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิคและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ด้วยระบบการตรวจประเมินคุณภาพบทความทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิภายในและภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้นอย่างน้อย 2 คน

ชนิดของบทความ

บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิค และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ในลักษณะต่างๆ ได้แก่ นิพนธ์ต้นฉบับ บทความทั่วไป รายงานเทคนิคและบันทึกสั้น รวมถึงจดหมายถึงบรรณาธิการ โดยจำกัดความยาวดังนี้

- บทความทั่วไป ความยาวไม่เกิน 20 หน้าพิมพ์ รวมเนื้อความ ตาราง รูปประกอบและเอกสารอ้างอิง
- นิพนธ์ต้นฉบับ ความยาวไม่เกิน 15 หน้าพิมพ์ รวมเนื้อความ ตาราง รูปประกอบและเอกสารอ้างอิง
- รายงานเทคนิค บันทึกสั้นและจดหมายถึงบรรณาธิการ ความยาวไม่เกิน 5 หน้าพิมพ์

การพิจารณาบทความ

บทความที่ขอรับการพิจารณากับวารสารเทคนิคการแพทย์ ต้องได้รับการประเมินและพิจารณาเนื้อหาทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 คน ที่เห็นพ้อง โดยเป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายในและภายนอกที่เชี่ยวชาญในสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิค และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กำหนดการตีพิมพ์

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ มีกำหนดการตีพิมพ์ 4 เดือนต่อ 1 ฉบับ ทั้งหมด 3 ฉบับต่อปี ดังนี้

ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน

ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม

ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ปรียานาถ วงศ์จันทร์

รองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ธนศักดิ์ ตาตุ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร. สาคร พรประเสริฐ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ โกกัณฐ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาพร ชินชัย

อาจารย์ อารยา ญาณกาย

รองศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณ พุเจริญ

รองศาสตราจารย์ กุลนภา พุเจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เลิศมิ่งมงคลชัย

ศาสตราจารย์ พญ. เอมอร ไม้เรียง

ผศ.นันทยา อุดมพานิชย์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยอดชาย บุญประกอบ
 รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย รัตนทองคำ
 รองศาสตราจารย์ ดร. วินิจ อึ้งพินิจพงษ์
 ศาสตราจารย์ ดร. นพ. สุทัศน์ ฟูเจริญ
 รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา วัฒนละฐิติ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรธนะ ชลายนเดชะ
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวีวรรณ เล็กสกุลไชย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภลักษณ์ เข้มทอง
 รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ โตเจริญชัย
 รองศาสตราจารย์ ดร. รุจพร ชนะชัย
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประวิตร เจนวรรณกุล
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รสสัย กัลยาณพจน์พร
 ศาสตราจารย์ ดร. เกศรา ณ บางช้าง
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กานดา ชัยภิญโญ
 รองศาสตราจารย์ ดร. รัมภา บุญสินสุข
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรวิชณี วีระพงษ์
 รองศาสตราจารย์ นพ. เทอดชัย ชีวะเกตุ
 ศาสตราจารย์ พญ. นพวรรณ จารุรักษ์
 คุณสมชัย เจิตเสริมอนันต์
 คุณทัศนีย์ สกุลดำรงคัพานิช
 คุณพรสวรรค์ โพธิสว่าง
 Professor Dr. Srijit Das
 Professor Dr. Witaya Mathiyakom
 Professor Dr. Jourdain Gonzague
 Dr. Timothy R. Cressey
 Associate Professor Dr. Valerie Wright-St Clair
 Dr. Nicole Ngo-Glang-Huang
 Professor Dr. Clare Hocking

 Professor Dr. Cecilia Li-Tsang
 Professor Dr. David Man

มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 มหาวิทยาลัยมหิดล
 คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
 มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
 มูลนิธิเทียมในสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี เชียงใหม่
 โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ กรุงเทพมหานคร
 โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์
 สภาอากาศไทย
 ศูนย์ฟื้นฟูสมรรถภาพแห่งชาติสิรินธร นนทบุรี
 Faculty of Medicine, Universiti Kebangsaan Malaysia.
 Department of Biological Sciences University of Southern California, USA
 Department of Immunology and Infectious Diseases, Harvard school of Public Health, USA
 Department of Immunology and Infectious Diseases, Harvard school of Public Health, USA
 Auckland University of Technology, New Zealand
 Laboratory Director, Institut Pasteur, Paris XI University, France
 Department of Occupational Science and Therapy, School of Rehabilitation and Occupation
 Studies Faculty of Health & Environmental Sciences, AUT University New Zealand
 Department of Rehabilitation Science, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong
 Department of Rehabilitation Sciences, Hong Kong Poly Technic University, Hong Kong

ผู้จัดทำ

นางจริยา กาทอง

ฝ่ายบัญชีและการเงิน

นางอังศุมาลี ศรีทิเรื่อน

ฝ่ายทะเบียน

นายธนกร การลักษณะณี

นายมะนัด มะโนคำ

สารสนเทศ

นายณพพร พวงสมบัติ

นายอนุรักษ์ บุญปัน

นายรูปพล คำน้อย

Journal Impact Factor

อ้างอิงศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (ประจำปี 2557) 0.077

ฝ่ายศิลปกรรม

รูปพล คำน้อย

เว็บไซต์ของวารสาร

Homepage [http://: www.ams.cmu.ac.th/journal](http://www.ams.cmu.ac.th/journal)

รหัสวารสาร

0125-5347

ดำเนินงานจัดทำโดย

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เลขที่ 110 ถนนอินทวิโรตธ ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 053 935072 โทรสาร 053 936042

ความรับผิดชอบบทความ

ข้อมูล วรรณกรรม และข้อความใดๆ ที่ปรากฏในวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ เป็นของผู้เขียน หรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
 วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

Editorial

นิตยสารbulletinAMS

This September issue contains several research articles from all related areas. The articles appearing in the journal are interesting and can be applied in our routine work and in developing research projects.

This issue is special for many reasons. First, it is the last issue of the year 2016. Second, it is the last issue that appears on the website run by the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, and it will use its Thai name, “วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ or **Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences**” for the last time. Since the journal was recognized as a Pier 1 of Thailand Citation Index (TCI) and in ASEAN Citation Index (ACI), we proudly inform you that the journal has improved gradually and received an impact factor of 0.101. Therefore, the editorial board decided to change its name to the “**Journal of Associated Medical Sciences (JAMS)**” as to gain more international recognition. The journal will be operated under TCI from the first issue, of the 50th year, in January 2017.

We would like to invite you to send your article for our consideration to publish in this journal. Your English article will be recognized internationally.

Submission is available at <https://www.tci-thaijo.org/index.php/bulletinAMS>.

On this occasion, we, the editorial board, would like to thank all the experts whose names appear on the back of this journal for taking your time to read and evaluate all articles sent to us in the year 2016.

Associate Prof. Dr. Preeyanat Vongchan

Editor

บทบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ฉบับเดือนกันยายนมีบทความวิจัยจำนวนมากจากทุกสาขาวิชา เป็นเรื่องน่าสนใจสามารถนำไปพัฒนาและปรับใช้ในงานประจำวันได้ รวมถึงการวิจัยที่พัฒนาต่อยอดได้

ฉบับเดือนกันยายนในมือทุกท่านนี้เป็นฉบับพิเศษ เพราะจะเป็นฉบับสุดท้ายของปี 2559 นอกจากนี้ยังเป็นฉบับสุดท้ายที่จะดำเนินการทุกภารกิจผ่านเว็บไซต์เดิมที่ดำเนินการโดยวารสารเทคนิคการแพทย์ ผ่านหน้าเว็บไซต์คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเป็นฉบับสุดท้ายที่จะใช้ชื่อ “วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่” เพราะหลังจากเข้าสู่ฐานข้อมูลการอ้างอิงวารสารไทย (Thailand Citation Index, TCI) ในกลุ่มที่ 1 และเข้าสู่ฐานสากลอาเซียน (ASEAN Citation Index, ACI) แล้ววารสารมีการพัฒนาดีขึ้นเป็นลำดับอย่างน่าภาคภูมิใจ มีค่า Impact factor ประจำปี 2558 เท่ากับ 0.101 ดังนั้น กองบรรณาธิการวารสารจึงมีดำริให้เปลี่ยนชื่อวารสารเป็น “**Journal of Associated Medical Sciences (JAMS)**” เพื่อผลักดันวารสารเข้าสู่ความเป็นสากลมากขึ้น ทั้งนี้จะเริ่มดำเนินการทุกภารกิจผ่านเว็บไซต์ใหม่ของวารสารภายใต้ความดูแลของ TCI ที่ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/bulletinAMS> และใช้ชื่อใหม่ “**Journal of Associated Medical Sciences (JAMS)**” ตั้งแตฉบับที่ 1 ปีที่ 50 ในเดือนมกราคม 2560 เป็นต้นไป

จึงขอเชิญชวนทุกท่านร่วมส่งบทความเพื่อขอรับการพิจารณาและตีพิมพ์ในวารสาร ทั้งนี้ การเขียนบทความเป็นภาษาอังกฤษจะช่วยให้บทความของท่านเข้าถึงความเป็นสากลมากขึ้นด้วยค่ะ

ในโอกาสนี้ กองบรรณาธิการวารสารฯ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านซึ่งมีรายนามปรากฏข้างท้ายของวารสารฉบับนี้ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าของท่านในการอ่านประเมินทุกบทความที่ขอรับการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารมาโดยตลอดปี 2559

รองศาสตราจารย์ ดร. ปริญญาถ วังจันทร์
บรรณาธิการวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

ผลของโปรแกรมฝึกความคิดความเข้าใจ ต่อความสามารถด้านความคิดความเข้าใจในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

Effects of cognitive training program on cognitive abilities in stroke patients

■ รักฤทัย คันทธี¹ จันญญา ปัญญามี ทิพย์พยอม² พีรยา มั่นเขตรวิทย์^{3*}
Rakreuthai Khanthee¹ Jananya Panyamee Dhippayom² Peeraya Munkhetvit^{3*}

ภาควิชากิจกรรมบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

Department of Occupational Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: peeraya_m@hotmail.com)

* Corresponding author (Email: peeraya_m@hotmail.com)

Received June 2016

Accepted as revised August 2016

Abstract

Background: Impairment of cognitive functions has an impact on an ability to pursue daily life occupations in stroke patients. As a consequence, cognitive training program for enhancing cognitive functions in this patient group is needed.

Objective: To examine the effect of cognitive training program on 4 skills of cognitive functions including orientation, attention, memory, and executive functions, in stroke patients

Methods: Participants were 10 cognitive impaired stroke patients as screened by the Mini-Mental State Examination: Thai Version (MMSE-Thai-2002). They were purposively recruited and received the cognitive training program 3 times a week for 6 consecutive weeks. The outcome measures for assessing cognitive abilities were the Trail Making Test, Thai Cognitive-Perceptual Test (Thai-CPT), and Dynamic Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment for Adults (DLOTCa). Data was analyzed using descriptive statistics and Wilcoxon Signed Ranks Test.

Results: After receiving the cognitive training program, participants had significant improvement in 4 cognitive skills; orientation, attention, memory, and executive functions ($\alpha=0.05$).

Conclusion: Cognitive training program of this study could enhance cognitive abilities in stroke patients.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 298-306. Doi: 10.14456/jams.2016.39

Keywords: Cognition, cognitive training program, stroke

บทคัดย่อ

บทนำ: ความบกพร่องของทักษะด้านความคิดความเข้าใจส่งผลกระทบต่อการทำกิจกรรมและการดำเนินชีวิตของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง การให้โปรแกรมเพื่อกระตุ้นและส่งเสริมทักษะด้านความคิดความเข้าใจจึงเป็นสิ่งสำคัญ

วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบผลของโปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจต่อความสามารถด้านความคิดความเข้าใจ 4 ด้าน ได้แก่ การรับรู้วันเวลาสถานที่ ความสนใจจดจ่อ ความจำ และการบริหารจัดการ ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

วัสดุและวิธีการ: กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีความบกพร่องด้านความคิดความเข้าใจ จากการประเมินด้วยแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini-Mental State Examination: Thai Version หรือ MMSE-Thai-2002) คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 10 ราย กลุ่มตัวอย่างได้รับการฝึกตามโปรแกรมจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ติดต่อกัน เครื่องมือประเมินผลลัพธ์ก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ แบบประเมิน Trail Making Test เครื่องมือประเมินการรับรู้และความรู้ความเข้าใจสำหรับคนไทย (Thai Cognitive-Perceptual Test: Thai-CPT) เครื่องมือประเมิน Dynamic Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment for Adults (DLOTCa) วิเคราะห์ผลการศึกษาโดยสถิติเชิงพรรณนา และสถิตินอนพาราเมตริก Wilcoxon Signed Ranks Test

ผลการศึกษา: หลังการได้รับการฝึกตามโปรแกรม กลุ่มตัวอย่างมีความสามารถด้านความคิดความเข้าใจทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การรับรู้วันเวลาสถานที่ ความสนใจจดจ่อ ความจำ และการบริหารจัดการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) เมื่อเทียบกับก่อนการได้รับการฝึกตามโปรแกรม

สรุปผลการศึกษา: โปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ช่วยกระตุ้นหรือส่งเสริมทักษะด้านความคิดความเข้าใจในกลุ่มตัวอย่างโรคหลอดเลือดสมอง

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 298-306. Doi: 10.14456/jams.2016.39

คำรหัส: ความคิดความเข้าใจ โปรแกรมฝึกความคิดความเข้าใจ โรคหลอดเลือดสมอง

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมองเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุขของโลก องค์การโรคหลอดเลือดสมองโลก (World Stroke Organization: WSO) รายงานสาเหตุการตายจากโรคหลอดเลือดสมองเป็นอันดับ 2 ของประชากรที่มีอายุมากกว่า 60 ปีขึ้นไป ในแต่ละปีทั่วโลกมีคนเสียชีวิตจากโรคนี้ประมาณ 6 ล้านคน¹ จากรายงานสถิติสาธารณสุขไทยในรอบ 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2546-2555 พบว่าโรคหลอดเลือดสมองมีอัตราการตายเป็นอันดับ 3 ของประชากรไทยและมีอัตราการป่วยเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2555 พบผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง 319 รายต่อประชากร 100,000 ราย² แสดงให้เห็นว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นปัญหาที่สำคัญมากในปัจจุบัน ความบกพร่องของทักษะด้านความคิดความเข้าใจ (cognitive impairment) ถือเป็นความบกพร่องที่พบ ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง (ประมาณ 1 ใน 3)³ ทักษะด้านความคิดความเข้าใจเป็นความสามารถ

ของมนุษย์ในการได้มา จัดการ และใช้ข้อมูลหรือสิ่งเร้าต่างๆ ในการปรับตัวให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมและบริบท⁴ ประกอบด้วยหลายทักษะย่อยที่ทำงานร่วมกัน เช่น ความจำ ความสนใจจดจ่อ การคิดตัดสินใจ การจัดการ การแก้ไขปัญหา การวางแผน ฯลฯ ทักษะด้านความคิดความเข้าใจเหล่านี้มีความจำเป็นในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้น ความบกพร่องด้านความคิดความเข้าใจไม่ว่าด้านใดย่อมส่งผลให้ผู้ป่วยมีความยากลำบากในการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อดำเนินชีวิตไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมง่าย ๆ เช่น การทำกิจวัตรประจำวัน หรือกิจกรรมที่ซับซ้อนขึ้น เช่น การทำงาน การทำกิจกรรมยามว่าง การมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆ และส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมในการบำบัดฟื้นฟูสภาพร่างกายด้านอื่น รวมถึงคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย^{4,5} นอกจากนี้ ความบกพร่องด้านความคิดความเข้าใจยังอาจเป็นความเสี่ยงที่จะพัฒนาสู่ภาวะสมองเสื่อมจากหลอดเลือดสมอง (vascular dementia)

ได้⁵ จะเห็นได้ว่าความบกพร่องด้านความคิดความเข้าใจไม่ได้ส่งผลกระทบต่อเฉพาะตัวผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเองเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อผู้ดูแลและครอบครัวในด้านสุขภาพกาย จิตใจ เศรษฐกิจ และสังคม⁴

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นทักษะด้านความคิดความเข้าใจ พบว่า ในต่างประเทศมีการศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโปรแกรมหรือเทคนิคการฟื้นฟูความคิดความเข้าใจในรูปแบบต่างๆ เช่น งานวิจัยของ Doornhein และ DeHaan⁶ ศึกษาประสิทธิภาพของโปรแกรมฝึกความจำในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในประเทศเนเธอร์แลนด์ พบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกด้วยโปรแกรมฝึกความจำมีความสามารถด้านความจำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาของ Boman และคณะ⁷ เกี่ยวกับประสิทธิภาพของการฟื้นฟูความคิดความเข้าใจในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บของสมองภายในสภาพแวดล้อมที่บ้านและที่ทำงานในประเทศสวีเดน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีทักษะในด้านความจำ ความสนใจจดจ่อ และกลยุทธ์ในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น การศึกษาวิจัยของ Westerberg และคณะ⁸ ด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อส่งเสริมทักษะด้านความจำในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในประเทศสวีเดน พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองมีทักษะด้านความจำเพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม หรือ Pyun และคณะ⁹ ใช้โปรแกรมที่ประกอบด้วยการออกกำลังกาย กิจกรรมบนโต๊ะ สื่อการเรียนการสอน เกม และการเล่าเรื่องในการฝึกกลุ่มตัวอย่างโรคหลอดเลือดสมองที่บ้าน ผลการศึกษาพบว่าความสามารถด้านกิจวัตรประจำวันและความคิดความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่ Boman และคณะ¹⁰ ใช้อุปกรณ์ช่วยจำ (electronic memory aids) ในการช่วยเตือนและกระตุ้นผู้ป่วย พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีแนวโน้มในการเรียนรู้ดีขึ้น สำหรับงานวิจัยที่ใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้นเช่น การศึกษาวิจัยของ Yip และ Man¹¹ ซึ่งใช้เทคนิคภาพเสมือนจริง (virtual reality) ในการฟื้นฟูความจำในอนาคตของกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บของสมองในเขตปกครองพิเศษฮ่องกง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทักษะด้านความจำเพิ่มขึ้นหลังได้รับโปรแกรม

เห็นได้ว่าในต่างประเทศ มีการศึกษาวิจัยที่หลากหลายในเรื่องของการใช้สื่อ เทคนิค วิธีการ สภาพแวดล้อม เช่น ให้ความรู้แก่ผู้ป่วยและญาติ ออกกำลังกาย ใช้แบบฝึกหัดกระดาษ และดินสอ ใช้เกมหรืออุปกรณ์ที่ทำกิจกรรมบนโต๊ะ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อ เช่น คอมพิวเตอร์ หรือเทคนิคภาพเสมือนจริง โดยมีการศึกษาทั้งในสภาวะแวดล้อมที่เป็นสถานพยาบาลหรือสภาวะแวดล้อมที่เป็นที่อยู่อาศัยหรือที่ทำงานของผู้ป่วย รวมทั้งเน้นศึกษาทักษะด้านความจำเป็นส่วนใหญ่ แต่การศึกษาในประเทศไทยมีการศึกษาในด้านความคิด

ความเข้าใจในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอย่างจำกัดมาก โดยเฉพาะการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้เทคนิคและวิธีการหลายๆ แบบผสมผสานกัน รวมทั้งการส่งเสริมทักษะด้านความคิดความเข้าใจหลายด้านยังไม่ปรากฏในวรรณกรรมการศึกษาวิจัยของประเทศไทย นอกจากนี้การนำโปรแกรมและวิธีการของต่างประเทศมาใช้ในประเทศไทยโดยไม่ได้อดaptให้เหมาะสมกับบริบทและวัฒนธรรมยังอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการบำบัดฟื้นฟูผู้ป่วยกลุ่มนี้ได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของโปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่พัฒนาโดย พี่ยา มั่นเขตวิทย์ และคณะ¹² ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เน้นการกระตุ้นทักษะของความคิดความเข้าใจ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการรับรู้วัน เวลา สถานที่ (orientation) ความสนใจจดจ่อ (attention) ความจำ (memory) และการบริหารจัดการ (executive functions) ซึ่งเป็นทักษะที่มีความสำคัญและพบว่ามีผู้ป่วยได้บ่อยในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง และทดสอบผลของโปรแกรมจากการประเมินความสามารถด้านความคิดความเข้าใจ ด้วยเครื่องมือประเมินทักษะด้านความคิดความเข้าใจ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทดสอบผลของโปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจต่อความสามารถด้านความคิดความเข้าใจ 4 ด้าน คือ ด้านการรับรู้วัน เวลา สถานที่ ความสนใจจดจ่อ ความจำ และการบริหารจัดการ ในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นการศึกษาทั้งทดลองชนิด one group, pretest-posttest design ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่ได้รับการบำบัดฟื้นฟูที่งานกิจกรรมบำบัด สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) จำนวน 10 คน โดยมีเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออกดังนี้

เกณฑ์คัดเข้า

1. เป็นผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมองวัยผู้ใหญ่ เพศชายหรือหญิง อายุ 18 ถึง 70 ปี
2. เป็นโรคหลอดเลือดสมองครั้งแรกและระยะเวลาการเจ็บป่วยจากโรคหลอดเลือดสมองถึงวันเริ่มโปรแกรมไม่เกิน 1 ปี
3. อ่านและเขียนภาษาไทยได้เข้าใจ
4. มีความบกพร่องด้านความคิดความเข้าใจจากการประเมินด้วยแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับ

ภาษาไทย (Mini-Mental State Examination: Thai Version หรือ MMSE-Thai-2002) โดยได้คะแนน ≤ 17 คะแนน สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา และได้คะแนน ≤ 22 คะแนน สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่มีการศึกษาระดับสูงกว่าชั้นประถมศึกษา

5. ไม่มีความบกพร่องด้านการมองเห็นที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึก
6. ไม่มีความบกพร่องด้านการสื่อสารที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึก
7. ยินดีเข้าร่วมวิจัย

เกณฑ์การคัดออก

1. กลุ่มตัวอย่างถอนตัวออกจากโครงการวิจัย
2. กลุ่มตัวอย่างเข้ารับการฝึกตามโปรแกรมน้อยกว่า 80%
3. กลุ่มตัวอย่างได้รับการฟื้นฟูหรือเข้าร่วมกิจกรรมอื่นๆ หรือได้รับยาที่ส่งผลต่อทักษะด้านความคิดความเข้าใจ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. โปรแกรมกระตุ้นและส่งเสริมทักษะด้านความคิดความเข้าใจสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดที่พัฒนาโดยพริยา มั่นเขตวิทย์และคณะ¹² ซึ่งเน้นส่งเสริมทักษะความคิดความเข้าใจด้านการรับรู้วัน เวลา สถานที่ ความสนใจจดจ่อ ความจำ และการบริหารจัดการรูปแบบของโปรแกรมฯ เป็นการใช้หลายเทคนิคและวิธีการร่วมกัน (multifaceted) ประกอบด้วย การให้ความรู้ การใช้เทคนิคการผ่อนคลาย เกม/แบบฝึกหัด การสอนชี้แนะ/การสอนกลยุทธ์ด้านความคิดความเข้าใจ การปรับสภาพแวดล้อมและลดสิ่งรบกวน การปรับกิจกรรมต่างๆ ในโปรแกรมให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างแต่ละคนโดยใช้การวิเคราะห์ และสังเคราะห์กิจกรรม นอกจากนี้กิจกรรมต่างๆ ในแต่ละครั้งของการฝึกจะถูกปรับให้ยากขึ้นตามความสามารถที่เพิ่มขึ้น ของกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini-Mental State Examination: Thai Version หรือ MMSE-Thai-2002) สำหรับคัดกรองกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้ารับการฝึกตามโปรแกรมฯ
3. แบบประเมิน Trail Making Test สำหรับประเมินทักษะด้านความสนใจจดจ่อ (attention)
4. เครื่องมือประเมินการรับรู้และความรู้ความเข้าใจสำหรับคนไทย (Thai Cognitive-Perceptual Test: Thai-CPT) หัวข้อ Memory สำหรับประเมินทักษะด้านความจำ หัวข้อ Matching and Categorization

และหัวข้อ Problem Solving สำหรับประเมินทักษะด้านการบริหารจัดการและการแก้ไขปัญหา

5. เครื่องมือประเมิน Dynamic Lowenstein Occupational Therapy Cognitive Assessment for Adults (DLOTC) หัวข้อ Orientation เพื่อประเมินทักษะด้านการรับรู้วันเวลาสถานที่ หัวข้อ ROC-Unstructured, ROC-Structured, Pictorial Sequence A&B, Geometric Sequence A&B และ Verbal Mathematical Questions สำหรับประเมินทักษะด้านการบริหารจัดการ

ขั้นตอนการศึกษา

1. ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ 2 แห่ง ได้แก่ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และสถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข
2. ขออนุญาตจากผู้อำนวยการสถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี เพื่อใช้สถานที่ในการเก็บข้อมูล
3. ติดต่อหัวหน้างานกิจกรรมบำบัด สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูฯ เพื่อขอความร่วมมือในการใช้เป็นสถานที่ในการเก็บข้อมูล
4. ประชาสัมพันธ์เชิญชวนอาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยติดประกาศและวางแผ่นพับ ที่บริเวณงานบริการผู้ป่วยนอก งานบริการผู้ป่วยใน และงานกิจกรรมบำบัด สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูฯ
5. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงตามเกณฑ์ที่กำหนดจำนวน 10 ราย
6. อธิบาย และชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย สิ่งในกลุ่มตัวอย่างต้องกระทำระหว่างเข้าร่วมวิจัย และขออนุญาตกลุ่มตัวอย่างลงชื่อยินยอมในการเข้าร่วมงานวิจัย และแจ้งพิกัดสิทธิ์
7. ผู้ช่วยเก็บข้อมูล ประเมินทักษะด้านความคิดความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบประเมิน Trail Making Test, Thai-CPT และ DLOTC คะแนนที่ได้ในขั้นตอนนี้ถือเป็นคะแนนก่อนการทดลอง (pre-test scores)
8. กลุ่มตัวอย่าง เข้ารับการฝึกตามโปรแกรมเป็นเวลา 6 สัปดาห์ติดต่อกัน โดยแต่ละสัปดาห์ เข้ารับการฝึกจำนวน 3 ครั้งๆ ละ 45 นาทีเป็นการฝึกโดยผู้บำบัดคนเดิมตลอดโปรแกรมฯ สถานที่ฝึกคือ งานกิจกรรมบำบัด สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูฯ
9. เมื่อสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก ผู้ช่วยเก็บข้อมูลคนเดิมทำการประเมินทักษะด้านความคิดความเข้าใจใน

กลุ่มตัวอย่างซ้ำโดยใช้เครื่องมือประเมิน และแบบประเมิน เดียวกับในข้อ 7 คะแนนที่ได้ในขั้นตอนนี้ถือเป็น คะแนนหลังการทดลอง (post-test scores)

10. วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลโดยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างวิเคราะห์โดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา แสดงผลในรูปแบบของค่าเฉลี่ย และร้อยละ สำหรับข้อมูลจากการเปรียบเทียบคะแนนความสามารถ ด้านความคิดความเข้าใจ ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test

ผลการศึกษา

พบว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายร้อยละ 70 ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 60-69 ปีคิดเป็นร้อยละ 60 และมีอายุเฉลี่ย 57.30 ปี และมีการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนต้นคิดเป็นร้อยละ 40 สำหรับข้อมูลด้านอาชีพพบว่า เป็นข้าราชการบำนาญหรือเกษียณอายุจากงานประจำคิดเป็นร้อยละ 30 ประเภทของโรคหลอดเลือดสมองในกลุ่มตัวอย่างเป็นโรคหลอดเลือดสมองตีบมากกว่าโรคหลอดเลือดสมองแตก โดยประกอบด้วยโรคหลอดเลือดสมองตีบร้อยละ 60 ซึ่งของสมองที่เกิดพยาธิสภาพของกลุ่มตัวอย่างมีพยาธิสภาพสมองซีกซ้ายและขวาเท่ากันคือร้อยละ 50 (ตารางที่ 1)

ระยะเวลาการเจ็บป่วยของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วงเวลา 1-3 เดือนคิดเป็นร้อยละ 40 และมีระยะเวลาการเจ็บป่วยเฉลี่ย 5.90 เดือน คะแนนในการคัดกรองด้วยแบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (Mini-Mental State Examination: Thai Version หรือ MMSE-Thai-2002) กลุ่มตัวอย่างมีช่วงระดับคะแนน 15-17 และ 18-22 มีสัดส่วนเท่ากันคือ ร้อยละ 50 ค่าเฉลี่ยคะแนน MMSE ได้ 19.20 คะแนน ผลการวิเคราะห์คะแนนของทักษะด้านความคิดความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ก่อนและหลังการทดลอง คะแนน

ของทักษะด้านความคิดความเข้าใจในทุกด้านมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ โดยมีคะแนนเพิ่มขึ้น (ยกเว้นด้านความสนใจจดจ่อที่บันทึกผลเป็นวินาที ซึ่งเวลาที่ลดลงแสดงถึงความสามารถที่เพิ่มขึ้น) ซึ่งให้ เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างหลังการทดลองมีความสามารถของทักษะ ด้านความคิดความเข้าใจเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

Table 1 Demographic data of the participants (n=10).

Demographic Data	Participants (n=10)		
	Number	Percent	Mean
Gender			-
- Male	7	70	
- Female	3	30	
Age (Year) (min= 38 maximum= 65 year)			57.30
- 60-69	6	60	
- 50-59	2	20	
- 40-49	1	10	
- 30-39	1	10	
Education			-
- Primary school	4	40	
- Secondary school	2	20	
- Diploma	1	10	
- Bachelor degree	3	30	
Occupation			-
- Maid	1	10	
- Employees of company	2	20	
- Retired or retiring from work	3	30	
- Trader	1	10	
- Constructor	2	20	
- Other	1	10	

Table 2 Comparison of cognitive skills between pre-test and post-test scores.

cognitive skills	Pre-test scores (n=10)		Post-test scores (n=10)		Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
	Min-Max	Median (Q.D)	Min-Max	Median (Q.D)		
Orientation	0.50-2.00	1.62 (0.39)	1.50-2	2 (0.08)	-2.677 ^a	0.007*
Attention	240-597	552.5 (110.25)	119-421	308.5 (82.25)	-2.803 ^b	0.005*
Memory (recall)	11-22	15.5 (3.75)	17-24	20.5 (2.62)	-2.812 ^b	0.005*
Memory (recognition)	2-10	8.5 (1.75)	10-10	10 (0.0)	-2.375 ^b	0.018*
Problem Solving	8-14	11.5 (1.62)	13-15	15 (0.5)	-2.820 ^b	0.005*
Matching and Categorization	5-9	8 (0.62)	5-9	9 (0.0)	-2.310 ^a	0.021*
ROC-Unstructured	1-4	3 (1.12)	2-5	4 (0.50)	-2.414 ^b	0.016*
ROC-Structured	1-4	3 (1.0)	2-5	4 (0.62)	-2.724 ^b	0.006*
Pictorial Sequence A&B	2-9	7 (1.0)	7-10	9 (0.62)	-2.546 ^b	0.011*
Geometric Sequence A&B	2-8	6 (1.0)	6-10	8 (0.5)	-2.820 ^b	0.005*
Verbal Mathematical Questions	0.00-0.25	0.0 (0.0)	0.00-0.75	0.5 (0.15)	-2.724 ^b	0.006*

a: Based on positive ranks, b: Based on negative ranks, * * <0.05

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการฝึกตามโปรแกรมฝึกด้านความคิดความเข้าใจที่พัฒนาโดย ฟิริยา มั่นเชตวิทย์ และคณะ¹² เป็นจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 6 สัปดาห์ติดต่อกัน พบว่าโปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจที่พัฒนาขึ้นนี้ช่วยส่งเสริมทักษะความสามารถด้านความคิดความเข้าใจในกลุ่มตัวอย่างผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทั้งนี้สามารถอธิบายได้คือ เนื้อหาของโปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการผสมผสานหลายเทคนิค หรือวิธีการที่เรียกว่า multifaceted cognitive training program ประกอบด้วย การให้ความรู้แก่กลุ่มตัวอย่าง (education) ใช้เทคนิคการผ่อนคลาย (relaxation) ใช้กิจกรรม/เกมที่เป็นแบบฝึกหัด (exercise drills/paper-pencil tasks) กิจกรรมหรือเกมที่ทำบนโต๊ะ (table-top activities) สอนกลยุทธ์ (strategies) ปรับสิ่งแวดล้อม (environmental modification) และปรับกิจกรรมโดยการวิเคราะห์และสังเคราะห์กิจกรรม (activity analysis and synthesis) ให้เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างแต่ละราย (individualized) ซึ่งมีหลักฐานจากการศึกษาวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการใช้โปรแกรมที่มีความหลากหลายหรือ multifaceted cognitive training ช่วยส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพ

ในการกระตุ้นหรือส่งเสริมทักษะด้านความคิดความเข้าใจ¹³ ตัวอย่างเช่น การศึกษาวิจัยของ Stigsdotter และ Backman¹⁴ พบว่าการฝึกความคิดความเข้าใจที่ได้รับการออกแบบโปรแกรมฝึกที่มีความหลากหลายโดยนำมาใช้ในผู้สูงอายุประกอบด้วย การผ่อนคลาย การฝึกความสนใจจดจ่อ การสอนกลยุทธ์ในการฝึกความจำ ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีการพัฒนาด้านความทรงจำที่ดีขึ้นเป็นอย่างมากจากการฝึกด้วยเทคนิคนี้ตลอดระยะเวลา 3 ปี นอกจากนี้ผู้สูงอายุยังมีความสามารถดีขึ้นเมื่อมีการใช้ตัวชี้แนะเพื่อเตือนให้ผู้สูงอายุใช้กลยุทธ์ด้านความคิดความเข้าใจที่ได้เรียนรู้มา¹⁵ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lim และคณะ¹⁶ ศึกษาประสิทธิภาพการฝึกความคิดความเข้าใจในผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องความคิดความเข้าใจเล็กน้อย (Mild Cognitive Impairment) โดยใช้ multifaceted cognitive training คือ การฝึกกระตุ้นความสนใจจดจ่อ ความจำ การใช้กลยุทธ์ภาพช่วยจำ (imagery base strategy) และการใช้กิจกรรมกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่ามีทักษะด้านความจำและความสนใจจดจ่อเพิ่มขึ้น

ในการศึกษาวิจัยนี้ เบื้องต้นของการเข้ารับการฝึกตามโปรแกรม ผู้วิจัยมีการให้ความรู้ (education) แก่กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับโรคหลอดเลือดสมอง ผลกระทบจากโรคที่มีต่อ

การดำเนินชีวิตประจำวัน การฟื้นฟู และการปฏิบัติตัวด้านความคิด ความเข้าใจที่บกพร่อง การให้ความรู้แก่กลุ่มตัวอย่างในเรื่อง ดังกล่าวก่อนเข้ารับการฝึกทักษะความคิดความเข้าใจนั้นช่วย ส่งเสริมให้กลุ่มตัวอย่างมีความตระหนักรู้ตัวเอง (self-awareness) เพิ่มขึ้น ส่งเสริมการรับรู้ความสามารถของตนเอง (self-efficacy) เมื่อมีการตระหนักรู้มากขึ้นจะส่งผลทำให้ได้รับการฟื้นฟูที่ รวดเร็ว (early intervention) และลดการเกิดการป่วยซ้ำ (recurrent stroke)¹⁷ นอกจากนี้ การให้ความรู้แก่กลุ่มตัวอย่าง เป็นการช่วยเพิ่มความเข้าใจแก่กลุ่มตัวอย่างมากขึ้น นำไปสู่ ความร่วมมือในการฟื้นฟูและช่วยส่งผลต่อการฟื้นฟูให้มี ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เทคนิคการผ่อนคลาย (relaxation technique) เป็น การฝึกการหายใจแบบลึกๆ ช้าๆ พร้อมกับการผ่อนคลายกล้ามเนื้อ การใช้เทคนิคการผ่อนคลายช่วยให้กลุ่มตัวอย่างมีช่วงเวลาพัก จากสิ่งแวดล้อม เกิดการรวบรวมความสนใจจดจ่อกับลมหายใจ ส่งผลให้เกิดการลดหรือคลายความเครียดและวิตกกังวล¹⁸ ความเครียดและวิตกกังวลเป็นปัจจัยหนึ่งที่ขัดขวางการฟื้นฟู ด้านความคิดความเข้าใจ เมื่อความเครียดและวิตกกังวล ลดลงจะทำให้เกิดความพร้อมในการเรียนรู้ การศึกษาในหนู ทดลอง พบว่าความเครียดส่งผลให้สมองส่วน prefrontal cortex ทำงานลดลง สมองส่วนนี้ทำหน้าที่เกี่ยวกับความคิด เชิงนามธรรม การวิเคราะห์ด้านความคิดความเข้าใจ และการ ตรวจสอบพฤติกรรมที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนด¹⁹ การใช้เทคนิคผ่อนคลายสามารถช่วยลดความเครียดได้ จึงมี ความเป็นไปได้ว่าเทคนิคผ่อนคลายจะช่วยให้สมองส่วน prefrontal cortex ทำงานได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการศึกษา ของ Newberg และคณะ²⁰ พบว่าการฝึกสมาธิ (meditation) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของเทคนิคผ่อนคลาย ส่งผลให้ผู้ป่วย ที่สูญเสียความจำ มีการไหลเวียนของเลือดในสมองและทักษะ ด้านความคิดความเข้าใจเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิค การผ่อนคลาย สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟู ความคิดความเข้าใจของการศึกษาในครั้งนี้ได้

รูปแบบของการบำบัดฟื้นฟู (intervention approach) ที่ ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีทั้งแบบวิธีการฟื้นฟู (remedial/restorative approach) และแบบวิธีการปรับ/ทดแทน (adaptive/compensatory approach) สำหรับการฟื้นฟูได้แก่การจัดกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้ ในโปรแกรม ได้แก่ กิจกรรมที่ใช้กระดาษและดินสอ (paper and pencil task) และกิจกรรมทำบนโต๊ะ (table top activity) ซึ่งช่วยให้มีการฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจซ้ำๆ ทำให้สมองมีการเปลี่ยนแปลงและปรับตัว เกิดการซ่อมแซม ฟื้นฟู จัดระเบียบตัวเองขึ้นใหม่ (neuroplasticity) ตามสมมติฐาน ของวิธีการฟื้นฟู ส่งผลให้มีความสามารถด้านความคิด ความเข้าใจเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Carter, Howard และ O'Neil²¹ ที่ใช้วิธีการฟื้นฟู (remedial/restorative approach) ในการฟื้นฟูทักษะความคิด ความเข้าใจในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองระยะเฉียบพลัน โดย มีการฟื้นฟูด้านการมองผ่านอย่างรวดเร็ว (visual scanning) มิติสัมพันธ์การมอง (visual spatial) และการใช้เวลาในการ ตัดสินใจ (time judgment) รูปแบบของโปรแกรมที่ใช้เป็น กระดาษ ดินสอ แบบฝึกหัด ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองมี ความสามารถด้านความคิดความเข้าใจดีขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม ที่ได้รับการฝึกแบบโปรแกรมปกติ นอกจากนี้ การศึกษายังมี การนำวิธีการปรับ/ทดแทน (adaptive/compensatory approach) มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโปรแกรมให้มากยิ่งขึ้น โดย ปรับสภาพแวดล้อมในห้องฝึกและลดสิ่งรบกวน เช่น ความสว่าง ปรับเสียงรบกวน ปรับอุณหภูมิในห้องไม่ร้อนหรือหนาวเกินไป มีการสอน การชี้แนะ และการสอนกลยุทธ์แทรกกระหว่าง การฝึกทักษะความสนใจจดจ่อ ความจำ และการบริหารจัดการ ต่างๆ การสอนกลยุทธ์ด้านความคิดความเข้าใจจะช่วยส่งเสริม ให้ผู้ป่วยเกิดการเรียนรู้ดียิ่งขึ้น²² การใช้ทั้งสองวิธีการร่วมกัน ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการบำบัดฟื้นฟูความคิดความ เข้าใจ สอดคล้องกับ Boman และคณะ⁷ ที่ศึกษาโปรแกรม การฝึกที่ใช้ทั้งการฟื้นฟูและชดเชยในกลุ่มตัวอย่าง ได้รับบาดเจ็บของสมอง โดยการฝึกที่บ้านและที่ทำงาน พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีทักษะด้านความสนใจจดจ่อ ความจำ และ กลยุทธ์ในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ งานวิจัยของ Brun, Forlenza และ Yassuda²³ ยังสนับสนุนการใช้โปรแกรมฝึก ความคิดความเข้าใจในผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องของความคิด ความเข้าใจเล็กน้อย รูปแบบของโปรแกรมการฝึกประกอบด้วย การฟื้นฟูและชดเชย ได้แก่ การฝึกทักษะความสนใจจดจ่อ สอนกลยุทธ์เพิ่มความจำ กระตุ้นการรับรู้เวลา สถานที่ แนะนำ ชื่อเพื่อนในกลุ่มและผู้บำบัด และการนำความรู้ไปเชื่อมโยง ในกิจวัตรประจำวัน พบว่าผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องด้านความคิด ความเข้าใจเล็กน้อยมีความสามารถด้านความสนใจจดจ่อ การรับรู้เวลา ทักษะการไปจ่ายตลาด การจัดการการเงินเพิ่มขึ้น และลดภาวะซึมเศร้าได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปแบบการฝึกของโปรแกรมในการศึกษานี้เน้นการฝึก เป็นรายบุคคล (individualized) โดยผู้วิจัยมีการวิเคราะห์และ สังเคราะห์กิจกรรมต่างๆ ในโปรแกรม รวมทั้งปรับระดับความ ยากง่ายให้เหมาะสมตามความสามารถของกลุ่มตัวอย่างแต่ละ รายตามหลักการวิเคราะห์และสังเคราะห์กิจกรรม (activity analysis and synthesis) การเน้นการฝึกเป็นรายบุคคล นี้อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมทักษะด้านนี้ได้²⁴ จะเห็นว่าการนำเทคนิคและวิธีการต่างๆ ทั้งหมดมาประกอบกัน ในโปรแกรมที่เรียกว่า multifaceted program ช่วยส่งผลให้ โปรแกรมฝึกทักษะด้านความคิดความเข้าใจของการศึกษาวิจัยใน

ครั้งนี้มีผลเพิ่มทักษะด้านความคิดความเข้าใจในกลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับการฝึกตามโปรแกรมเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

อย่างไรก็ตาม การศึกษายังมีข้อจำกัด คือขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวนน้อย การทดลองเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว ศึกษาเฉพาะในสถาบันทางการแพทย์แห่งเดียว และศึกษาเฉพาะผลที่เกิดขึ้นในทันทีหรือในระยะสั้น ไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และยังไม่ได้ศึกษาว่าผลที่เกิดจากการเข้ารับการฝึกตามโปรแกรมนี้อาจถ่วงโอนการเรียนรู้ได้หรือไม่ ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาต่อไปในอนาคต

สรุปผลการศึกษา

โปรแกรมฝึกด้านความคิดความเข้าใจของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ช่วยเพิ่มความสามารถด้านความคิดความเข้าใจในด้านการรับรู้วัน เวลา สถานที่ ความสนใจจดจ่อ ความจำ และการบริหารจัดการ ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทุกท่านเป็นอย่างยิ่งที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการศึกษาครั้งนี้ และขอบคุณสถาบันสรีรวิทยาเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ กระทรวงสาธารณสุข จังหวัดนนทบุรี คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นกลาง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2558 ที่สนับสนุนการทำวิจัยในการศึกษานี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. WHO STEPS Stroke Manual: the WHO STEPwise approach to stroke surveillance [Internet]. 2006 [cited 2014 Dec 1] Available from: <http://www.who.int/chp/steps.pdf>
2. Ministry of Public Health. Health statistics in 2003-2012 [Internet]. 2012 [cited 2014 Dec 1] Available from: <http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/ill-in42-48.htm>
3. Patel M, Coshall C, Rudd AG, Wolfe CD. Natural history of cognitive impairment after stroke and factors associated with its recovery. *Clinical Rehabilitation* 2003; 17: 158-66.
4. Munkhetvit, P. Theoretical Base for Cognitive-Perceptual Intervention. In: Munkhetvit, P., editors. *Occupational Therapy Intervention for Cognitive Impairment*. Chiang Mai: Darawan Printing; 2008, p 1-22. (in Thai).
5. Koh CL, Haffmann T, Bennett S, McKenna K. Management of patients with cognitive impairment after stroke: A survey of Australian occupational therapists. *Australian Occupational Therapy Journal* 2009; 56: 324-31.
6. Doornhein K, DeHaan EHF. Cognitive Training for Memory Deficits in Stroke Patients. *Neuropsychological Rehabilitation* 1998; 8: 393-400.
7. Boman IL, Lindstedt M, Hemmingsson H, Bartfai A. Cognitive training in home environment. *Brain Injury* 2004; 18: 985-95.
8. Westerberg H, Jacobaeus H, Hirvikoski T, Clevberger P, Ostemsson ML, Bartfai A, et al. Computerized working memory training after stroke-A pilot study. *Brain Injury* 2007; 21: 21-9.
9. Pyun SB, Yang H, Lee S, Yook J, Kwon J, Byun EM. A home programme for patients with cognitive dysfunction: A pilot study. *Brain Injury* 2009; 23: 686-92.
10. Boman IL, Stenvall CL, Hemmingsson H, Bartfai A. A training apartment with a set of electronic memory aids for patients with cognitive problems. *Scandinavian Journal of Occupational Therapy* 2010; 17: 140-8.

11. Yip BCB, Man DWK. Virtual reality-based prospective memory training program for people with acquired brain injury. *Neuro Rehabilitation* 2013; 32: 103-15.
12. Munkhetvit P, Rattakorn P, Ditwichairut R, Khanthee R. Development of Cognitive Training Program for Stroke Patients: Study of Effects on Cognitive Abilities and Activities of Daily Living. Research report. Faculty of associated Medical Sciences, Chiang Mai University, 2016. (in Thai).
13. Flynn TM, Storandt M. Supplemental group discussions in memory training for older adults. *Psychology & Aging* 1990; 5: 178-81.
14. Stigsdotter A, Backman L. Multifactorial memory training with older adults. *Gerontology* 1989; 35: 260-267.
15. Hayslip B, Maloy RM, Kohl R. Long-term efficacy of fluid ability interventions with older adults. *The Journals of GERONTOLOGY* 1995; 3: 141-9.
16. Lim MHX, Liu KPY, Cheung GSF, Kuo MCC, Li R, Tong CY. Effectiveness of a Multifaceted Cognitive Training Programme for People with Mild Cognitive Impairment: A One-Group Pre-and Posttest Design. *Hong Kong Journal of Occupational Therapy* 2012; 22: 3-8.
17. Griffin LJ, Hickey JV. Considerations and strategies for educating stroke patients with neurological deficits. *Journal of Nursing Education and Practice* 2013; 3: 125-37.
18. Kneebone I, Walker-Samuel N, Swanston J, Otto E. Relaxation training after stroke: potential to reduce anxiety. *Disability and Rehabilitation An international, multidisciplinary journal* 2014; 36: 771-4.
19. Yuen EY, Wei J, Liu W, Zhong P, Li X, Yan Z. Repeated Stress Causes Cognitive Impairment by Suppressing Glutamate Receptor Expression and Function in Prefrontal Cortex. *Neuron* 2012; 73: 962–977. Newberg AB, Wintering N, Khalsa DS, Roggenkamp H, Waldman MR. Meditation effects on cognitive function and cerebral blood flow in subjects with memory loss: a preliminary study. *Journal of Alzheimer's Disease* 2010; 20: 517-26.
20. Carter LT, Howard BE, O'Neil WA. Effectiveness of Cognitive Skill Remediation in Acute Stroke Patients. *The American Journal of Occupational Therapy* 1983; 37: 320-6.
21. Cicerone KD. Methodological issues in evaluating the effectiveness of cognitive rehabilitation. In: Halligan PW, Wade DT, editors. *Effectiveness of Rehabilitation for Cognitive Deficits*. 1st ed. New York: Oxford University Press Inc; 2005, p 43-58.
22. Brum PS, Forlenza OV, Yassuda MS. Cognitive training in older adults with Mild Cognitive Impairment Impact on cognitive and functional performance. *Dementia & Neuropsychologia* 2009; 3: 124-31.
23. Cotter VT, Teixeira J. Early Stage Dementia: Maximizing Self-Direction and Health. In: Boltz M, Galvin JE, editors. *Dementia Care An Evidence-Based Approach*. 1st ed. Switzerland: Springer International Publishing Inc; 2016 p 61-8.

การเปรียบเทียบการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ
 ^{99m}Tc -Pentetate (DTPA) ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษและแบบเยื่อบาง

A comparison of radiochemical purity testing of ^{99m}Tc -Pentetate (DTPA) between paper
and thin layer chromatographic techniques

■ มนตรี ตั้งใจ* ฐิติมา ยิ่งใหญ่ ธาวิกา ธรรมวิจิตร
Montree Tungjai Thitima Yingyai Tarika Thumvijit

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

Department of Radiological Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: mtungjai@gmail.com)

* Corresponding author (Email: mtungjai@gmail.com)

Received June 2016

Accepted as revised August 2016

Abstract

Introduction: ^{99m}Tc -Pentetate or ^{99m}Tc -DTPA (^{99m}Tc -diethylenetriaminepentaacetic acid) is radiopharmaceutical material for renal function study in nuclear medicine. To ensure the quality of image, radiochemical purity of radiopharmaceutical material has to be tested before administration to patient. Thin layer chromatographic technique is widely used in radiochemical purity testing. Recently, paper chromatography is also recommended because it is cheaper than thin layer chromatography.

Objective: To compare paper chromatographic and thin layer chromatographic techniques on the radiochemical purity testing of ^{99m}Tc -DTPA.

Materials and methods: The labeling time for preparing of ^{99m}Tc -DTPA were 5, 10 and 30 minutes. Radiochemical purity of ^{99m}Tc -DTPA was determined by using two chromatographic techniques. For paper chromatographic technique, a Whatman No.1 paper strip was used as stationary phase, normal saline and acetone as mobile phases. For thin layer chromatographic technique, a thin layer chromatography silica gel (TLC-SG) strip was used as a stationary phase, normal saline and acetone as a mobile phases.

Results: Percentage of radiochemical purity by paper chromatographic technique was 75.8 ± 8.3 , 88.3 ± 3.7 and 92.0 ± 3.4 at 5, 10 and 30 minutes of labeling times, respectively. Percentage of radiochemical purity by using thin layer chromatographic technique was 71.1 ± 7.6 , 91.2 ± 0.9 and 90.5 ± 0.3 at 5, 10 and 30 minutes of labeling times, respectively. From the study, it was found that percentage of radiochemical purity by using two techniques was not statistically significant difference ($p > 0.05$).

Conclusion: A paper chromatographic and thin layer chromatographic technique was similarly in the radiochemical purity testing of ^{99m}Tc -DTPA.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 307-311. Doi: 10.14456/jams.2016.38

Keywords: Radiochemical purity, ^{99m}Tc -DTPA, chromatography

บทคัดย่อ

บทนำ: ^{99m}Tc -Pentetate หรือ ^{99m}Tc -DTPA (^{99m}Tc -diethylenetriaminepentaacetic acid) เป็นสารเภสัชรังสีที่ใช้ตรวจการทำงานของไตในทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ เพื่อให้ได้ภาพถ่ายรังสีที่มีคุณภาพจำเป็นต้องทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีก่อนนำไปใช้กับผู้ป่วย เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบางเป็นเทคนิคที่ยอมรับและนำมาใช้ในการทดสอบอย่างแพร่หลาย แต่ปัจจุบันมีการนำเอาเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษมาใช้ในการทดสอบด้วยเนื่องจากราคาถูกกว่า

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชรังสี ^{99m}Tc -DTPA ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษกับโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง

วิธีการศึกษา: เตรียม ^{99m}Tc -DTPA โดยใช้ระยะเวลาในการติดฉลากนาน 5, 10 และ 30 นาที จากนั้นทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -DTPA ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี 2 แบบ คือ 1) เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ โดยใช้กระดาษ Whatman No.1 เป็นเฟสนิ่ง น้ำเกลือ และอะซิโตน เป็นเฟสเคลื่อนที่ 2) เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง โดยใช้แผ่น TLC-SG เป็นเฟสนิ่ง น้ำเกลือ และอะซิโตน เป็นเฟสเคลื่อนที่

ผลการศึกษา: ร้อยละความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -DTPA ที่ทดสอบด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ เท่ากับ 75.8 ± 8.3 , 88.3 ± 3.7 และ 92.0 ± 3.4 ที่ระยะเวลาในการติดฉลากนาน 5, 10 และ 30 นาที ตามลำดับ ร้อยละความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -DTPA ที่ทดสอบด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง เท่ากับ 71.1 ± 7.6 , 91.2 ± 0.9 และ 90.5 ± 0.3 ที่ระยะเวลาในการติดฉลากนาน 5, 10 และ 30 นาที ตามลำดับ พบว่าการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีทั้งสองเทคนิคนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สรุปผลการศึกษา: การทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -DTPA ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ และเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบางไม่มีความแตกต่างกัน

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 307-311. Doi: 10.14456/jams.2016.38

คำรหัส: การทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสี ^{99m}Tc -DTPA โครมาโตกราฟี

บทนำ

การเตรียมสารเภสัชรังสีสำหรับการตรวจทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์สามารถทำได้โดยการเติมเทคนิคเนียมเปอร์เทคนีเตต (^{99m}Tc -pertechnetate; TcO_4^-) ลงในชุดน้ำยาสำเร็จรูปของสารประกอบทางเคมีหรือยาที่ต้องการเตรียม ซึ่งอาจมีเปอร์เทคนีเตตอิสระ (free $^{99m}\text{TcO}_4^-$) ที่ไม่ได้ติดฉลากกับสารประกอบทางเคมี และ ไฮโดรไลซ์-รีดิวซ์ เทคนิคเนียม (hydrolyzed-reduced technetium-99m) ปะปนในสารเภสัชรังสีที่เตรียมได้ โดยทั่วไปความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสี (radiochemical purity) มีค่า $>95\%$ ² หากมีสารทั้งสองชนิดเจือปนในสารเภสัชรังสีเกินค่ามาตรฐานจะส่งผลให้คุณภาพของภาพถ่ายรังสีลดลง และเกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยโรคได้ อีกทั้งผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น ดังนั้นการใช้สารเภสัชรังสีกับผู้ป่วยเพื่อตรวจหารอยโรค จึงจำเป็นต้องทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีก่อน มีรายงานวิจัยหลายฉบับนำเสนอเทคนิคต่างๆ

ในการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชรังสี เช่น Norenberg JP. และคณะ ทดสอบความความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -sestamibi ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง (thin layer chromatography, TLC) และโครมาโตกราฟีแบบของเหลวแรงดันสูง (HPLC)³ Hammermaier A. และคณะ ทดสอบความความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชรังสี ^{131}I , ^{125}I และ ^{123}I -hippuran ด้วยเทคนิค TLC โดยใช้ chloroform ต่อ glacial acetic acid ในอัตราส่วน 90:10 เป็นเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase)⁴ Pandos G. และคณะ ทดสอบความความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -exametazime ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบคอลัมน์โดยใช้น้ำเกลือ (normal saline) เป็นเฟสเคลื่อนที่ และเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษโดยใช้สารละลาย ethyl acetate เป็นเฟสเคลื่อนที่⁵ Tsopelas C. และ Smyth D. ทดสอบความความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc -bicisate ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบ

กระดาษและใช้สารละลาย ethyl acetate เป็นเฟสเคลื่อนที่ และทดสอบด้วยเทคนิค TLC โดยใช้ normal saline เป็นเฟสเคลื่อนที่ และใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบคอลัมน์ โดยใช้ normal saline เป็นเฟสเคลื่อนที่⁶ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เทคนิคสำหรับการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชภัณฑ์ที่ดีควรเป็นเทคนิคที่รวดเร็ว ทำง่าย มีความถูกต้อง และราคาไม่แพง

^{99m}Tc-Pentetate หรือ ^{99m}Tc-DTPA (^{99m}Tc-diethylenetriaminepentaacetic acid) เป็นสารเภสัชภัณฑ์ที่ใช้ตรวจการทำงานของไต สามารถเตรียมได้โดยการเติม ^{99m}TcO₄⁻ ลงในชุดน้ำยาสำเร็จรูปของ DTPA โดยต้องมีร้อยละความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีหรือร้อยละการติดฉลากเท่ากับหรือมากกว่า 90% จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจผู้ป่วยได้ ดังนั้น จำเป็นต้องทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc-DTPA เทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษเป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชภัณฑ์หลายชนิด เช่น ^{99m}Tc-sestamibi,^{3 131}I และ ¹²³I-hippuran,⁴ ^{99m}Tc-exametazime⁵ และ ^{99m}Tc-bicisate⁶ มีราคาถูกกว่าเทคนิค TLC คณะผู้วิจัยจึงนำเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษมาใช้ในการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสี ^{99m}Tc-DTPA และเปรียบเทียบกับเทคนิคมาตรฐาน TLC ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีในด้วยเครื่อง Dose calibrator เนื่องจากเครื่อง Dose calibrator ถูกนำมาใช้ในการวัดกัมมันตภาพรังสีเพื่อควบคุมคุณภาพของสารเภสัชภัณฑ์ด้านต่างๆ ในห้องเตรียมสารเภสัชภัณฑ์ของโรงพยาบาล

วัสดุและวิธีการศึกษา

ชุดน้ำยาสำเร็จรูป DTPA ซื้อมาจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ แผ่น TLC-SG (thin layer chromatography-silica gel) กระดาษ Whatman No.1 เทคนิคซีเอ็มเปอร์เทคนิคนี้เหมาะสำหรับเตรียมสารเภสัชภัณฑ์ที่มีความแรงเท่ากับ 8 มิลลิคูรี (mCi) ถูกชะจาก ⁹⁹Mo-^{99m}Tc generator และ Dose calibrator (AtomLab 100 plus, Biodex Medical Systems)

การเตรียมสารเภสัชภัณฑ์ ^{99m}Tc-DTPA

ชะ TcO₄⁻ จาก ⁹⁹Mo-^{99m}Tc generator ด้วย normal saline จากนั้นนำมาเติมลงในชุดน้ำยาสำเร็จรูป DTPA โดยมีความแรงรังสีเท่ากับ 8 mCi ระยะเวลาที่ใช้ในการติดฉลากเท่ากับ 5, 10 และ 30 นาที ก่อนนำไปทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสี ทำการศึกษาสามครั้ง

การทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชภัณฑ์ ^{99m}Tc-DTPA ด้วยเทคนิค TLC

เฟสนิ่ง (stationary phase) คือ แผ่น TLC-SG (thin layer chromatography-silica gel)

เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ normal saline และ acetone เตรียมแผ่น TLC-SG ขนาด 1.0×10.0 เซนติเมตร ใช้ดินสอขีดเส้นบางๆ ห่างจากขอบล่าง 1.5 เซนติเมตร และ 9.0 เซนติเมตร เพื่อบอกจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่ ตามลำดับ หยด ^{99m}Tc-DTPA บนจุดเริ่มต้นของแผ่น TLC-SG ประมาณ 3-5 ไมโครลิตร และปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปแช่ในภาชนะที่มีเฟสเคลื่อนที่ เมื่อเฟสเคลื่อนที่ถึงจุดสิ้นสุด นำแผ่น TLC ออกจากภาชนะ ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ตัดแบ่งครึ่งแผ่น TLC-SG เป็นสองส่วนเท่าๆ กัน วัดกัมมันตภาพรังสีในส่วนต่างๆ ด้วยเครื่อง Dose calibrator (AtomLab 100 plus, Biodex Medical Systems) จากนั้นคำนวณค่าความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc-DTPA

การทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชภัณฑ์ ^{99m}Tc-DTPA ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ

เฟสนิ่ง (stationary phase) คือ กระดาษ Whatman No.1 เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) คือ normal saline และ acetone เตรียมแผ่นกระดาษ Whatman No.1 ขนาด 1.0×10.0 เซนติเมตร ใช้ดินสอขีดเส้นบางๆ ห่างจากขอบล่าง 1.5 เซนติเมตร และ 9.0 เซนติเมตร เพื่อบอกจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดการเคลื่อนที่ของเฟสเคลื่อนที่ ตามลำดับ หยด ^{99m}Tc-DTPA บนจุดเริ่มต้นของกระดาษ Whatman No.1 ประมาณ 3-5 ไมโครลิตร ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำไปแช่ในภาชนะที่มีเฟสเคลื่อนที่ เมื่อเฟสเคลื่อนที่ถึงจุดสิ้นสุด นำกระดาษ Whatman No.1 ออกจากภาชนะ ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ตัดแบ่งครึ่งกระดาษ Whatman No.1 เป็นสองส่วนเท่าๆ กัน และนำไปวัดกัมมันตภาพรังสีในส่วนต่างๆ ด้วยเครื่อง Dose calibrator (AtomLab 100 plus, Biodex Medical Systems) จากนั้นคำนวณค่าความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc-DTPA

การหาค่าความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{99m}Tc-DTPA

สำหรับเฟสเคลื่อนที่ acetone free TcO₄⁻ มีค่า rate of flow (Rf) เท่ากับ 1.0 ^{99m}Tc-DTPA และ ไฮโดรไลซ์-รีดิวซ์เทคนิคนี้ซีเอ็ม (hydrolyzed-reduced technetium-99m) มีค่า Rf เท่ากับ 0.0 สามารถคำนวณค่าร้อยละความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีได้จากสูตรต่อไปนี้

% free pertechnetate (%F)

สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%F = (At / AT) \times 100$$

เมื่อ AT คือความแรงรังสีในแผ่นส่วนบนและส่วนล่าง

At คือความแรงรังสีแผ่นส่วนบน

สำหรับเฟสเคลื่อนที่ normal saline นั้น $^{99m}\text{TcO}_4^-$ และ $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ มีค่า Rf เท่ากับ 1.0 ไฮโดรไลซ์-รีดิวซ์ เทคนิคนี้เชื่อม มีค่า Rf เท่ากับ 0.0

% hydrolyzed-reduced technetium-99m (%HR)

สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%HR = (Ab / AT) \times 100$$

เมื่อ AT คือความแรงรังสีแผ่นส่วนบนและส่วนล่าง

Ab คือความแรงรังสีแผ่นส่วนล่าง

และร้อยละความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีหรือ %RCP สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%RCP = 100 - (\%F + \%HR)$$

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากผลการศึกษากับ student's t-test ค่ายอมรับความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อค่า $p < 0.05$

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาพบว่า เมื่อทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ มีค่า %RCP ของ $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ที่ได้จากการใช้ระยะเวลาในการติดฉลากเท่ากับ 5, 10 และ 30 นาทีเท่ากับ $75.8 \pm 8.3\%$, $88.3 \pm 3.7\%$ และ $92.0 \pm 3.4\%$ ตามลำดับ และเมื่อทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีด้วยเทคนิค TLC-SG มีค่า %RCP ที่ได้จากการใช้ระยะเวลาในการติดฉลากเท่ากับ 5, 10 และ 30 นาทีเท่ากับ $71.1 \pm 7.6\%$, $91.2 \pm 0.9\%$ และ $90.5 \pm 0.3\%$ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 1 โดย %RCP ของ $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ที่ได้จากการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีจาก 2 เทคนิคนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่า

Table 1 %RCP (radiochemical purity) of $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ from paper chromatography (Whatman No.1 paper) and thin layer chromatography (TLC-SG) testing at 5, 10 and 30 minutes of labeling times.

Labeling time (minute)	%RCP	
	paper chromatography (Whatman No.1 paper)	thin layer chromatography (TLC-SG)
5	75.8 ± 8.3	71.1 ± 7.6
10	88.3 ± 3.7	91.2 ± 0.9
30	92.0 ± 3.4	90.5 ± 0.3

%RCP ของ $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ยังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการติดฉลาก กล่าวคือ %RCP เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการติดฉลาก

จากการศึกษานี้เห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชรังสีด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ และ TLC ไม่มีความแตกต่างกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Borré MC และคณะ ซึ่งทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชรังสี $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ โดยใช้ Whatman No.1 และ TLC พบว่าประสิทธิภาพในการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของสารเภสัชรังสี $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ไม่มีความแตกต่างกัน⁷ อย่างไรก็ตาม มีข้อแตกต่างจากการศึกษาของ Borré MC และคณะ คือการศึกษานี้ใช้ normal saline และ acetone เป็นเฟสเคลื่อนที่สำหรับทั้ง 2 เทคนิค ในขณะที่ Borré MC และคณะ ใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นน้ำกลั่น สำหรับเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบาง และใช้ methyl ethyl ketone สำหรับเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษ นอกจากนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการติดฉลากยังแตกต่างกันด้วย

สรุปได้ว่าการทดสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีแบบกระดาษและโครมาโตกราฟีแบบเยื่อบางไม่มีความแตกต่างกัน

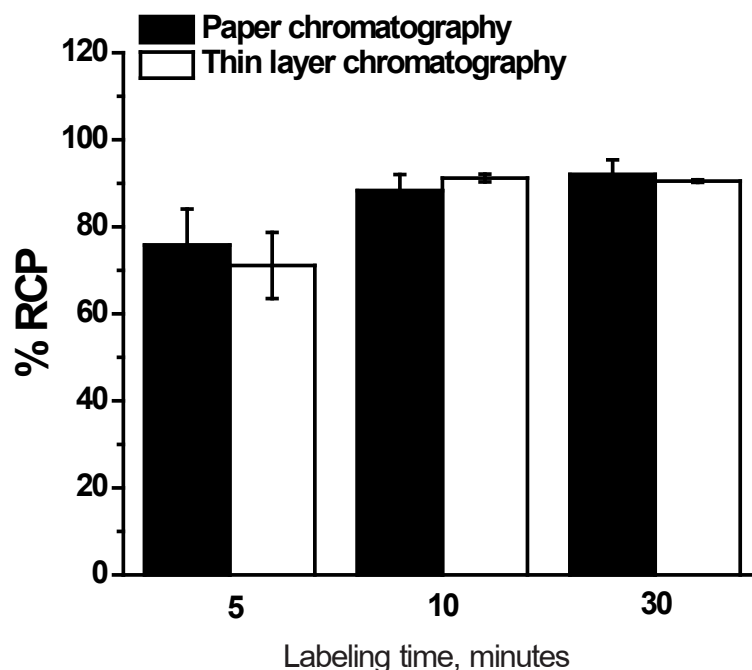


Figure 1 %RCP (radiochemical purity) of ^{99m}Tc -DTPA at 5, 10 and 30 minutes of labeling times. Black column represented radiochemical purity tested by paper chromatography (Whatman No.1 paper) and Blank column represented radiochemical purity tested by layer chromatography (TLC-SG).

เอกสารอ้างอิง

1. Saha GB. Fundamentals of nuclear pharmacy. New York: Springer-Verlag New York, Inc.; 1998.
2. IAEA. Technical Reports Series No. 466 Technetium-99m radiopharmaceuticals : manufacture of kits Vienna: International Atomic Energy Agency; 2008. p75-6.
3. Norenberg JP, Vaidya MP, Hladik WB, 3rd, Pathak DR, Born JL, Anderson TL, et al. The effect of selected preparation variables on the radiochemical purity of ^{99m}Tc -sestamibi. Journal of nuclear medicine technology. 2005; 33(1): 34-41.
4. Hammermaier A, Reich E, Bogl W. Radiochemical purity and in vitro stability of commercial hippurans. Journal of nuclear medicine : official publication, Society of Nuclear Medicine. 1986; 27(6): 850-4.
5. Pandos G, Penglis S, Tsopelas C. Validation of a column method for technetium-99m exametazime quality control. Journal of nuclear medicine technology. 1999; 27(4): 306-8.
6. Tsopelas C, Smyth D. Characterization and quality control analysis of ^{99m}Tc -bicisate. Journal of nuclear medicine technology. 2005; 33(2): 89-93.
7. Borre MC, Tesan FC, Leonardi NM, Zubillaga MB, Salgueiro MJ. Validation of an alternative radiochemical purity method for [^{99m}Tc]pentetate ([^{99m}Tc]DTPA). Applied radiation and isotopes : including data, instrumentation and methods for use in agriculture, industry and medicine. 2013; 82: 322-4.

ผลของบริเวณที่สนใจต่อการวัดสัญญาณรบกวนของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

Effects of region of interest to noise measurement in computed tomographic image

■ ชันยวีร์ เพ็งแป้น* สุภาวิฑู สุขเพ็ญ วริยา ยะสานติทิพย์ ศุภลักษณ์ จังคศิริ อักลีมา อินเดริส
Thanyawee Pengpan* Supawitoo Sookpeng Wariya Yasantitip Supaluck Changkasiri Arkleema Inderis

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก

Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: thanyawee@nu.ac.th)

* Corresponding author (Email: thanyawee@nu.ac.th)

Received June 2016

Accepted as revised August 2016

Abstract

Background: In digital medical image, there are several factors affecting image quality such as image noise, spatial resolution, sharpness and contrast. Image noise of computed tomographic (CT) image can be quantified from the standard deviation (SD) of CT number in region of interest (ROI) of the image of a uniformity object. Therefore, the determination of ROI might be affected to noise measurement.

Objectives: The purpose of this study is to evaluate the effects of ROI determination by varying size, location and number of ROIs to noise measurement in CT images.

Materials and methods: CTDI phantom (32 cm diameter) was scanned using 120 kVp 180 mAs. The slice thickness were 1, 2, 3, and 5 millimeters. ROIs were placed at 40, 80, and 120 mm from the center of field of view (FOV) using 125, 250, 500, 1,000, and 2,000 mm² with 1, 2, 4, 6, and 8 points each.

Results: It was shown that size and numbers of ROIs did not significantly ($p < 0.05$) effect to image noise while the distance from the center of FOV and slice thickness significantly impact to the image noise ($p > 0.05$).

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 312-322. Doi: 10.14456/jams.2016.37

Keywords: Computed tomographic (CT) imaging, region of interest (ROI), noise, CT number

บทคัดย่อ

บทนำ: ในภาพดิจิทัลทางการแพทย์ มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพ เช่น สัญญาณรบกวนภาพ รายละเอียดของภาพ ความคมชัด และคอนทราสต์ สำหรับการวัดสัญญาณรบกวนภาพในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์หาได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเลขชี้ที่ในบริเวณที่สนใจของภาพวัตถุที่มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นการกำหนดบริเวณที่สนใจอาจส่งผลต่อการวัดสัญญาณรบกวนภาพด้วย

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ขนาด และจำนวนของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวนในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

วัสดุและวิธีการศึกษา: ถ่ายภาพหุ่นจำลองสำหรับวัดปริมาณรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (เส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร) และตั้งค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 120 กิโลโวลต์ ค่ากระแสหลอดคุณภาพเวลา 180 มิลลิแอมแปร์วินาที ความหนาของสไลซ์ เท่ากับ 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร โดยกำหนดตำแหน่งของบริเวณที่สนใจที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร ด้วยขนาดบริเวณที่สนใจ 125 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร และจำนวน 1 2 4 6 และ 8 วง

ผลการศึกษา: ขนาดและจำนวนของบริเวณที่สนใจไม่มีผลต่อสัญญาณรบกวน ($p < 0.05$) แต่ตำแหน่งของบริเวณที่สนใจและความหนาของสไลซ์มีผลต่อสัญญาณรบกวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 312-322. Doi: 10.14456/jams.2016.37

คำรหัส: ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ บริเวณที่สนใจ สัญญาณรบกวน เลขชี้ที่

บทนำ

ในภาพดิจิทัลทางการแพทย์ มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพ เช่น สัญญาณรบกวนภาพ (Image noise) รายละเอียดของภาพ (spatial resolution) คอนทราสต์ (contrast resolution) ความเป็นเชิงเส้น (linearity) และความสม่ำเสมอ (uniformity)¹⁻³ ภาพที่ได้จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เป็นภาพดิจิทัลด้วยเช่นกัน ดังนั้น ในการวิเคราะห์คุณภาพของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จึงต้องศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพดังกล่าวด้วย

สัญญาณรบกวนภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้แสดงถึงคุณภาพของภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ หากสัญญาณรบกวนภาพสูงจะส่งผลให้ความสามารถในการแยกแยะเนื้อเยื่อที่มีความหนาแน่นต่างกันน้อย (low contrast detectability) ลดลง⁴ การวัดสัญญาณรบกวนภาพทำได้โดยกำหนดบริเวณที่สนใจ (region of interest: ROI) บนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) ของเลขชี้ที่ในบริเวณที่สนใจ ตามสมการที่ 1

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเลขชี้ที่ภายในบริเวณที่สนใจคำนวณได้จากสมการ

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \dots \dots \dots (1)$$

เมื่อ x_i คือ เลขชี้ที่ของ i พิกเซล
 $\bar{x}$ คือ เลขชี้ที่เฉลี่ยภายในบริเวณที่สนใจ
 N คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดภายในบริเวณที่สนใจ

สัญญาณรบกวนภาพในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น จำนวนของโฟตอนที่ตกกระทบอุปกรณ์นับวัดรังสี ขนาดของพิกเซล ความหนาของภาพ อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างภาพ สัญญาณรบกวนจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ปริมาณรังสีกระเจิง และขนาดและรูปร่างของวัตถุ⁴⁻⁶

การวัดสัญญาณรบกวนภาพในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ควรวัดในตำแหน่งที่มีความสม่ำเสมอ จึงนิยมใช้หุ่นจำลองที่มีเนื้อเดียวในการวัดสัญญาณรบกวน^{4,7} เช่น หุ่นจำลองน้ำ และ หุ่นจำลองสำหรับการวัดปริมาณรังสี โดยมีคำแนะนำเรื่องการกำหนดขนาดของบริเวณที่สนใจหลายขนาด เช่น Imaging Performance Assessment of CT Scanners

(ImPACT) แนะนำให้ใช้บริเวณที่สนใจที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร หรือมีพื้นที่ 500 ตารางมิลลิเมตร⁸ American College of Radiology (ACR) แนะนำให้กำหนดขนาดของบริเวณที่สนใจประมาณ 100 ตารางมิลลิเมตร⁹ นอกจากนี้ หลายงานวิจัยมีการกำหนดบริเวณที่สนใจหลายขนาด โดยอยู่ในช่วงมากกว่า 0 ถึง 13,000 ตารางมิลลิเมตร¹⁰⁻¹³

งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของขนาด ตำแหน่ง และจำนวนของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวนภาพในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยการกำหนดขนาด ตำแหน่ง และจำนวนของบริเวณที่สนใจต่างกัน ในการประเมินสัญญาณรบกวนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่มีความหนาของสไลซ์ต่างกัน

วิธีการวิจัย

สร้างภาพหุ่นจำลองสำหรับวัดปริมาณรังสี ที่ทำมาจากอะคริลิกแข็ง ทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 32 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ยี่ห้อ FLUKE® รุ่น 76-419-4150 (Fluke Electronics Corporation, Everett, WA, USA) ด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ยี่ห้อ ฟิลิปส์ รุ่น Brilliance 16 สไลซ์ ที่มีขนาดอุปกรณ์วัดรับสัญญาณตามแนวแกน Z บริเวณตรงกลาง แกวละ 0.75 มิลลิเมตร จำนวน 16 แกว (16×0.75 มิลลิเมตร)

และบริเวณขอบด้านข้าง แกวละ 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 8 แกว (8×1.5 มิลลิเมตร) โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด 120 กิโลโวลต์ ค่ากระแสหลอดคูณเวลา 180 มิลลิแอมแปร์วินาที ทำการสแกนแบบเกลียว (helical scanning) และใช้การสร้างภาพแบบฟิลเตอร์แบ็กโปรเจกชัน ร่วมกับตัวกรอง ชนิด c (high pass filter) ขนาดเมทริกซ์ “512×512” พิกเซล ขอบเขตการมองเห็น (FOV) 350 มิลลิเมตร ค่าพิทช์เท่ากับ 0.938 ตามโปรโตคอลมาตรฐานของเครื่อง และการตั้งค่าความหนาของสไลซ์ 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร ได้ภาพทั้งหมด 4 ชุด

นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ImageJ รุ่น 1.47 และกำหนดบริเวณที่สนใจขนาด 125 ตารางมิลลิเมตร โดยให้จุดศูนย์กลางของบริเวณที่สนใจวางในสุดอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 มิลลิเมตร และวัดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเลขชี้กำลัง จากนั้นเลื่อนตำแหน่งจุดศูนย์กลางของบริเวณที่สนใจ ไปทางด้านข้างเป็นระยะ 40 มิลลิเมตรจนถึงขอบของหุ่นจำลอง โดยเลื่อนตำแหน่งของบริเวณที่สนใจในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมด 4 แกว แต่ละแกวต่างกัน 45 องศา จากนั้นเปลี่ยนขนาดของบริเวณที่สนใจเป็น 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 1) และวัดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ One Way ANOVA

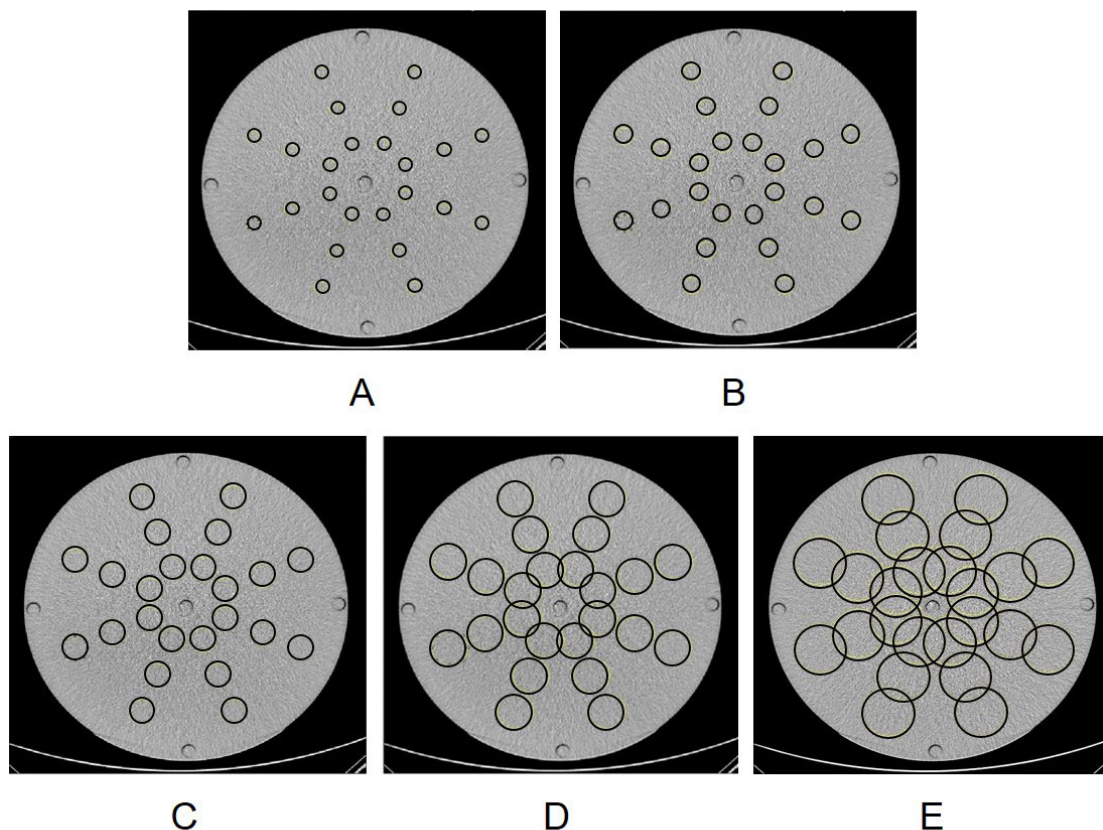


Figure 1 All ROIs for 125, 250, 500, 1,000, และ 2,000 mm² (A, B, C, D, and E, respectively).

การวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าเฉลี่ยของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละชุดข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ImageJ โดยที่ความหนาของสไลซ์ 1 มิลลิเมตร หาค่าเฉลี่ยของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสไลซ์ที่ 8 ถึง 148 ความหนาของสไลซ์ 2 มิลลิเมตร หาค่าเฉลี่ยของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสไลซ์ที่ 6 ถึง 74 ความหนาของสไลซ์ 3 มิลลิเมตร หาค่าเฉลี่ยของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสไลซ์ที่ 4 ถึง 49 และความหนาของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร หาค่าเฉลี่ยของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสไลซ์ที่ 3 ถึง 30 จากนั้นนำค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้มาศึกษาผลของ

การเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ขนาด และจำนวน รวมทั้งความหนาของสไลซ์ ดังนี้

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร โดยนำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยมาวิเคราะห์ตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งจะได้ทั้งหมด 4 แนว (Figure 2) สำหรับทุกขนาดของบริเวณที่สนใจและทุกความหนาของสไลซ์

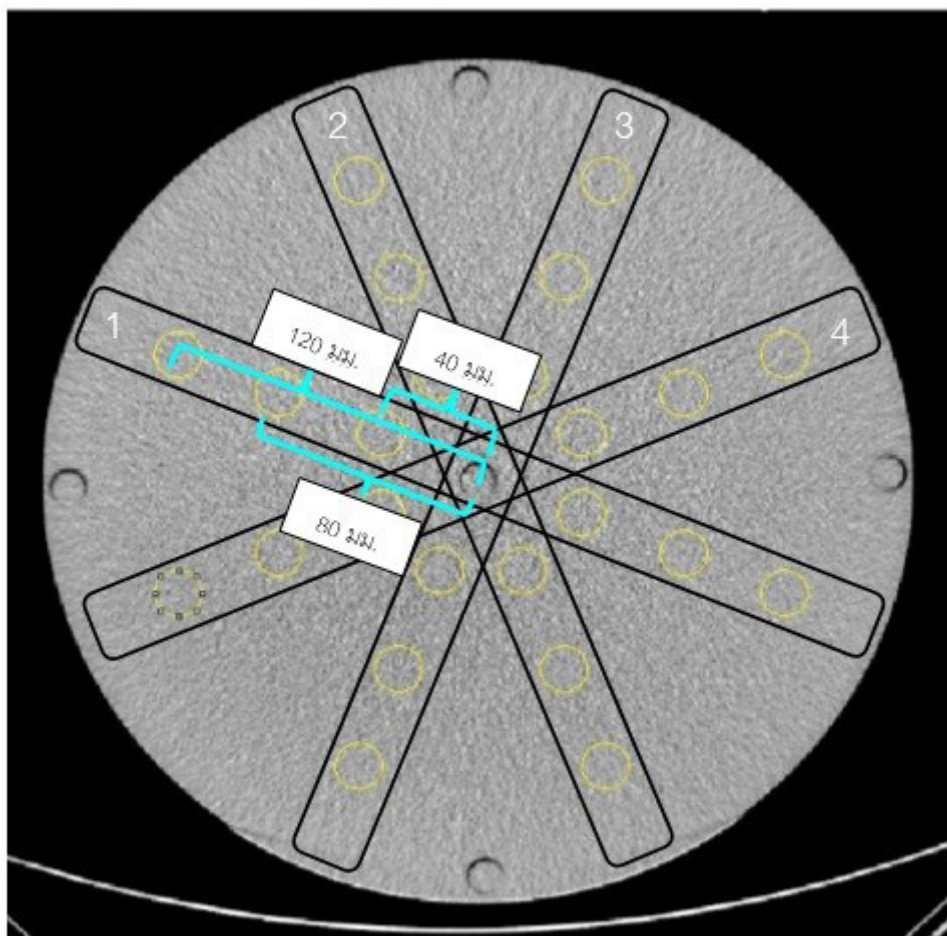


Figure 2 ROIs were placed at 40, 80, and 120 mm from center of Field of View (FOV).

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับขนาดของบริเวณที่สนใจที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร สำหรับทุกความหนาของสไลซ์

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับจำนวนของบริเวณที่สนใจ ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขต

การมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร เมื่อความหนาของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร โดยกำหนดจำนวนของบริเวณที่สนใจเป็น 1 2 4 6 และ 8 วง ซึ่งเลือกค่าข้อมูลดังต่อไปนี้

- 3.1 จำนวน 1 วง นำค่าเฉลี่ยสูงสุดมาวิเคราะห์
- 3.2 จำนวน 2 วง นำค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดมาหาค่าเฉลี่ย
- 3.3 จำนวน 4 วง นำค่าเฉลี่ยสูงสุดสองลำดับแรกและค่าเฉลี่ยต่ำสุดสองลำดับสุดท้าย มาหาค่าเฉลี่ย
- 3.4 จำนวน 6 วง นำค่าเฉลี่ยสูงสุดสามลำดับแรกและค่าเฉลี่ยต่ำสุดสามลำดับสุดท้าย มาหาค่าเฉลี่ย
- 3.5 จำนวน 8 วง นำค่าเฉลี่ยของทุกวงมาหาค่าเฉลี่ย

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาของสไลซ์ต่อสัญญาณรบกวน

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับความหนาของสไลซ์ขนาด 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร โดยแบ่งเป็น 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งบริเวณที่สนใจที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร สำหรับทุกขนาดของบริเวณที่สนใจ

ผลการวิจัย

1. ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับตำแหน่งของบริเวณที่สนใจ เมื่อบริเวณที่สนใจมีขนาด 125 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร และความหนาของสไลซ์ 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร (Figure 3)

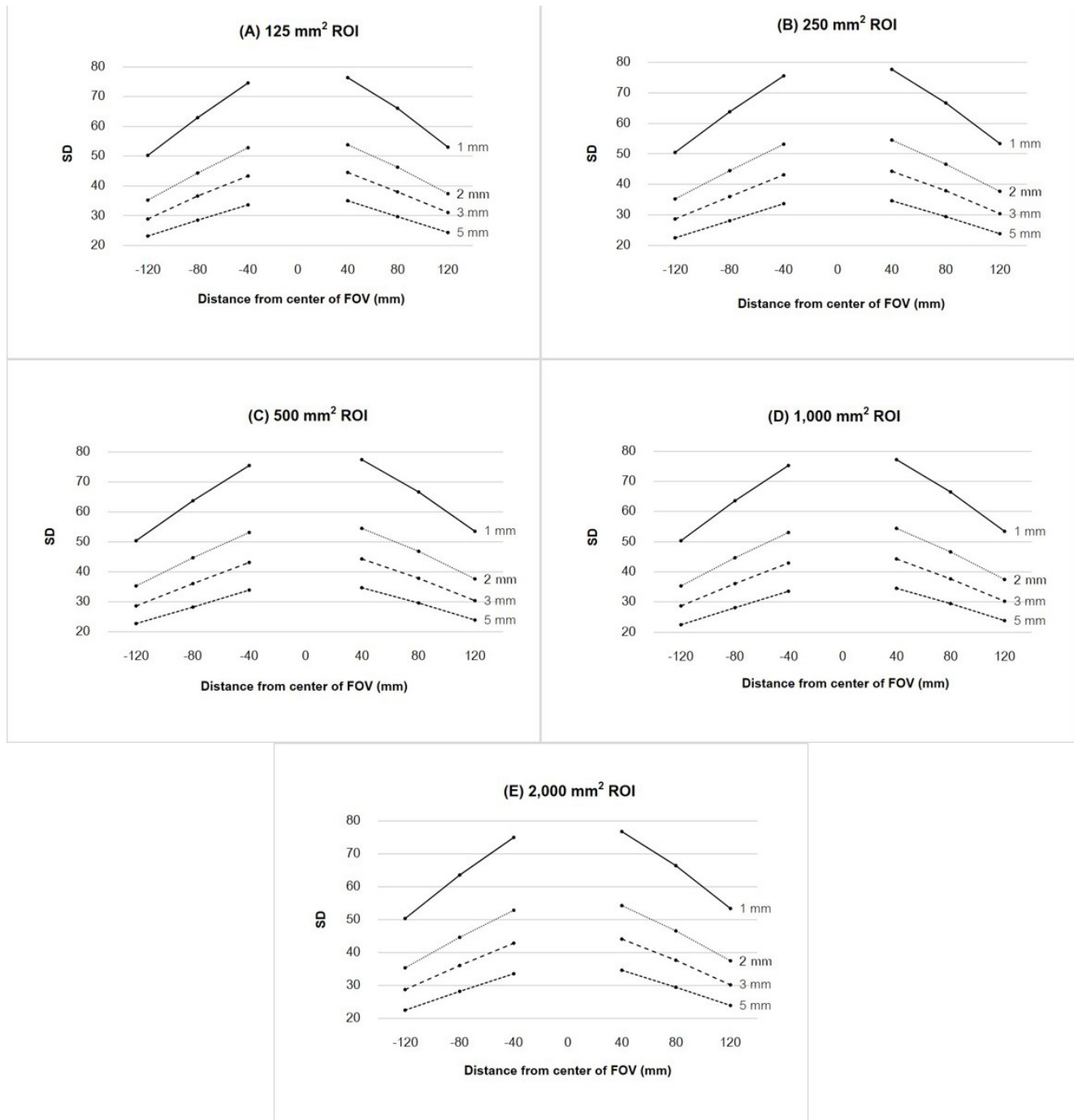


Figure 3 Relationship between average of standard deviation (SD) and distance from center of Field of View (FOV) for 125, 250, 500, 1,000 and 2,000 mm² ROIs (A, B, C, D, and E, respectively). (Negative distance (-40, -80, -120) is the ROIs located in the upper half of images and positive distance is the ROIs located in the lower half of images).

พบว่า ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 มิลลิเมตร มีค่าสูงกว่าระยะ 80 และ 120 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 3) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็นเท่ากัน ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของบริเวณที่สนใจที่อยู่ครึ่งบนของภาพ (-40 -80 และ -120 มิลลิเมตร) มีค่าน้อยกว่าครึ่งล่างของภาพ (40 80 และ 120 มิลลิเมตร) และแนวโน้ม

ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับตำแหน่งของบริเวณที่สนใจมีลักษณะเหมือนกัน ในทุกขนาดของบริเวณที่สนใจและทุกความหนาของสไลซ์

2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงขนาดของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับขนาดของบริเวณที่สนใจ เมื่อความหนาของสไลซ์ 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร และระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร (Figure 4)

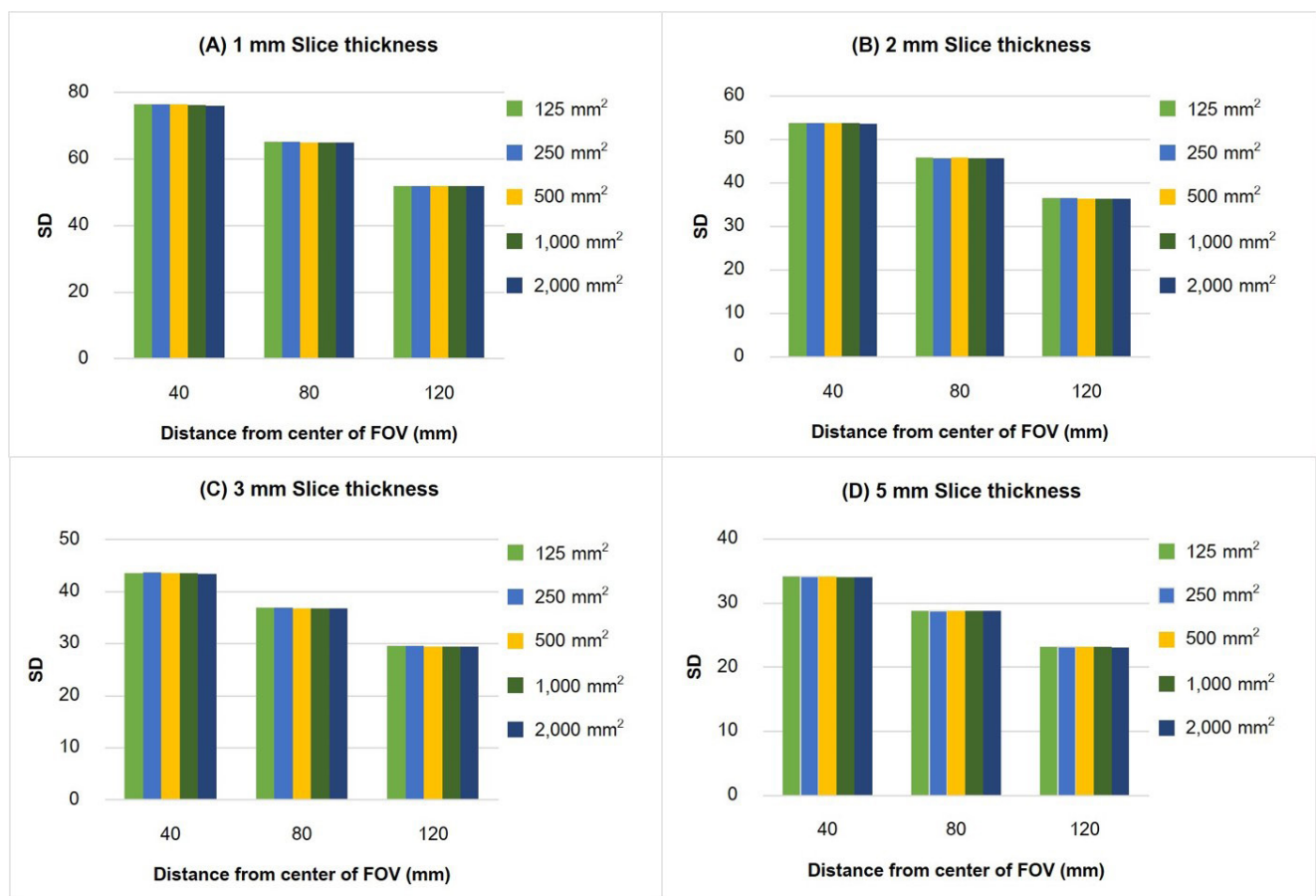


Figure 4 Relationship between average of standard deviation (SD) and size of ROI for 1, 2, 3 and 5 mm slice thickness (A, B, C, and D, respectively).

พบว่า ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของบริเวณที่สนใจขนาด 125 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน (Figure 4) เมื่อระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็นและความหนาของสไลซ์เท่ากัน และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของบริเวณที่สนใจขนาด 125 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับจำนวนของบริเวณที่สนใจเมื่อความหนาของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร และระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร (Figure 5)

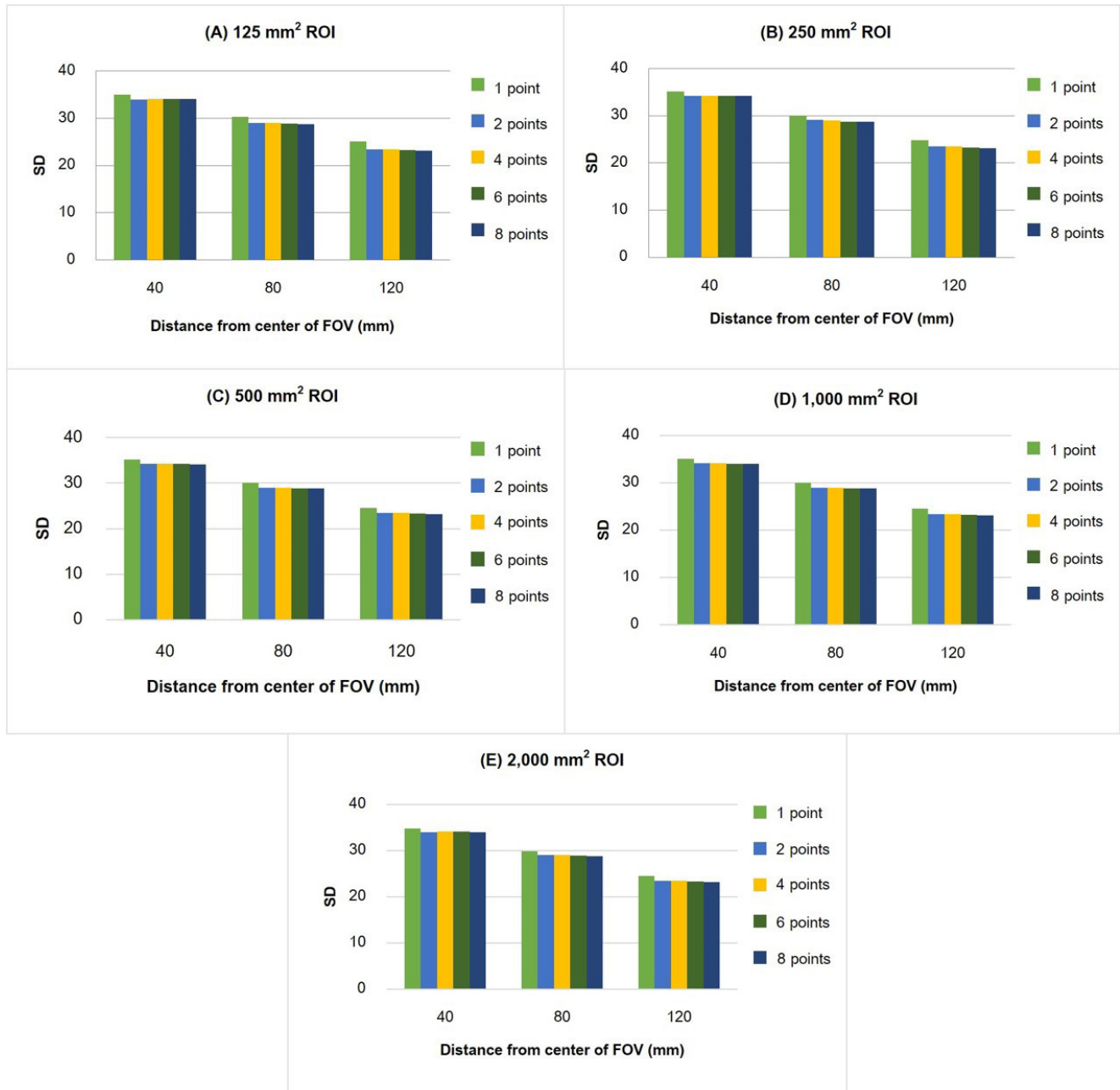


Figure 5 Relationship between average of standard deviation (SD) and number of ROIs for 125, 250, 500, 1,000 and 2,000 mm² ROI (A, B, C, D, and E, respectively) of ROI with 5 mm. slice thickness.

จาก Figure 5 พบว่า ที่ความหนาของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของบริเวณที่สนใจ จำนวน 1 2 4 6 และ 8 วง มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อระยะห่างจาก จุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็นเท่ากัน และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของบริเวณที่สนใจ จำนวน 1 2 4 6 และ 8 วง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p>0.05$)

4. ผลของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนาของสไลซ์ ต่อสัญญาณรบกวน

ผลของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับความหนาของสไลซ์ เมื่อบริเวณที่ สนใจขนาด 125 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร โดยมีระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น 40 80 และ 120 มิลลิเมตร (Figure 6)

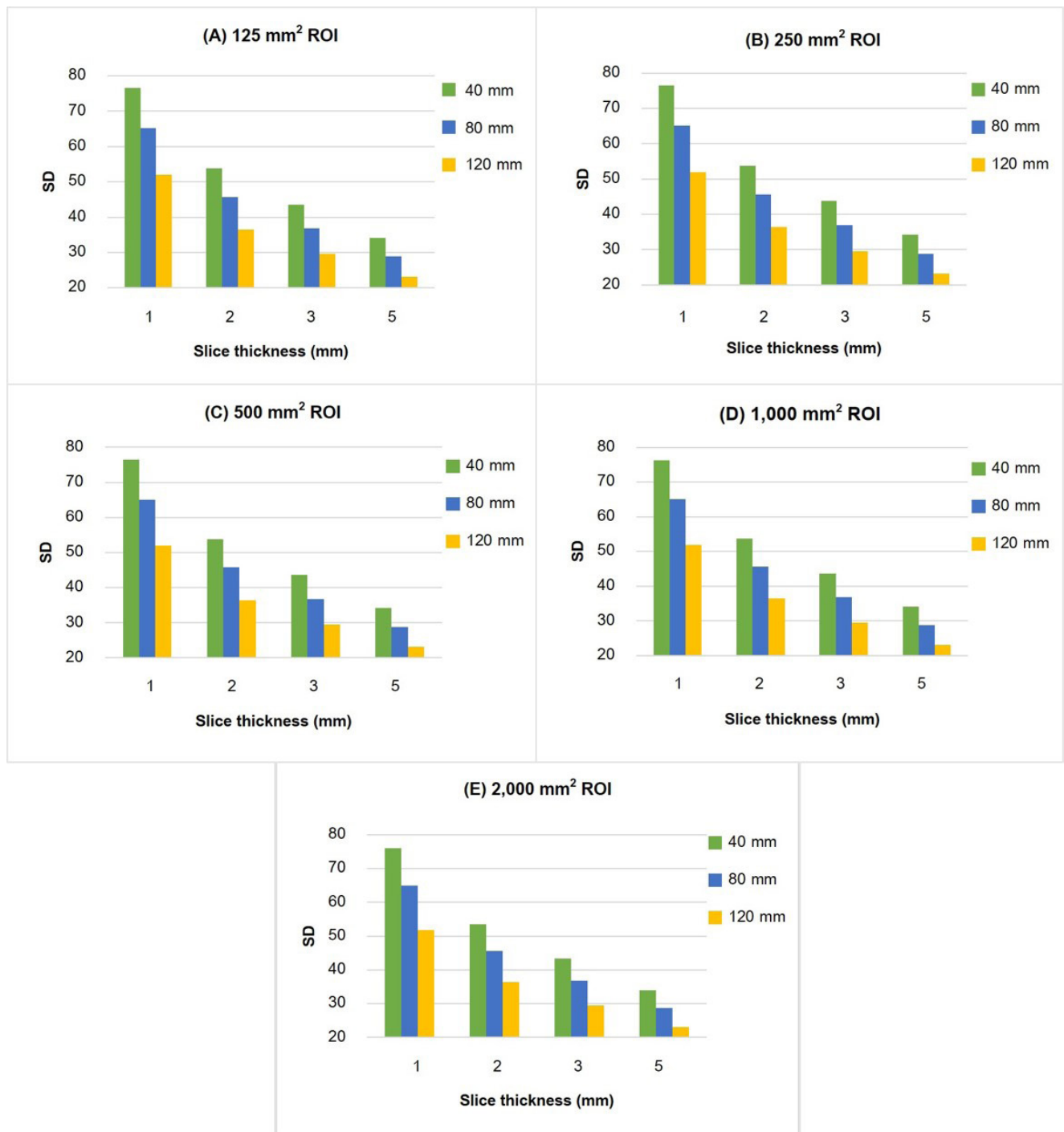


Figure 6 Relationship between average of standard deviation (SD) and slice thickness for 125, 250, 500, 1,000 and 2,000 mm² ROI (A, B, C, D, and E, respectively).

จาก Figure 6 พบว่า ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ความหนาของสไลซ์ขนาด 1 มิลลิเมตร มีค่าสูงกว่าที่ความหนาของสไลซ์ขนาด 2 3 และ 5 มิลลิเมตรตามลำดับ ในทุกขนาดของบริเวณที่สนใจและทุกระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็น เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบว่าค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาของสไลซ์ 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ขึ้นกับจำนวนของรังสีเอกซ์ตกกระทบบนอุปกรณ์รับภาพ เพื่อลดความผิดพลาดของการวัดสัญญาณรบกวน จึงคัดข้อมูลในช่วงต้นและช่วงท้ายของภาพหุ่นจำลองออก เนื่องจากสัญญาณรบกวนที่วัดได้อาจเป็นผลมาจากอาจมีจำนวนของรังสีเอกซ์ตกกระทบบนอุปกรณ์รับภาพมากกว่าช่วงกลาง และเลือกใช้ระยะของข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผล 138 ถึง 141 มิลลิเมตร ตามแนวแกน Z ดังนี้ ความหนาของสไลซ์ 1 มิลลิเมตร ใช้ข้อมูลสไลซ์ที่ 8 ถึง 148 รวมเป็น 141 มิลลิเมตร ความหนาของสไลซ์ 2 มิลลิเมตร ใช้ข้อมูลสไลซ์ที่ 6 ถึง 74 รวมเป็น 138 มิลลิเมตร ความหนาของสไลซ์ 3 มิลลิเมตร ใช้ข้อมูลสไลซ์ที่ 4 ถึง 49 รวมเป็น 138 มิลลิเมตร และความหนาของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร ใช้ข้อมูลสไลซ์ที่ 3 ถึง 30 รวมเป็น 140 มิลลิเมตร เมื่อเปรียบเทียบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแต่ละสไลซ์ในทุกความหนาของสไลซ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ในการศึกษาค้างนี้ ได้เลือกขนาดของบริเวณที่สนใจคือ 125 250 500 1,000 และ 2,000 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดอยู่ในช่วงที่องค์กรต่างๆ ได้แนะนำไว้ กล่าวคือ Radiological Society of North America (RSNA) Refresher Course 2000 แนะนำให้กำหนดบริเวณที่สนใจที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10 มิลลิเมตร หรือประมาณ 80 ตารางมิลลิเมตร Imaging Performance assessment of CT Scanners (ImPACT) แนะนำบริเวณที่สนใจขนาด 500 ตารางมิลลิเมตร American Association of Physicists in Medicine (AAPM) Report 32 แนะนำบริเวณที่สนใจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10% - 20% ของหุ่นจำลอง หรือประมาณ 800 ถึง 3,000 ตารางมิลลิเมตร และ International Electrotechnical Commission (IEC) แนะนำบริเวณที่สนใจขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 40% ของหุ่นจำลอง หรือประมาณ 13,000 ตารางมิลลิเมตร⁸

จากผลศึกษาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ขนาด และจำนวนของบริเวณที่สนใจต่อสัญญาณรบกวน เมื่อเปลี่ยนแปลงความหนาของสไลซ์ พบว่าการกำหนดขนาดตั้งแต่ 125 ถึง 2,000 ตารางมิลลิเมตร จำนวนของบริเวณที่สนใจตั้งแต่ 1 ถึง 8 วง ไม่มีผลต่อการวัดสัญญาณ

รบกวนในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แต่ความหนาของสไลซ์และตำแหน่งของบริเวณที่สนใจมีผลต่อการวัดสัญญาณรบกวนในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์

จะเห็นได้ว่าเมื่อเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของบริเวณที่สนใจ ที่ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็นเป็นระยะ 40 80 และ 120 มิลลิเมตร พบว่าค่าสัญญาณรบกวนที่ระยะ 40 มิลลิเมตร มีค่าสูงกว่าระยะ 80 และ 120 มิลลิเมตรตามลำดับ และจะมีค่าใกล้เคียงกันในวงรัศมีเดียวกัน เนื่องจากเมื่อลำรังสีเอกซ์เรย์ผ่านหุ่นจำลองทรงกระบอกเนื้อเดียวที่บริเวณกึ่งกลางของหุ่นจำลองมีความหนาของวัสดุมากกว่าบริเวณขอบ จึงทำให้รังสีเอกซ์ตกกระทบบนอุปกรณ์นับวัดรังสีได้น้อยกว่า เรียกสิ่งแปลกปลอมบนภาพนี้ว่า Cupping artifact ดังนั้นบริเวณกึ่งกลางของหุ่นจำลองจะมีสัญญาณรบกวนมากกว่าบริเวณขอบของหุ่นจำลอง¹⁴

และเมื่อพิจารณาขอบเขตการมองเห็นเป็นครึ่งบนและครึ่งล่างของภาพ พบว่า บริเวณครึ่งล่างของภาพมีค่าสัญญาณรบกวนสูงกว่าครึ่งบนในทุกขนาดของบริเวณที่สนใจและทุกความหนาของสไลซ์ อาจเนื่องมาจากสิ่งแปลกปลอมที่เกิดขึ้นบนภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จากการกระเจิงของรังสีที่ตกกระทบบนเตียง¹⁵

เมื่อเปลี่ยนแปลงจำนวนของบริเวณที่สนใจเป็น 1 2 4 6 และ 8 วง พบว่า ค่าสัญญาณรบกวนในแต่ละขนาดและจำนวนของบริเวณที่สนใจมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการกำหนดบริเวณที่สนใจมาจากการเฉลี่ยของเลขชี้กำลังของภาพหุ่นจำลองสำหรับวัดปริมาณรังสีที่ผลิตจากอะคริลิกเนื้อเดียว จึงทำให้เลขชี้กำลังเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเลขชี้กำลังมีค่าใกล้เคียงกันในทุกขนาดและจำนวนของบริเวณที่สนใจ ดังนั้นการเปลี่ยนขนาดและจำนวนของบริเวณที่สนใจจึงไม่มีผลต่อค่าสัญญาณรบกวน เมื่อระยะห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็นและความหนาของสไลซ์คงที่

จากการเปลี่ยนแปลงความหนาของสไลซ์เป็น 1 2 3 และ 5 มิลลิเมตร พบว่า ค่าสัญญาณรบกวนที่ความหนาของสไลซ์ขนาด 1 มิลลิเมตร มีค่าสูงกว่าที่ความหนาของสไลซ์ขนาด 2 3 และ 5 มิลลิเมตร ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อความหนาของสไลซ์เพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนของรังสีเอกซ์ตกกระทบบนอุปกรณ์นับวัดรังสีได้มากขึ้น สัญญาณรบกวนจึงลดลง¹⁵ ดังนั้นกรณีที่มีการเปรียบเทียบค่าสัญญาณรบกวนจากงานวิจัยที่ใช้โปรโตคอลต่างกัน ค่าสัญญาณรบกวนที่แตกต่างกัน อาจเป็นผลมาจากการใช้ความหนาของสไลซ์และ/หรือตำแหน่งของบริเวณที่สนใจต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การกำหนดขนาดของบริเวณที่สนใจตั้งแต่ 125–2,000 ตารางมิลลิเมตร และจำนวนของบริเวณที่สนใจตั้งแต่ 1–8 วง ไม่มีผลต่อการวัดสัญญาณรบกวนในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ แต่ตำแหน่งของบริเวณที่สนใจและความหนาของสไลซ์มีผลต่อสัญญาณรบกวนในภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ดังนั้น การเปรียบเทียบค่าสัญญาณ

รบกวนควรคำนึงถึงตำแหน่งของบริเวณที่สนใจและความหนาของสไลซ์ โดยกำหนดบริเวณที่สนใจห่างจากจุดศูนย์กลางขอบเขตการมองเห็นเท่ากัน และความหนาของสไลซ์เท่ากัน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยนเรศวร สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Williams MB, Krupinski EA, Strauss KJ, Breeden WK, 3rd, Rzeszutarski MS, Applegate K, et al. Digital radiography image quality: image acquisition. J Am Coll Radiol 2007; 4(6): 371-88.
2. Carrino JA. Digital image quality: A clinical perspective. Quality assurance The Society for Computer Applications in Radiology, Great Falls, VA. 2003: 29-37.
3. Bongartz G, Golding SJ, Jurik AG, Leonardi M, Meerten EvPv, Geleijns J, et al. General principles associated with good imaging technique: Technical, clinical and physical parameters. EUR 16262 EN.
4. Goldman LW. Principles of CT: Radiation Dose and Image Quality. J Nucl Med Technol. 2007; 35(4): 213-25.
5. Seeram E. Computed Tomography: Physical Principles, Clinical Applications, and Quality Control. 3rd ed. St. Louis, Mo.: Saunders/Elsevier; 2009.
6. McNitt-Gray MF. Tradeoffs in CT Image Quality and Dose 2003 [cited 2016 2/8]. Available from: <https://www.aapm.org/meetings/03AM/pdf/9794-13379.pdf>.
7. General Principles Associated with Good Imaging Technique: Technical, Clinical and Physical Parameters [cited 2014 28 December]. Available from: <http://www.drs.dk/guidelines/ct/quality/Page004.htm>.
8. Edyvean S. Effect of ROI Size on Image Noise [PDF]. 2003 [cited 2016 21 January]. Available from: http://www.ctug.org.uk/meet04-01-13/roi_size_image_noise.pdf.
9. Radiology ACo. CT Accreditation Phantom Instructions [cited 2016 20 January]. Available from: <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/Accreditation/CT/PhantomTestingInstruction.pdf>.
10. Dolly S, Chen H, Anastasio M, Mutic S, Li H, editors. Evaluations of the Noise Power Spectrum of a CT Iterative Reconstruction Technique for Radiation Therapy. AAPM 2014 Innovation: 56th Annual Meeting & Exhibition; 2014 20-24 July 2014; Austin, Texas, USA.
11. Joseph N, Rose T. Quality Assurance and the Helical (Spiral) Scanner [cited 2014 28 December]. Available from: <https://www.ceessentials.net/article33.html>.
12. Namasivayam S, Kalra MK, Pottala KM, Waldrop SM, Hudgins PA. Optimization of Z-Axis Automatic Exposure Control for Multidetector Row CT Evaluation of Neck and Comparison with Fixed Tube Current Technique for Image Quality and Radiation Dose. Am J Neuroradiol 2006; 27(10): 2221-5.

13. Patino M, Fuentes JM, Hayano K, Kambadakone AR, Uyeda JW, Sahani DV. A quantitative comparison of noise reduction across five commercial (hybrid and model-based) iterative reconstruction techniques: an anthropomorphic phantom study. *Am J Roentgenol* 2015; 204(2): W176-83.
14. Barrett JF, Keat N. Artifacts in CT: Recognition and Avoidance. *Radiographics* 2004; 24(6): 1679-91.
15. Boas FE, Fleischmann D. CT artifacts: causes and reduction techniques. *Imaging Med* 2012; 4(2): 229-40.

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง กับกล้ามเนื้อรอบสะบักในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

Correlation between abdominal and scapular muscle strength in upper back pain patients with and without scapulocostal syndrome

■ วณิชพร สุกเสถียร^{1,2} ยอดชาย บุญประกอบ^{3*} ทกมล กมลรัตน์³ ลักขณา มาทอ³
Wanatchaporn Supasatean^{1,2} Yodchai Boonprakorb^{3*} Torkamol Kamolrat³ Lugkana Mator³
ไพฑูรย์ เบญจพรเลิศ⁴ เสาวนันทน์ บำเรอราช⁵ สุภาภรณ์ ผดุงกิจ³
Paitoon Benjapomlert⁴ Sauwanan Bumrerraj⁵ Supaporn Phadungkit³

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

¹Master of Sciences Program in Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

²กลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านประสาทวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

²Neuroscience Research and Development Group, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

³สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

³Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Science, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

⁴ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

⁴Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

⁵ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย

⁵Department of Community Medicine, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: yodchai@kku.ac.th)

* Corresponding author (Email: yodchai@kku.ac.th)

Received July 2016

Accepted as revised August 2016

Abstract

Objectives: To determine the correlation between strength of abdominal and scapular muscles in upper back pain patients with and without scapulocostal syndrome (SCS).

Methods: A cross-sectional study was conducted in 164 patients with upper back pain (85 with SCS and 79 without SCS). Participants were evaluated for strength of abdominal muscles by the double leg lowering test (DLLT) and a pressure biofeedback unit (PBU), whereas strength of scapular muscles was tested by a hand held dynamometer. Spearman's rank correlation coefficient was used to analyze the correlation between strength of abdominal muscles and scapular muscles. Mann-Whitney U test was used to compare abdominal and scapular muscles strength between upper back pain patients with and without SCS.

Results: In DLLT, moderate correlation was found between strength of abdominal muscles and upper trapezius, and left serratus anterior muscles ($r = -0.503$ to -0.608 , $p < 0.001$), whereas, low correlation was found between strength of abdominal muscles and right serratus anterior, and rhomboid muscles ($r = -0.493$ to -0.499 , $p < 0.001$). Muscles strength evaluated by PBU showed moderate correlation between strength of abdominal muscles and rhomboid, serratus anterior, and right upper trapezius muscles ($r = 0.522$ to 0.569 , $p < 0.001$). Meanwhile, low correlation was shown between strength of abdominal muscles and left upper trapezius muscles ($r = 0.498$, $p < 0.001$). Moreover, strength of muscles in upper back pain patients with SCS was lower significantly compared to upper back pain patients without SCS. The affected muscles consisted of abdominal muscles, upper trapezius, serratus anterior, and rhomboid muscles ($p < 0.001$). However, there was no significant differences of the strength of middle and lower trapezius muscles in both groups.

Conclusion: Low to moderate correlation between strength of abdominal and scapular muscles was found. Moreover, strength of muscles in upper back pain patients with SCS was lower significantly compared to upper back pain patients without SCS. The affected muscles in upper back pain patients with SCS consisted of abdominal muscles, upper trapezius, serratus anterior, and rhomboid muscles ($p<0.001$).

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 323-337. Doi: 10.14456/jams.2016.36

Keywords: Scapular muscles, abdominal muscle, scapulocostal syndrome, muscle strength, upper back pain

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

วิธีการศึกษา: การศึกษาแบบภาคตัดขวางในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบน จำนวน 164 ราย (ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมจำนวน 85 ราย ไม่รวมกับกลุ่มอาการสะบักจมจำนวน 79 ราย) ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องโดยใช้การทดสอบลดระดับขาสองด้านลง (double leg lowering test) และทดสอบด้วยถุงลมวัดความดัน (pressure biofeedback unit) ส่วนการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักใช้เครื่องมือ Hand held dynamometer ใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ความแข็งแรงระหว่างกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบัก และที่ใช้สถิติทดสอบของแมน-วิทนีย์ เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักระหว่างกลุ่มผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

ผลการศึกษา: ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องเมื่อประเมินโดยการทดสอบลดระดับขาสองด้านลง มีความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ upper trapezius ทั้งสองด้าน และกล้ามเนื้อ serratus anterior ด้านซ้าย ในระดับปานกลาง ($r = -0.503$ ถึง -0.608 , $p<0.001$) สัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ serratus anterior ด้านขวา และกล้ามเนื้อ rhomboid ทั้งสองด้าน ในระดับต่ำ ($r = -0.493$ ถึง -0.499 , $p<0.001$) ในขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องเมื่อประเมินด้วยถุงลมวัดความดัน มีความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ rhomboid กล้ามเนื้อ serratus anterior ทั้งสองด้าน และกล้ามเนื้อ upper trapezius ด้านขวา ในระดับปานกลาง ($r = 0.522$ ถึง 0.569 , $p<0.001$) ส่วนความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ upper trapezius ด้านซ้ายพบในระดับต่ำ ($r = 0.498$, $p<0.001$) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มพบว่าผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่ำกว่าผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม ได้แก่ กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อ upper trapezius กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ rhomboid ($p<0.001$) อย่างไรก็ตาม ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ middle trapezius และกล้ามเนื้อ lower trapezius ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการศึกษา: ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักพบในระดับต่ำถึงปานกลาง ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่ม พบว่าผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อ upper trapezius, serratus anterior และ rhomboid ต่ำกว่าผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$)

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 323-337. Doi: 10.14456/jams.2016.36

คำรหัส: กล้ามเนื้อรอบสะบัก กล้ามเนื้อหน้าท้อง กลุ่มอาการสะบักจม ความแข็งแรง ปวดหลังส่วนบน

กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (core muscles) มีความสัมพันธ์ด้านโครงสร้างและการทำหน้าที่ร่วมกับกล้ามเนื้อแขนและขา การศึกษาด้านมหากายวิภาคศาสตร์และจุลกายวิภาคศาสตร์พบการเชื่อมต่อของกล้ามเนื้อและพังผืดของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและกล้ามเนื้อแขนหรือขา ลักษณะการเชื่อมต่อนี้เรียกว่า การเชื่อมต่อทางคิเนเมติกส์ (kinematics linkage) ส่วนการเชื่อมต่อทางคิเนเมติกส์ของกล้ามเนื้อและพังผืดที่เป็นแบบอนุกรมเท่านั้นเรียกว่า เมอริเดียน (meridian) ในด้านการทำงานพบว่า กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวมีการหดตัวก่อนทุกครั้งที่เราเริ่มมีการเคลื่อนไหวของแขนหรือขา¹⁻² ทั้งนี้เนื่องจากหลักการทางชีวกลศาสตร์ที่ว่า ความมั่นคงของแกนกลางลำตัวช่วยเสริมประสิทธิภาพการเคลื่อนไหวของร่างกายเช่น แขนและขาได้³⁻⁴ ทำให้เกิดประเด็นคำถามที่น่าสนใจว่า “หากเกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (musculoskeletal disorder) เช่น ภาวะหดสั้น (tightness) หรือภาวะอ่อนแรง (weakness) ของกล้ามเนื้อที่มีการเชื่อมต่อกันทางคิเนเมติกส์จะส่งผลกระทบต่อซึ่งกันและกันหรือไม่ทั้งในด้านโครงสร้างและการทำหน้าที่”

การเชื่อมต่อกันทางคิเนเมติกส์ของกล้ามเนื้อและพังผืดภายในร่างกายที่สะท้อนให้เห็นการเคลื่อนไหวของร่างกายทิศทางใดทิศทางหนึ่งเกิดจากการประสานงานของกล้ามเนื้อหลายมัด²⁻³ และเมื่อสันนิษฐานด้วยหลักการทางด้านชีวกลศาสตร์ พบว่า การประสานงานของกล้ามเนื้อลายที่อ้างถึงมีลักษณะโครงสร้างทางกายวิภาคศาสตร์ที่เชื่อมต่อกัน² อาจเป็นไปได้ว่าการทำงานของกล้ามเนื้อที่ความสัมพันธ์ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอมากก่อให้เกิดความผิดปกติชนิดหนึ่งเรียกว่า ภาวะกล้ามเนื้อทำงานไม่สมดุล (muscle imbalance) มีลักษณะเด่น คือ ภาวะอ่อนแรงและภาวะหดสั้นของกล้ามเนื้อระบบทำงานตรงกันข้ามกัน (antagonistic system) โดยมีปัจจัยเสริม คือ การทรงท่าทางที่ไม่ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์ในชีวิตประจำวัน เช่น การนั่ง ยืน หรือเดินทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานหลายชั่วโมงต่อวัน ปัจจัยเสริมดังกล่าวอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการปวดที่พบบ่อยในร่างกาย เช่น อาการปวดคอ ปวดหลังส่วนบน ปวดเอว หรือปวดแขนหรือขา เป็นต้น⁵⁻⁷

แม้มีการศึกษาทางด้านกายวิภาคศาสตร์ที่สนับสนุนพื้นฐานองค์ความรู้เกี่ยวกับการเชื่อมต่อทางคิเนเมติกส์ของกล้ามเนื้อและพังผืดบริเวณหน้าท้องที่มีการเชื่อมต่อในแนวอนุกรมกับกล้ามเนื้อและพังผืดของหน้าอกหัวไหล่และสะบัก (Figure 1) แต่ยังไม่มีการศึกษาที่ยืนยันความสัมพันธ์ในด้านการเกิดพยาธิสภาพร่วมกัน ดังนั้นจึงทำให้เกิดคำถามว่า อาการปวดหลังส่วนบน (upper back pain) และกลุ่มอาการสะบักจม (scapuloacostal syndrome) มีความสัมพันธ์กับภาวะอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องหรือไม่และอย่างไร

การศึกษาค้นคว้านี้ นิยามศัพท์ อาการปวดหลังส่วนบน (upper back pain) ว่าเป็นอาการปวดบริเวณกระดูกสันหลังบริเวณอก (thoracic spine) รวมถึงชายโครง⁸ เป็นอาการผิดปกติที่พบได้บ่อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลุ่มคนทำงานในสำนักงาน การศึกษาพบว่า เพศหญิงมีความชุกมากกว่าเพศชายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบในกลุ่มคนอายุน้อยกว่า 30 ปี มากกว่าคนอายุ 49 ปีขึ้นไป⁹ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาถึงความชุกของจุดกดเจ็บรุนแรง (severe tenderness) ในผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนบนชนิดไม่จำเพาะเจาะจง พบว่า กล้ามเนื้อที่พบจุดกดเจ็บได้บ่อยทั้งในเพศหญิงและเพศชาย คือ กล้ามเนื้อ levator scapulae¹⁰ นอกจากนี้ กลุ่มอาการสะบักจมยังมีจุดกดเจ็บที่กล้ามเนื้อ levator scapulae มากที่สุดเช่นกัน¹¹

กลุ่มอาการสะบักจม (scapulocostal syndrome: SCS) เป็นกลุ่มอาการทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่พบอาการปวดกล้ามเนื้อที่มีจุดเกาะรอบกระดูกสะบัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กล้ามเนื้อที่เกาะบริเวณขอบด้านในเฉียงไปทางมุมบนของกระดูกสะบัก เช่น กล้ามเนื้อ levator scapulae และกล้ามเนื้อ rhomboid เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบอาการปวดแผ่ร้าวไปยังบริเวณอื่นๆ ได้แก่ คอ ไหล่ รอบๆ ทรวงอก แขน และ/หรือ บริเวณมือร่วมด้วย¹¹ แม้ว่าปัจจุบันยังไม่ทราบสาเหตุแน่ชัดของการเกิดกลุ่มอาการสะบักจม แต่จากรายงานจำนวนหนึ่งได้วิพากษ์ว่าอาจเกี่ยวข้องกับท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์ดังกล่าวมาข้างต้นได้¹²⁻¹³

ดังนั้นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาค้นคว้านี้คือการหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบน และเปรียบเทียบความแตกต่างของความแข็งแรงทั้งกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักระหว่างผู้ป่วยอาการปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

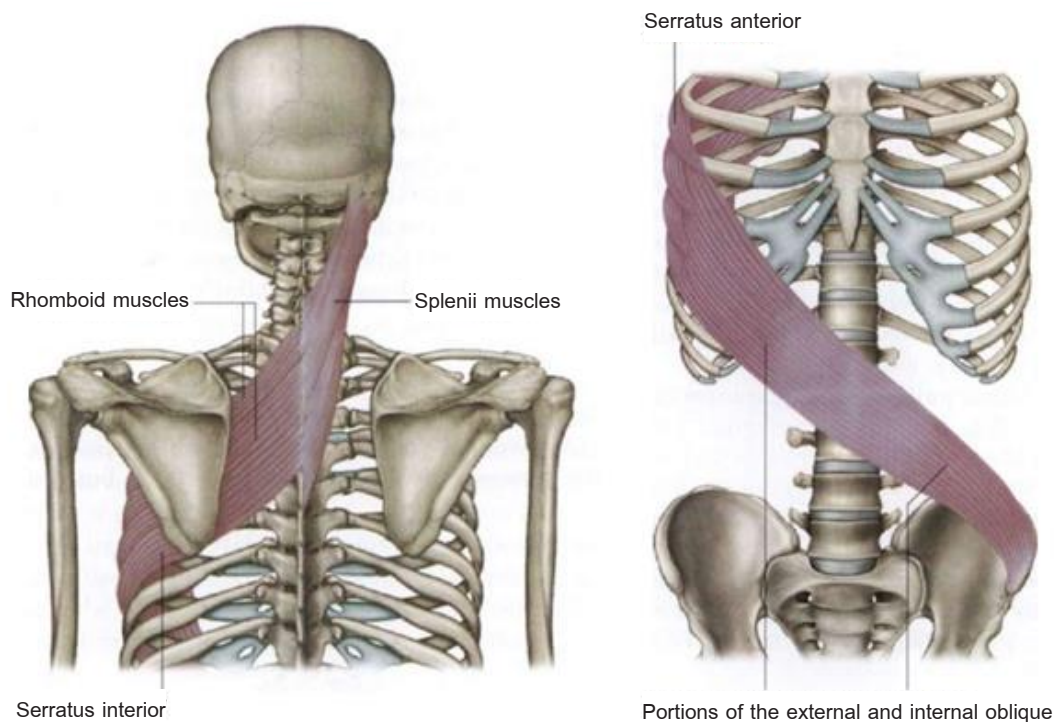


Figure 1. The upper spiral line²

วัสดุและวิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

อาสาสมัครในการศึกษานี้มีจำนวน 164 ราย (ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากการศึกษานำร่อง กำหนดอำนาจการทดสอบ (power of test) เท่ากับ 0.95 ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 เพื่อให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 164 ราย) แบ่งเป็นเพศชายจำนวน 33 ราย และเพศหญิงจำนวน 131 ราย มีอายุระหว่าง 20-59 ปี เกณฑ์การคัดเข้าคือ ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบกลุ่มอาการสะบักจมร่วมหรือไม่ก็ได้ ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนในระยะกึ่งเฉียบพลันหรือเรื้อรัง (ตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไป) ผู้ป่วยมีระดับอาการปวดเมื่อประเมินด้วย visual analogue scale อยู่ในระดับปานกลาง (VAS=4-7) เกณฑ์การคัดออกคือ ผู้ป่วยมีประวัติอาการบาดเจ็บบริเวณคอและไหล่ ได้แก่ โรคกระดูกพรุน คออักเสบ โรคเอ็นหมอนหัวไหล่อักเสบ โรคข้อไหล่เสื่อม หรือโรคข้อไหล่ติด ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติบริเวณหลังส่วนล่าง ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดหน้าท้องหรือสะโพกในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา และผู้ป่วยที่อยู่ในระหว่างการตั้งครรภ์

วิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบัก งานวิจัยผ่านการรับรองจากคณะกรรมการ

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของสถาบัน เลขที่ HE581360 โดยอาสาสมัครได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟูว่าเป็นผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมหรือไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม จากนั้นส่งต่อผู้ป่วยแก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยอธิบายถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเก็บข้อมูลการศึกษาประกอบการตัดสินใจของผู้ป่วย หากผู้ป่วยยินยอมเข้าร่วมการศึกษาก็จะลงนามยินยอม จากนั้นเป็นการคัดกรองและตรวจประเมินร่างกายผู้ป่วยตามเกณฑ์การคัดเข้าโดยผู้วิจัยหลัก กรณีที่ผู้ป่วยผ่านเกณฑ์คัดเข้า มีผู้ช่วยวิจัยทำการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบัก

ตัวแปรการศึกษา

ตัวแปรการศึกษาได้แก่ ผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบัก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องประเมินด้วย 2 วิธี คือ การทดสอบลดระดับขาสองด้านลงและการทดสอบด้วยถุงลมวัดความดันทั้ง 2 การทดสอบเป็นวิธีที่นิยมใช้ในทางคลินิก มีการศึกษาบ่งชี้ว่าการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้องขณะทดสอบลดระดับขาสองด้านลงว่าเป็นการทดสอบความแข็งแรงที่เน้นการทำงานของกล้ามเนื้อ rectus abdominis และกล้ามเนื้อ abdominal oblique¹⁴ ส่วนการทดสอบด้วยถุงลมวัดความดันเป็นการประเมินที่เน้นความสามารถของกล้ามเนื้อ transversus abdominis¹⁵ การศึกษานี้จึงเลือกทดสอบความแข็งแรง

ของกล้ามเนื้อหน้าท้องทั้ง 2 วิธี เพื่อให้ครอบคลุมการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าท้องทุกมัด นอกจากนี้ ผู้ป่วยยังได้รับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักประเมินด้วยเครื่องมือ hand held dynamometer ซึ่งมีรายละเอียดของวิธีการตรวจประเมิน ดังนี้

1. การทดสอบลดระดับขาสองด้านลง (Double leg lowering test; DLLT) เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องชนิดหนึ่ง ทำเริ่มต้นให้ผู้ปวยนอนหงายโดยกอดอกด้วยแขนสองข้าง และติด inclinometer ไว้เหนือเข่าด้านขวา ผู้ทดสอบบอกให้ผู้ปวยงอสะโพก 90 องศาพร้อมกับข้อเข่าเหยียดทั้งสองด้าน ผู้ทดสอบปรับความดันในถุงลม pressure biofeedback unit (PBU) ที่วางไว้ใต้กระดูกสันหลังบริเวณเอว



โดยปรับความดันเริ่มต้นไว้ที่ 40 มิลลิเมตรปรอท (mmHg) จากนั้นให้อาสาสมัครเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องพร้อมกับลดระดับขาสองด้านลงช้าๆ ขณะเกร็งหน้าท้อง กระดูกเชิงกรานหมุนไปทางด้านหลัง (posterior pelvic tilt) เมื่อกล้ามเนื้อหน้าท้องเริ่มไม่สามารถควบคุมให้กระดูกเชิงกรานหมุนไปทางด้านหลังได้ จึงส่งผลให้กระดูกเชิงกรานเริ่มหมุนไปทางด้านหน้า (anterior pelvic tilt) แทน และทำให้ความดันในถุงลมลดลง จนกระทั่งลดลงต่ำกว่า 20 มิลลิเมตรปรอท ผู้ทดสอบจึงบันทึกค่ามุมองศาโพกเป็นองศา โดยทั่วไปเกณฑ์การวัดมุมองศาโพกเปรียบเทียบกับท่าเหยียดข้อสะโพก 0 องศา ดังนั้น ค่ามุมองศาโพกที่น้อยจึงหมายถึงระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องที่มีค่ามาก¹⁶ (Figure 2)



Figure 2. Double leg lowering test (DLLT): Starting position and participant slowly lower both legs down to the table.

2. การทดสอบด้วยถุงลมวัดความดัน (Pressure biofeedback unit: PBU) เป็นอีกหนึ่งวิธีในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง เริ่มต้นจากผู้วิจัยจัดให้ผู้ปวยนอนคว่ำร่วมกับวาง pressure sensor ใต้หน้าท้องตรงกับระดับสะดือ ขอบล่างของถุงลมตรงกับ anterior superior iliac spine (ASIS) เมื่อเริ่มต้นการวัดผู้ทดสอบปรับความดันในถุงลมเท่ากับ 70 มิลลิเมตรปรอท หลังจากนั้นให้ผู้ปวยเกร็ง

กล้ามเนื้อหน้าท้อง (draw-in) เป็นเวลา 10 วินาที โดยพยายามป้องกันการเคลื่อนไหวเชิงกรานหรือสะโพก ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกค่าความดันในถุงลมที่เปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปค่าความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ transversus abdominis ที่เหมาะสมควรมีค่าความดันลดลงอยู่ระหว่าง 4 ถึง 10 มิลลิเมตรปรอท^{15, 17} (Figure 3)



Figure 3. Pressure biofeedback unit and testing position for abdominal muscle strength.

3. การทดสอบด้วยเครื่อง Hand held dynamometer (HHD) ใช้ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบัก โดยเลือกทดสอบกล้ามเนื้อจำนวน 5 มัด ได้แก่ กล้ามเนื้อ upper trapezius, middle trapezius, lower trapezius, serratus anterior และ rhomboid ทั้งสองด้าน โดยให้อาสาสมัครออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อต้านอุปกรณ์ HHD โดยไม่ให้มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อ¹⁸ ค้างไว้เป็นเวลา 5 วินาที ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง หน่วยการวัดเป็นกิโลกรัม ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนการบันทึกข้อมูล มีวิธีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักแต่ละมัด ดังนี้ (Figure 4-8)

3.1 ท้าทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ upper trapezius

ผู้ป่วยอยู่ในท่านั่ง แขนสองข้างวางไว้ข้างลำตัว จากนั้นให้ผู้ป่วยพยายามยกกระดูกสะบักขึ้นทางด้านบน หรือ การยกไหล่ (scapular elevation) ออกแรงต้าน HHD ให้ได้มากที่สุด ขณะที่ผู้ทดสอบให้แรงต้านผ่าน HHD ซึ่งวางไว้บริเวณกึ่งกลางระหว่าง mastoid process กับ lateral acromion¹⁹ (Figure 4)



Figure 4. Upper trapezius muscle strength evaluated with a HHD.

3.2 ท้าทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ middle trapezius

ผู้ป่วยนอนคว่ำ กางข้อไหล่ 90 องศา ร่วมกับงอศอก 90 องศา จากนั้นให้ผู้ป่วยพยายามดึงกระดูกสะบักไปด้านหลัง (scapular retraction) ออกแรงต้านกับ HHD ให้ได้มากที่สุด ขณะที่ผู้ทดสอบให้แรงต้านผ่าน HHD ซึ่งวางไว้บริเวณ spine ของกระดูกสะบัก (บริเวณกึ่งกลางระหว่าง acromial process กับ root ของ spine ของกระดูกสะบัก)¹⁹ (Figure 5)



Figure 5. Middle trapezius muscle strength evaluated with a HHD.

3.3 ท้าทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ lower trapezius

ผู้ป่วยนอนคว่ำยกแขน 140 องศา จากนั้นให้ผู้ป่วยพยายามดันไหล่ลงพร้อมกับหุบแขนเข้าทำให้เกิดการหุบกระดูกสะบักเข้าด้านในและลงด้านล่าง (scapular adduction และ depression) ออกแรงต้าน HHD ให้ได้มากที่สุด ขณะที่ผู้ทดสอบให้แรงต้านผ่าน HHD ซึ่งวางไว้บริเวณ spine ของกระดูกสะบัก (บริเวณกึ่งกลางระหว่าง acromial process กับ the root ของ spine ของกระดูกสะบัก)¹⁹ (Figure 6)



Figure 6. Lower trapezius muscle strength evaluated with a HHD.

3.4 ทำทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ serratus anterior

ผู้ป่วยอยู่ในท่านั่ง ยกแขน 130 องศา จากนั้นให้ผู้ป่วยพยายามเคลื่อนกระดูกสะบักไปทางด้านหน้า (scapular upward rotation ร่วมกับ protraction) ออกแรงต้าน HHD ให้ได้มากที่สุด ขณะที่ผู้ทดสอบให้แรงต้านผ่าน HHD ซึ่งวางไว้บริเวณกระดูกต้นแขนล่างต่อจุดเกาะปลายของกล้ามเนื้อ deltoid¹⁹ (Figure 7)



Figure 7. Serratus anterior muscle strength evaluated with a HHD.

3.5 ทำทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ rhomboid

ผู้ป่วยอยู่ในท่านอนคว่ำ แขนไขว้หลัง จากนั้นให้ผู้ป่วยพยายามดึงกระดูกสะบักไปด้านหลังและหมุนลงทางด้านล่าง (scapular retraction และ downward rotation) ออกแรงต้าน HHD ให้ได้มากที่สุด ขณะที่ผู้ทดสอบให้แรงต้านผ่าน HHD ที่กระดูกต้นแขนบริเวณกึ่งกลางระหว่าง acromion process กับ lateral epicondyle ของกระดูกต้นแขน¹⁹ (Figure 8)



Figure 8. Rhomboid muscles strength evaluated with a HHD.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนาอธิบายลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครในส่วน of ข้อมูลตัวอย่างที่ศึกษา เมื่อทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) พบว่าข้อมูลไม่กระจายตามโค้งปกติ จึงเลือกใช้สถิติ Spearman rank correlation coefficient เพื่อแสดงความสัมพันธ์ (correlation: r) ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อรอบสะบัก และใช้สถิติทดสอบ Mann-Whitney U Test เปรียบเทียบความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมและไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม ทั้งนี้ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรม STATA version 13 ประกอบการบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่เข้าร่วมการศึกษารั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 164 ราย เป็นเพศชายจำนวน 33 ราย

เพศหญิงจำนวน 131 ราย อายุเฉลี่ย 39.52 ± 11.71 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 59.20 ± 10.36 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ย 158.50 ± 7.54 เซนติเมตร (Table 1)

Table 1 Demographic data.

Variables	n (%)
Gender [†]	
1) Males	33 (20.1)
2) Females	131 (79.9)
Age range [†]	
1) 20-29 years.	45 (27.4)
2) 30-39 years.	26 (15.9)
3) 40-49 years.	54 (32.9)
4) 50-59 years.	39 (23.8)
Weight (kg) [§]	59.20 ± 10.36
Height (cm) [§]	158.50 ± 7.54
Body Mass Index; BMI (kg/m ²) [§]	23.59 ± 3.99
Waist circumferences (cm) [§]	80.17 ± 10.32
Marital status [†]	
1) Single	53 (32.3)
2) Marry	94 (57.3)
3) Widow	17 (10.4)
Occupational [†]	
1) Light work	120 (73.2)
2) Heavy work	44 (26.8)
Job description [†]	
1) Prolonged sitting	66 (40.2)
2) Prolonged standing	15 (9.1)
3) Muscular effort	23 (14.0)
4) Overhead activities	56 (34.1)
5) Prolonged walking	4 (2.4)
Dominant hand [†]	
1) Left side	20 (12.2)
2) Right side	133 (81.1)
3) Both sides	11 (6.7)
Exercise frequency [†]	
1) Never	57 (34.8)
2) 1-3 times/week	93 (56.7)
3) >3 times/week	14 (8.5)

Table 1 Demographic data. (continues)

Variables	n (%)
Type of exercise [†]	
1) Strength	4 (2.4)
2) Endurance	87 (53)
3) Flexibility	16 (9.8)
Duration of pain [†]	
1) Subacute (4-12 weeks)	65 (39.6)
2) Chronic (12 weeks)	99 (60.4)
Pain scale (VAS) [§]	5.49±1.18

Note: [§] Mean±SD [†] Frequency (percentage)

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบัก

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบัก ในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมหรือไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมจำนวน 164 รายพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องจากการทดสอบลดระดับขาสองด้านลงสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อ upper trapezius ทั้งสองด้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ในระดับปานกลาง มีค่า $r = -0.576$ ถึง -0.608 ค่าความสัมพันธ์รองลงมาคือเมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อ serratus anterior ด้านซ้าย มีค่า $r = -0.503$ และค่าความสัมพันธ์เมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อ rhomboid ด้านซ้าย มีค่า $r = -0.499$ ตามลำดับ (Table 2) เนื่องจากตัวแปรความแข็งแรงของ

กล้ามเนื้อหน้าท้องจากการทดสอบลดระดับขาสองด้านลงใช้ค่ามุมองศาที่วัดเปรียบเทียบกับแนวนานกับพื้นที่ผู้ป่วยนอนในการวัด ดังนั้น ค่ามุมองศาจึงมีค่ามาก กล่าวอีกนัยหนึ่งคือระดับของขาสองด้านลดลงมาได้น้อยหมายถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องต่ำ

ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องจากการทดสอบด้วยถุงลมวัดความดัน มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ในระดับปานกลาง เช่น เมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อ rhomboid มีค่า $r = 0.561$ ถึง 0.569 ค่าความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ serratus anterior ด้านซ้าย มีค่า $r = 0.552$ และค่าความสัมพันธ์กับกล้ามเนื้อ upper trapezius ด้านขวา มีค่า $r = 0.533$ ตามลำดับ

Table 2 Correlation between abdominal muscle strength and scapular muscle strength.

Variables	Correlation coefficient (r)	p value
Abdominal muscle strength (DLLT)		
- Abdominal × Right upper trapezius	-0.608	<0.001*
- Abdominal × Left upper trapezius	-0.576	<0.001*
- Abdominal × Right middle trapezius	-0.153	0.051
- Abdominal × Left middle trapezius	-0.188	0.016*
- Abdominal × Right lower trapezius	-0.230	0.003*
- Abdominal × Left lower trapezius	-0.253	0.001*
- Abdominal × Right serratus anterior	-0.494	<0.001*
- Abdominal × Left serratus anterior	-0.503	<0.001*
- Abdominal × Right rhomboid	-0.493	<0.001*
- Abdominal × Left rhomboid	-0.499	<0.001*

Table 2 Correlation between abdominal muscle strength and scapular muscle strength. (continued)

Variables	Correlation coefficient (r)	p value
Abdominal muscle strength (PBU)		
- Abdominal × Right upper trapezius	0.533	<0.001*
- Abdominal × Left upper trapezius	0.498	<0.001*
- Abdominal × Right middle trapezius	0.238	0.002*
- Abdominal × Left middle trapezius	0.233	0.003*
- Abdominal × Right lower trapezius	0.149	0.057
- Abdominal × Left lower trapezius	0.230	0.003*
- Abdominal × Right serratus anterior	0.522	<0.001*
- Abdominal × Left serratus anterior	0.552	<0.001*
- Abdominal × Right rhomboid	0.561	<0.001*
- Abdominal × Left rhomboid	0.569	<0.001*

Note: * Statistically significant difference ($p < 0.05$, Spearman's Correlation Coefficient)

การเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง และกล้ามเนื้อรอบสะบักในผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบ ร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนจำนวน 164 ราย แบ่งเป็นผู้ป่วย

ที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมจำนวน 85 ราย และไม่พบ ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมจำนวน 79 ราย ข้อมูลเกี่ยวกับ ลักษณะพื้นฐานของผู้ป่วยในแต่ละกลุ่มได้นำเสนอและเปรียบเทียบ ไว้ดังตารางที่ 3 (Table 3)

Table 3 Subjects characteristics among upper back pain patients with and without SCS.

Variables	Upper back pain with SCS (n=85)	Upper back pain without SCS (n=79)	p value
Sex; male/ females (n)	13/72	20/59	-
Age; yrs. (Mean±SD)	40.25±11.89	38.75±11.53	0.414
Weight; kg. (Mean±SD)	57.70±9.21	60.81±11.31	0.054
Height; cm (Mean±SD)	158.47±7.23	158.53±7.90	0.959
BMI; kg/m ² (Mean±SD)	23.04±3.74	24.18±4.17	0.066
Waist circumference; cm. (Mean±SD)	78.87±10.17	81.57±10.36	0.094
Pain scale; VAS (Mean±SD)	5.65±1.19	5.31±1.16	0.070

Note: The differences between with and without SCS group were compared using independent samples t-test with the level of different significances at $p < 0.05$

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่พบอาการร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) โดยกลุ่มอาสาสมัครปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อ upper trapezius กล้ามเนื้อ serratus anterior และ

กล้ามเนื้อ rhomboid ทั้งสองด้าน ต่ำกว่ากลุ่มอาสาสมัครปวดหลังส่วนบนที่ไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ในขณะที่ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ middle trapezius และกล้ามเนื้อ lower trapezius ระหว่างสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

Table 4 Comparison of abdominal and scapular muscle strength between groups (with and without SCS).

		Upper back pain with SCS	Upper back pain without SCS	p value
		Median (interquartile range)	Median (interquartile range)	
Abdominal; DLLT (degree)		63.33 (54, 70)	43.33 (31.33, 54.67)	<0.001*
Abdominal; PBU (mmHg)		3 (2, 5)	6 (4, 10)	<0.001*
Upper trapezius	Right (kg)	10.33 (8.67, 11.33)	12 (10.67, 13.33)	<0.001*
	Left (kg)	10 (8.33, 11.67)	11.67 (10.33, 13)	<0.001*
Middle trapezius	Right (kg)	10.67 (9.67, 11.67)	11 (10.33, 12)	0.160
	Left (kg)	10.67 (9.67, 11.67)	11 (10.33, 12)	0.097
Lower trapezius	Right (kg)	11 (10, 11.67)	11 (10.33, 12)	0.181
	Left (kg)	10.67 (9.67, 11.67)	11 (10.33, 12)	0.080
Serratus anterior	Right (kg)	7.67 (6, 9.33)	8.67 (7, 11)	<0.001*
	Left (kg)	7.33 (5.67, 8.67)	8.33 (7, 11)	<0.001*
Rhomboid	Right (kg)	10 (7.67, 11.33)	11.33 (10, 13)	<0.001*
	Left (kg)	10 (7.67, 11)	11 (10, 12.67)	<0.001*

* Statistically significant differences ($p<0.05$, Mann-Whitney U test)

วิจารณ์ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรขึ้นไปที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเวลาหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยและข้อจำกัดของการศึกษาชนิดนี้ ได้แก่ เมื่อศึกษาในช่วงเวลาหรือกลุ่มตัวอย่างอื่นอาจได้ค่าความสัมพันธ์ที่ไม่เหมือนกัน การหาความสัมพันธ์ไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรหนึ่งเป็นเหตุหรือเป็นผลของอีกตัวแปรหนึ่ง และขนาดของกลุ่มตัวอย่างไม่เพียงพอในการบอกถึงค่าความสัมพันธ์ที่เป็นจริง ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้ทดสอบขนาดตัวอย่างว่ามีอำนาจเพียงพอในการทดสอบค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยมีค่าความผิดพลาดชนิดที่ 2 (type II error, β) ไม่เกินร้อยละ 20 นอกจากนี้ การศึกษายังมีการประเมินผลโดยการปิดบังทางเดียว (single blinding) เพื่อลดอคติ คือปิดบังผู้วัดผลไม่ให้ทราบว่าเป็นผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนได้รับการวินิจฉัยว่าพบร่วมหรือไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักม รวมถึงการลดความแปรปรวนในตัวผู้วัดและเครื่องมือ โดยประเมินความเชื่อถือได้ภายในตัวผู้วัดก่อนการเก็บข้อมูล (intra-rater reliability) ด้วยการทดสอบในอาสาสมัครจำนวน 10 คน พบว่า ค่าความเชื่อถือได้ใน

แต่ละการทดสอบอยู่ในระดับสูง ได้แก่ การทดสอบลดระดับขาสองด้านลง (ICC = 0.953) การทดสอบด้วยถุงลมวัดความดัน (ICC = 0.936) และการทดสอบด้วยเครื่องมือ HDD (ICC = 0.906-0.984) ตามลำดับ

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบัก

การวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์หลักของการศึกษา คือ พบความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อรอบสะบักในระดับต่ำถึงปานกลาง (Table 2) ผลการศึกษานับสนับสนุนแนวคิดการเชื่อมต่อทางคินเนติกส์ของกล้ามเนื้อว่า กล้ามเนื้อสองกลุ่มนี้ทำงานสัมพันธ์กัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Sharrock และคณะ²⁰ ในปี ค.ศ. 2011 ที่พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องเมื่อประเมินด้วยการทดสอบลดระดับขาสองด้านลงสัมพันธ์กับการวัดกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวด้วยการทดสอบ medicine ball throw อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = -0.389$, $p = 0.023$) และการศึกษาของ Shinkle และคณะ²¹ ในปี ค.ศ. 2012 ที่พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวสัมพันธ์กับการวัดกล้ามเนื้อสะบักและการเคลื่อนไหวร่างกายในหลายตัวแปรอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.40$ ถึง 0.65 , $p < 0.05$) โดยสรุปผลการศึกษาว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อไหล่ กล้ามเนื้อหน้าท้องที่ไม่แข็งแรงอาจเป็นปัจจัยเสริมความผิดปกติในการทำงานของข้อไหล่ได้

การศึกษาทางกายวิภาคศาสตร์เกี่ยวกับการเชื่อมต่อกันทางคิเนเมติกส์ของกล้ามเนื้อและพังผืดที่รวบรวมโดย Myers² ในปี ค.ศ. 1997 พบว่า ลักษณะการเชื่อมต่อของกล้ามเนื้อและพังผืดของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักมีลักษณะเป็นแนวเฉียงพันรอบร่างกายส่วนบน (upper spiral line) สอดคล้องกับการศึกษาของ Vleeming และคณะ²² ในปี ค.ศ. 1995 ที่อธิบายการเชื่อมโยงของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อและแผ่นพังผืดดังกล่าวว่า มีลักษณะเป็นสายคล้องในแนวเฉียงทางด้านหน้าของร่างกาย (anterior oblique sling) ประกอบด้วยแผ่นพังผืดของกล้ามเนื้อหน้าท้องเชื่อมต่อกับกล้ามเนื้อและพังผืดของหน้าอก และพบการเชื่อมต่อไปยังด้านหลังซึ่งเป็นส่วนของกล้ามเนื้อรอบสะบักด้วย การศึกษาครั้งนี้พบความสัมพันธ์ความแข็งแรงระหว่างกล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อ rhomboid และกล้ามเนื้อ serratus anterior จึงอาจเนื่องมาจากการเชื่อมต่อทางคิเนเมติกส์ดังกล่าว และอาจอนุมานได้ว่า การทำหน้าที่ของกลุ่มกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักอาจมีส่วนร่วมในการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายร่วมกันได้⁴

แม้ผลการศึกษาจะพบค่าความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อ upper trapezius ในระดับปานกลาง แต่เมื่อพิจารณาตามหลักการเชื่อมต่อทางคิเนเมติกส์กลับพบว่า กล้ามเนื้อหน้าท้องกับกล้ามเนื้อ trapezius ไม่ได้อยู่ในเมอร์เดียนเดียวกัน เนื่องจากกล้ามเนื้อ trapezius จัดอยู่ในเมอร์เดียนของแขน (arm line) ซึ่งอธิบายได้จากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการทำงานของร่างกายที่พบว่าต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อและพังผืดของแกนกลางลำตัวร่วมด้วย²

2. ความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักระหว่างผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมและไม่ร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม

วัตถุประสงค์รองของการศึกษาคือเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักระหว่างกลุ่มผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมและไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม ผลการศึกษาพบว่า ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักบางมัดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และกล้ามเนื้อมัดที่มีระดับความแข็งแรงลดลง

ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ได้แก่ กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อ upper trapezius กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ rhomboid ทั้งสองด้าน ($p < 0.001$)

การศึกษาพบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ serratus anterior และ rhomboids muscles ลดลงในกลุ่มผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักในผู้ป่วยกลุ่มอาการสะบักจมที่ผ่านมา^{13,23} นอกจากนี้ ยังคล้ายกับการศึกษาของ Ludewig และคณะ²⁴ ในปี ค.ศ. 2000 และ Shahidi และคณะ²⁵ ในปี ค.ศ. 2012 ที่พบว่าผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของคอและไหล่จะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบสะบักลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ rhomboid ผลการศึกษาดังกล่าวอาจอธิบายถึงสาเหตุที่ความแข็งแรงลดลงได้หลายประเด็น เช่น อธิบายด้วยกลไกทางประสาทสรีรวิทยา กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ rhomboid เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อตรงกันข้าม (antagonists) ของกล้ามเนื้อหน้าอก (pectoral muscles) ขณะที่กล้ามเนื้อหน้าอกหดตัวต่อเนื่องกัน ในท่าทางของการทำงานจึงมีการส่งสัญญาณยับยั้งไปยังกล้ามเนื้อกลุ่มตรงกันข้ามที่เป็นกล้ามเนื้อรอบสะบักผ่านกลไก reciprocal inhibition จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการลดลงของกำลังกล้ามเนื้อรอบสะบักได้²⁶ นอกจากนี้ พยาธิกำเนิดและปัจจัยเสริมของการเกิดจุดกดเจ็บโกอาจมีส่วนสนับสนุนด้วย เนื่องจากกลุ่มอาการสะบักจมเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มอาการปวดกล้ามเนื้อและพังผืด (myofascial pain) ซึ่งเป็นกลุ่มอาการปวดเรื้อรังที่มีจุดกดเจ็บโก และจุดกดเจ็บโกมีปัจจัยเสริมให้คงสภาพไว้หลายปัจจัย เช่น ความเครียด ท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักกายศาสตร์ การหดตัวทำงานซ้ำๆ ในท่าเดิมนานๆ เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวเป็นองค์ประกอบของกลไกป้อนไปข้างหน้าชนิดส่งเสริม (feed forward mechanism) ที่ทำให้เกิดข้อจำกัดในการรักษาจุดกดเจ็บโกให้หายขาดได้ เมื่อกล้ามเนื้อมีอาการปวดเรื้อรังจากจุดกดเจ็บโกอาจมีผลทำให้เกิดการลดลงของกำลังกล้ามเนื้อได้เช่นกัน²⁷⁻²⁸

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ upper trapezius พบว่าแตกต่างกับการศึกษาที่ผ่านมา^{24, 29-31} กล่าวคือ ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ upper trapezius ลดลง เปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่ศึกษาในผู้ป่วยปวดข้อไหล่ พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ upper trapezius ไม่มีภาวะอ่อนแรง และบางการศึกษากลับพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ upper trapezius เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่ออ้างอิงการรวบรวมประเภทยของกล้ามเนื้อตามหลักการของ Janda⁵ ได้สรุปว่า กล้ามเนื้อ upper trapezius เป็นกล้ามเนื้อที่มี

แนวโน้มหดสั้น (tightness) มากกว่าอ่อนแรง⁵ ข้อจำกัดเกี่ยวกับการแปลผลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ upper trapezius คือไม่มีมาตรฐานกำหนดว่าแรงหดตัวเท่าใดที่ถือว่าเป็นภาวะอ่อนแรงในผู้ป่วยที่มีกลุ่มอาการสะบักจมเนื่องจากยังไม่มีการศึกษาถึงค่าเกณฑ์มาตรฐานของกล้ามเนื้อ upper trapezius ในผู้ป่วยที่มีกลุ่มอาการสะบักจม แม้แต่ในการศึกษาครั้งนี้ค่าว่าอ่อนแรงเกิดจากการเปรียบเทียบแรงการหดตัวระหว่างกลุ่มผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมและไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อดังกล่าวในกลุ่มที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมอาจเกิดจากอาการปวดเป็นตัวจำกัดแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อก็ได้^{22, 33} ในขณะที่กล้ามเนื้อ middle trapezius และ lower trapezius พบเพียงแนวโน้มความแตกต่างของความแข็งแรง โดยพบว่าผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมมีแนวโน้มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อดังกล่าวต่ำกว่าผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่ไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจมแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเกิดจากข้อจำกัดในการคำนวณขนาดตัวอย่างจากตัวแปรวัดผลที่ไม่ได้ใช้ทุกตัวแปรคำนวณ จึงอาจส่งผลให้ขนาดตัวอย่างไม่มากเพียงพอที่จะสะท้อนให้เห็นผลอันแท้จริงได้ นอกจากนี้ อาจเกิดจากความแปรปรวนเนื่องจากการตรวจกำลังกล้ามเนื้อหลายมัดในเวลาใกล้เคียงกัน การศึกษาต่อไปจึงควรมีการสุ่มวิธีการประเมินกำลังกล้ามเนื้อและภาวะกล้ามเนื้อหดสั้นเพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับภาวะลำของอาสาสมัครได้

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

รายงานนี้เป็นการศึกษาในเชิงสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการ แต่ความสัมพันธ์ที่ได้ไม่อาจสรุปได้อย่างชัดเจน ว่าตัวแปรหนึ่งเป็นเหตุหรือผลของอีกตัวแปรหนึ่ง จึงควรศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกของการหาความสัมพันธ์ตัวแปรที่อาจมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยรบกวน เช่น เพศ อายุ อาชีพ พฤติกรรมการออกกำลังกาย เป็นต้น นอกจากนี้ อาจต้องมีการศึกษาถึงลักษณะอื่นๆ ของภาวะกล้ามเนื้อทำงานไม่สมดุล เช่น กล้ามเนื้อหดสั้น (muscle tightness) และท่าทาง (posture) ร่วมด้วย

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสรุปได้ว่า ผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนอาจพบความอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อรอบสะบักเนื่องจากพบความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อดังกล่าวในระดับต่ำถึงระดับปานกลาง ยิ่งไปกว่านั้นความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างผู้ป่วยปวดหลังส่วนบนที่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบางมัดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่พบร่วมกับกลุ่มอาการสะบักจม ได้แก่ กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อ upper trapezius กล้ามเนื้อ serratus anterior และกล้ามเนื้อ rhomboid ทั้งสองด้าน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านประสาทวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณแพทย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนและส่งต่อผู้ป่วยในการศึกษาครั้งนี้

1. Hodges PW and Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther* 1997; 77(2): 132-42.
2. Myers T. The anatomy trains. *J Bodyw Mov Ther* 1997; 1(2): 91-101.
3. DeRosa C, Porterfield JA. Anatomical linkages and muscle slings of the lumbopelvic region. In: Vleeming A, Mooney V, Stoeckart R, editors. *Movement, stability & lumbopelvic pain: integration of research and therapy*. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone (Elsevier) 2007: 47-62.
4. Wilke J, Krause F, Vogt L, Banzer W. What is evidence-based about myofascial chains: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016; 97(3): 454-61. doi: 10.1016/j.apmr.2015.07.023.
5. Janda V. Muscles and cervicogenic pain syndromes. In: Grant R, editor. *Physical therapy of the cervical and thoracic spine*. New York: Churchill Livingstone; 1988, p 153-66.
6. Wahlstrom J. Ergonomics, musculoskeletal disorders and computer work. *Occup Med (Lond)* 2005; 55(3): 168-76. doi: 10.1093/occmed/kqi083.
7. Hanvold TN, Veiersted KB, Waersted M. A prospective study of neck, shoulder, and upper back pain among technical school students entering working life. *J Adolesc Health* 2010; 46(5): 488-94. doi: 10.1016/j.jadohealth.2009.11.200.
8. Ozaras N. Differential diagnosis in upper back pain. *J Rheum Dis Treat* 2015; 1: 1: 1:003e
9. Janwantanakul P, Pensri P, Jiamjarasrangsi V, Sinsongsook T. Prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among office workers. *Occup Med (Lond)* 2008; 58(6): 436-8. doi: 10.1093/occmed/kqn072.
10. Andersen LL, Hansen K, Mortensen OS, Zebis MK. Prevalence and anatomical location of muscle tenderness in adults with nonspecific neck/shoulder pain. *BMC Musculoskelet Disord* 2011; 12: 169: 1-8. doi: 10.1186/1471-2474-12-169.
11. Abrams B. Scapulocostal syndrome. In: Waldman SD, editor. *Pain management*, vol. 2. Philadelphia: Saunders; 2011. p. 588-92.
12. Michele AA, Davies JJ, Krueger FJ, Lichtor JM. Scapulocostal syndrome (fatigue-postural paradox). *New York J Med* 1950; 50: 1353. (cited by: Abrams B. Scapulocostal Syndrome. In: Waldman SD, editor. *Pain management*, vol 2. Philadelphia: Saunders, 2011: 588-92.
13. Schmerl M, Sangster J. Clinical update. scapulo-costal syndrome. *Australas Chiropr Osteopathy* 2002; 10(2): 85-6.
14. Shields RK, Heiss DG. An electromyographic comparison of abdominal muscle synergies during curl and double straight leg lowering exercises with control of the pelvic position. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997; 22(16): 1873-9. doi: 10.1097/00007632-199708150-00012.
15. de Paula Lima PO, de Oliveira RR, Costa LO, Laurentino GE. Measurement properties of the pressure biofeedback unit in the evaluation of transversus abdominis muscle activity: a systematic review. *Physiotherapy* 2011; 97(2): 100-6. doi: 10.1016/j.physio.2010.08.004.
16. Ladeira CE, Hess LW, Galin BM, Fradera S, Harkness MA. Validation of an abdominal muscle strength test with dynamometry. *J Strength Cond Res* 2005; 19(4): 925-30. doi: 10.1519/R-16664.1.
17. Cairns MC, Harrison K, Wright C. 'Pressure biofeedback: a useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction?' *Phys Ther* 2000; 86(3): 127-38. doi: 10.1016/S0031-9406(05)61155-8.
18. Bohannon RW. Make tests and break tests of elbow flexor muscle strength. *Phys Ther* 1988; 68: 193-4.

19. Turner N, Ferguson K, Mobley BW, Riemann B, Davies G. Establishing normative data on scapulothoracic musculature using handheld dynamometry. *J Sport Rehabil* 2009; 18(4): 502-20.
20. Sharrock C, Cropper J, Mostad J, Johnson M, Malone T. A pilot study of core stability and athletic performance: is there a relationship? *Int J Sports Phys Ther* 2011; 6(2): 63-74.
21. Shinkle J, Nesser TW, Demchak TJ, McMannus DM. Effect of core strength on the measure of power in the extremities. *J Strength Cond Res* 2012; 26(2): 373-80. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822600e5.
22. Vleeming A, Pool-Goudzwaard AL, Stoeckart R, van Wingerden JP, Snijders CJ. The posterior layer of the thoracolumbar fascia: its function in load transfer from spine to legs. *Spine* 1995; 1; 20(7): 753-8. DOI: 10.1097/00007632-199504000-00001.
23. Cailliet R. *Shoulder Pain (Pain Series)*. 3rd ed. Philadelphia: F. A. Davis Co; 1991. p. 253-61.
24. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther* 2000; 80(3): 276-91.
25. Shahidi B, Johnson CL, Curran-Everett D, Maluf KS. Reliability and group differences in quantitative cervicothoracic measures among individuals with and without chronic neck pain. *BMC Musculoskelet Disord* 2012; 13: 215: 1-11. DOI: 10.1186/1471-2474-13-215.
26. Sherrington C. *The integrative action of the nervous system*. New Haven, CT: Yale University Press; 1906.
27. Simons DG. Review of enigmatic MTrPs as a common cause of enigmatic musculoskeletal pain and dysfunction. *J Electromyogr Kinesiol* 2004; 14(1): 95-107. doi: 10.1016/j.jelekin.2003.09.018.
28. Boonprakob Y, Phadungkit S, Nongharnpitak S, Srijessadarak T, Supasatean W, Nakhengrit C. Trigger point: curable or palliative symptoms. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci* 2016; 49(1): 161-172 (in Thai).
29. Choudhari R, Anap D, Rao K, Iyer C. Comparison of upper, middle, and lower trapezius strength in individuals with unilateral neck pain. *J Spine* 2012; 1(3): 1-3. doi: 10.4172/2165-7939.1000115.
30. 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; 29: 574-583. doi: 10.2519/jospt.1999.29.10.574.
31. Lin JJ, Wu YT, Wang SF, Chen SY. Trapezius muscle imbalance in individuals suffering from frozen shoulder syndrome. *Clin Rheumatol*. 2005; 24(6): 569-75. doi: 10.1007/s10067-005-1105-x.
32. Naef F, Grace S, Crowley-McHattan Z, Hardy D, McLeod A. The effect of chronic shoulder pain on maximal force of shoulder abduction. *J Bodyw Mov Ther*. 2015; 19(3): 410-6. doi: 10.1016/j.jbmt.2014.08.005.
33. Heller M. How upper-trap weakness contributes to neck pain, nerve root pain and shoulder impingement. *Dynamic Chiropractic* [Internet]. 2013 Nov [cited 2016 Feb 18] 31(21): 1-6. Available from: CINAHL with Full Text: <http://dynamicchiropractic.com/mpacms/dc/article.php?id=56726>

การประเมินความสามารถในการทรงตัวในผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

The assessment of balance ability in person with type 2 diabetes mellitus

■ พัชรียา อัมพุธ* อรุณรัตน์ ศรีทะวงษ์ ไหมทิพย์ ลิทธิรัตน์ สิริมา วงษ์พล นพรัตน์ สังฆฤทธิ์
Patchareeya Amput* Arunrat Srithawong Maitip Sittitan Sirima Wongphon Nopparath Sangkarit

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา
Department of Physical Therapy, School of Allied Health Sciences, University of Phayao, Phayao Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: pummy_pt@hotmail.com)

* Corresponding author (Email: pummy_pt@hotmail.com)

Received July 2016

Accepted as revised September 2016

Abstract

Background: The complications such as decrease strength and endurance of lower extremities, degeneration of peripheral neuropathy and retinopathy can lead to risk of falling in patients with type 2 diabetes mellitus.

Objective: The purpose of this study was to assess balance in patient with type 2 diabetes mellitus.

Materials and methods: Two groups of subjects voluntarily participated in the study: patients with type 2 diabetes mellitus (n=30) and normal group (n=30), aged 50-70 years. All subjects undergone Timed Up and Go test (TUG) to measure balance ability.

Results: The results showed that balance ability assessed by TUG in patients with type 2 diabetes mellitus was significantly lower than those in normal group (12.11 ± 2.61 and 9.04 ± 1.04 second, respectively; $p < 0.0001$)

Conclusion: Patient with type 2 diabetes mellitus had higher rate of fall risk than those in normal group. Exercise program to increase balance ability is recommended for type 2 diabetes mellitus patients.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 338-343. Doi: 10.14456/jams.2016.35

Keywords: Diabetes mellitus, balance, fall

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: ภาวะแทรกซ้อน เช่น ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้ออย่างครึ่งล่างที่ลดลง การเสื่อมของระบบประสาทส่วนปลาย และโรคข้อประสาทตา ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการล้มในผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินความสามารถในการทรงตัวของผู้ที่ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

วัสดุและวิธีการศึกษา: อาสาสมัครประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 30 ราย และกลุ่มคนปกติจำนวน 30 ราย มีอายุระหว่าง 50-70 ปี อาสาสมัครทั้งหมดได้รับการทดสอบความสามารถในการทรงตัวโดยใช้ Timed up and Go test (TUG)

ผลการศึกษา: กลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความสามารถในการทรงตัวน้อยกว่ากลุ่มคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12.11 ± 2.61 และ 9.04 ± 1.04 วินาทีตามลำดับ; $p < 0.0001$)

สรุปผลการศึกษา: กลุ่มที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความเสี่ยงต่อการหกล้มเมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ TUG ดังนั้นควรแนะนำโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวให้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 338-343. Doi: 10.14456/jams.2016.35

คำรหัส: โรคเบาหวาน ความสามารถในการทรงตัว การล้ม

บทนำ

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสำคัญกับโรคเบาหวานเนื่องจากสภาวะความเป็นอยู่และวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปทำให้มีผู้ป่วยจำนวนเพิ่มขึ้น ข้อมูลความชุกประชากรที่เป็นโรคเบาหวานทั่วโลก ณ ปี พ.ศ. 2553 พบมีประมาณ 284 ล้านคนและในปี พ.ศ. 2573 จะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน 439 ล้านคน¹ การสำรวจสภาวะสุขภาพอนามัยของประชากรไทยในปี พ.ศ. 2551-2552 พบความชุกของเบาหวานในเพศชายร้อยละ 6 และเพศหญิงร้อยละ 7.7² ปัญหาที่พบบ่อยในผู้ป่วยเบาหวานคือ ภาวะดื้ออินซูลิน การเผาผลาญพลังงานในร่างกายลดลงเนื่องจากเบต้าเซลล์ในตับอ่อนผลิตอินซูลินน้อยลง จึงไม่สามารถเก็บน้ำตาลในเซลล์ได้เพียงพอ เกิดความบกพร่องของกล้ามเนื้อและเส้นประสาท ส่งผลให้ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อลดลง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อครึ่งล่าง³ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีปัญหาของครึ่งล่างมากกว่าส่วนบน เนื่องจากเมื่อระดับกลูโคสในเลือดสูงขึ้น เซลล์ประสาทได้รับความเสียหาย มีการฟุ้งไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลินและมีการตายของเซลล์ประสาทตามมา และพบว่าเส้นประสาทของครึ่งล่างมีความไวต่อความเสียหายมากกว่าส่วนบน ดังนั้น อาการที่เกิดขึ้นมักเกิดที่เท้า

เป็นส่วนแรก ส่งผลให้การนำกระแสประสาทที่เท้าช้าลง การรับรู้ความรู้สึกที่เท้าลดลง การเสื่อมของเส้นประสาทส่วนปลายยังทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเท้าลดลง⁴ การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการทรงตัวของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า ผู้ป่วย มักมีปัญหาทางระบบประสาทส่วนปลาย มีค่าทดสอบการทนต่อความสั่นของเท้าสูง (vibration perception threshold) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเท้าลดลง อุบัติการณ์การผิดรูปของกระดูกเท้าเพิ่มมากขึ้น การสูญเสียความรู้สึกที่เท้า และค่ามวลกระดูกที่ลดลง⁵⁻⁶ นอกจากนี้ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ส่งผลให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีปัญหาของการทรงตัวคือ โรคเบาหวานเข้าจอประสาทตาทำให้สูญเสียการมองเห็นขั้นรุนแรง ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุการล้มของผู้ป่วยเบาหวาน⁷ และนับเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีปัญหาในเรื่องการทรงตัวและส่งผลให้เกิดการล้ม

คณะสหเวชศาสตร์ ได้ให้บริการวิชาการชุมชน ณ ตำบลเจริญราษฎร์ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา พบมีผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ประมาณ 40 ราย ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 50-70 ปี ผู้ป่วยอยู่บ้านและไม่ได้ทำงาน ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการดูแลผู้ป่วยเบาหวาน ดังนั้น คณะผู้วิจัย

จึงสนใจเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวระหว่างกลุ่มผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และกลุ่มคนปกติ เป็นการประเมินผลทดสอบความสามารถในการทรงตัว (Timed Up and Go Test) ผลการศึกษาทำให้ทราบถึงความสามารถในการทรงตัวของผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนให้โปรแกรมการออกกำลังกายและให้ผู้ที่เป็นโรคเบาหวานตระหนักถึงการทรงตัวเพื่อส่งเสริมสุขภาพให้กับผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2

วัสดุและวิธีการศึกษา

เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (observational research cross-sectional study) และผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา เลขที่ 2/007/58 ประชากรกลุ่มตัวอย่างคือ กลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ โดยมีค่าระดับน้ำตาลในพลาสมาหลังอดอาหาร (FPG) มากกว่าหรือเท่ากับ 126 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และกลุ่มคนปกติที่มีโรคประจำตัวที่สามารถควบคุมได้ (เช่น โรคความดันโลหิตสูงที่สามารถควบคุมได้) หรือไม่มีโรคประจำตัว ที่มีอายุระหว่าง 50-70 ปี อาศัยอยู่ใน ตำบลเจริญราษฎร์ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา โดยไม่มีโรคของระบบประสาทและระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น โรคเส้นเลือดในสมอง ผู้ป่วยที่ถูกตัดนิ้วเท้าตั้งแต่ 1 นิ้วขึ้นไป หรือ มีการผิดปกติของเท้าข้ออักเสบต่างๆ เป็นต้น ไม่ใช้เครื่องช่วยเดิน ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการมองเห็น การได้ยิน และการสื่อสาร

การศึกษารั้ครั้งนี้คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power 3.1 มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 0.80 ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ควรใช้ในงานวิจัยนี้คือกลุ่มละ 27 ราย ผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งสิ้น 60 ราย แบ่งเป็นกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 30 รายและกลุ่มคนปกติจำนวน 30 ราย ประเมินสุขภาพทั่วไปโดยใช้แบบสอบถามประกอบด้วยข้อมูลประวัติการเป็นโรคเบาหวาน ประวัติการเข้ายา โรคประจำตัวอื่นๆ ปัญหาทางด้านสายตา เป็นต้น ประเมินความสามารถในการทรงตัว โดยใช้การทดสอบ Timed Up and Go test (TUG) ซึ่งเป็นการทดสอบที่สามารถคัดกรองกลุ่มผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการล้ม โดยมีความน่าเชื่อถือในการวัดและความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม(ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์อยู่ในช่วง $r = 0.68-0.85$ $p < 0.001$) อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่เสียเวลาทดสอบและแปลผลได้ทันที ทั้งนี้มีการทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างผู้วัด (inter rater reliability) ของการทดสอบ TUG ระหว่างผู้วัดจำนวน 4 ราย ผลการทดสอบพบว่า ผู้วิจัยคนที่ 2 มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดีเยี่ยม

(ICC = 0.98) ดังนั้นผู้วิจัยคนที่ 2 จึงเป็นผู้ทดสอบ

วิธีการทดสอบ ให้อาสาสมัครนั่งเก้าอี้ที่ไม่มีพนักพิง แขนความสูง 43-46 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการใช้มือทั้งสองช่วยเหลือตัวเองในการลุกขึ้นยืน ผู้วิจัยให้สัญญาณ “เริ่ม” เมื่ออาสาสมัครไต่ยืนให้ลุกขึ้นจากเก้าอี้ เดินตรงไปข้างหน้าด้วยอัตราเร็วปกติเป็นระยะทาง 3 เมตร หลังจากนั้นเลี้ยวกลับที่ถอยและเดินตรงกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิมในระยะเท่ากัน ขณะทดสอบให้อาสาสมัครสวมรองเท้าที่เคยสวมโดยไม่มีความช่วยพยุงหรือใช้เครื่องช่วยเดิน ผู้วิจัยจับเวลา (หน่วยเป็นวินาที) ตั้งแต่เริ่มจนถึงสิ้นสุดกิจกรรมและอาสาสมัครสามารถข้อมได้ 1 ครั้งโดยไม่จับเวลา เพื่อความเข้าใจและคุ้นเคยกับวิธีทดสอบก่อนเริ่ม หลังจากทีอาสาสมัครข้อมเสร็จแล้วให้นั่งพัก 5 นาที จึงเริ่มทดสอบจริง หากอาสาสมัครมีระดับความดันโลหิตสูงมากกว่า 140/90 มิลลิเมตรปรอท ขณะก่อนทดสอบ ให้อาสาสมัครนั่งพักที่เก้าอี้ที่จัดเตรียมไว้ให้ จนกว่าระดับความดันโลหิตจะลดลงตามที่กำหนดไว้แล้วเริ่มการทดสอบใหม่ แต่หากมีระดับความดันโลหิตสูงมากกว่า 140/90 มิลลิเมตรปรอท ให้หยุดการทดสอบและคัดออกจากการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่อแสดงลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร และใช้สถิติ Independent samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทรงตัวในอาสาสมัครที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และกลุ่มคนปกติ โดยรายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

การศึกษารั้ครั้งนี้มีอาสาสมัครเข้าร่วมทั้งหมด 60 ราย แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จำนวน 30 ราย และกลุ่มคนปกติ จำนวน 30 ราย ข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร แสดงในตารางที่ 1 (Table 1) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอายุส่วนสูงดัชนีมวลกายของทั้งสองกลุ่ม ยกเว้นน้ำหนักและอัตราการเต้นของหัวใจ ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และใช้สถิติ Independent samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของความสามารถในการทรงตัว แสดงในตารางที่ 2 (Table 2) ผลการวิเคราะห์พบว่า กลุ่มผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความสามารถในการทรงตัวน้อยกว่ากลุ่มคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$)

Table 1 Characteristics of subjects. Values are presented as means±SD.

Variables	Type 2 diabetes mellitus patients	Normal group	p-value
	group (n=30; F=13, M=17)	(n=30; F=13, M=17)	
Age (years)	61.47±5.95	63.67±5.18	0.13
Height (cm)	156.87±8.50	154.17±7.25	0.191
Body weight (kg)	53.60±5.79	50.80±4.66	0.044*
BMI (kg/m ²)	21.73±0.79	21.36±1.39	0.228
SBP (mmHg)	129±10.28	126±9.46	0.690
DBP (mmHg)	72±9.14	70±8.69	0.672
HR (bpm)	85±19.74	79±9.59	0.015*

Denote: F = female; M = male; BMI = body mass index; SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; HR = heart rate*: significant difference between groups at $p<0.05$.

Table 2 Balance Ability. Values are presented as means±SD.

Variables	Type 2 diabetes mellitus patients group	Normal group	p-value
	(n=30; F=13, M=17)	(n=30; F=13, M=17)	
Time up and go test (s)	12.11±2.61	9.04±1.04	0.0001*

Denote: F = female; M = male*: significant difference between groups at $p<0.05$.

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการทรงตัวของผู้ที่ เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เทียบกับกลุ่มคนปกติ จากข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร พบว่ากลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีน้ำหนักและอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่ากลุ่มคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การทดสอบความสามารถในการทรงตัว พบว่าผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความสามารถในการทรงตัวที่น้อยกว่ากลุ่มคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.0001$)

ผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีน้ำหนักตัวมากกว่ากลุ่มคนปกติ อาจเกิดจากการได้รับยาอินซูลินซึ่งมีผลข้างเคียงทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น อินซูลินควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดโดยเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์ไกลโคเจนและไขมัน อินซูลินทำให้ระดับ mRNA ของ leptin ซึ่งเป็นโปรตีนสร้างจาก adipose tissues มีระดับสูงขึ้น เชื่อว่า leptin ทำหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำหนักและพลังงาน^{4,9} ส่งผลให้ผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้น ร่วมกับกลไกของโรคเบาหวานที่ทำให้ระบบการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายมีความบกพร่อง มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่มากกว่าการทำกิจวัตรประจำวัน ทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน⁸ สำหรับอัตราการเต้นของหัวใจที่เพิ่มมากขึ้น เป็นผลจากผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มักมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูง เลือดมีความหนืดมาก หัวใจทำงานหนักมากขึ้นเพื่อสูบฉีดเลือดจากหัวใจไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย¹⁰

การทดสอบ Timed Up and Go test เพื่อประเมินความสามารถในการทรงตัวจากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า หากผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ใช้เวลาในการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับ 12 วินาที ถือว่าผู้ป่วย มีความเสี่ยงต่อการล้ม และหากใช้เวลาในการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับ 14 วินาที ถือว่ามีความเสี่ยงต่อการล้มสูง⁸ การศึกษาครั้งนี้ พบว่ากลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 12 วินาที แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ป่วยในการศึกษานี้มีความเสี่ยงต่อการล้ม ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการล้มแบ่งเป็น 2 ลักษณะ ประกอบด้วย ปัจจัยภายใน เช่น อายุที่เพิ่มขึ้น ความอ่อนแอของกล้ามเนื้อ การเสียความสามารถในการทรงตัว ความบกพร่องของประสาทรับความรู้สึกของผิวหนัง และข้อต่อ ความบกพร่องทางสายตา และความบกพร่องของการควบคุมการทรงตัวของหูชั้นในรวมถึงความซึมเศร้าและการใช้ยาบางชนิด⁸ จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ทำให้กลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีความเสี่ยงต่อการล้ม น่าจะเกิดจากกลุ่มผู้ป่วยมีอายุมาก กล่าวคือ อายุเฉลี่ยทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มผู้สูงอายุ และมีที่อยู่ติดกับบ้าน ไม่ออกกำลังกาย จึงอาจส่งผลทำให้มีอาการอ่อนแอของกล้ามเนื้อ และ

อีกหนึ่งปัจจัย คือผู้ป่วยเบาหวานเสียความสามารถในการทรงตัวอยู่แล้ว เนื่องจากกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในการศึกษานี้ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 12 วินาที แสดงให้เห็นว่ามีความเสี่ยงต่อการล้ม การล้มของผู้ป่วย นอกจากผลกระทบต่อร่างกายและจิตใจแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อครอบครัว สังคมและประเทศชาติ ครอบครัวต้องรับผิดชอบต่อค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล หากเป็นการล้มที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บหรือพิการอย่างถาวรและไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองในการทำกิจกรรมต่างๆ ได้ สุดท้ายเป็นภาระต่อคนในครอบครัวและสังคมมากขึ้น ดังนั้น เครื่องมือหรือการทดสอบที่สามารถคัดกรองผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการล้มจึงมีความจำเป็นและสำคัญ บุคลากรทางด้านการแพทย์และนักกายภาพบำบัดที่ปฏิบัติงานดูแลรักษาจึงต้องมีเครื่องมือคัดกรองการล้มในทางคลินิกเพื่อการเฝ้าระวัง เพื่อวางแผนการรักษาและป้องกันการบาดเจ็บรุนแรงที่อาจเกิดจากการล้มได้⁸

สรุปผลการศึกษา

กลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 มีความสามารถในการทรงตัวน้อยกว่ากลุ่มคนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งน่าจะเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 เกิดความตระหนัก และให้ความสำคัญกับการพัฒนาความสามารถในการทรงตัวเพื่อป้องกันการเกิดการล้ม

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่ได้ประเมินการรับรู้ความรู้สึกของเท้าเพื่อบ่งบอกให้ทราบว่าคุณที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 อาจมีความเสี่ยงต่อการล้มมากน้อยเพียงใด และไม่ได้ประเมินระดับกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันของอาสาสมัคร ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรประเมินระดับกิจกรรมทางกายในชีวิตประจำวันร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะมหาวิทยาลัยพะเยาที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย คณะบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่สาขาวิชากายภาพบำบัด เจ้าหน้าที่ และอาสาสมัคร ณ ตำบลเจริญราษฎร์ อำเภอแม่ใจ จังหวัดพะเยา

1. Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Res Clin Pract* 2010; 87(1): 4-14. doi: 10.1016/j.diabres.2009.10.007
2. Lohsoonthorn V, Jiamjorsrangsri W. Epidemiology, risk factors, and screening program for type 2 diabetes in Thailand. Health Systems Research Institute; 2007 (in Thai).
3. Nitiyanant W. Dyslipidemia and diabetes. Ruenkaew Printing LTD Publisher; 1992: 129-47 (in Thai).
4. Cressey R. Diabetes mellitus: Basic knowledge and laboratory involved tests. Chiang Mai University Press; 2014 (in Thai).
5. MacGilchrist C, Paul L, Ellis BM, Howe TE, Kennon B, Godwin J. Lower-limb risk factors for falls in people with diabetes mellitus. *Diabet Med* 2010; 27:162-8. doi: 10.1111/j.1464-5491.2009.02914.x
6. Patel S, Hyer S, Tweed K, Kerry S, Allan K, Rodin A, et al. Risk factors for fractures and falls in older women with type 2 diabetes mellitus. *Calcif Tissue Int* 2008; 82(2): 87-91. doi: 10.1007/s00223-007-9082-5
7. Netima Koolnee. Management systems for screening diabetic retinopathy province level. Health Systems Research Institute 2012: 11-3 (in Thai).
8. Jalayondeja C. Falls screening by Timed Up and Go. *J Med Tech Phy Ther* 2014; 26: 5-16 (in Thai).
9. Pontiroli AE, Miele L, Morabito A. Increase of body weight during the first year of intensive insulin treatment in type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis. *Metabolism* 2011; 13:1008-19. doi: 10.1111/j.1463-1326.2011.01433.x
10. American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes. *Diabetes Care* 2011; 35:64-71.

ความน่าเชื่อถือของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ด้วยการกระโดดตบในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและหลอดเลือด

Reliability of heart rate maximizer test using jumping jack in assessing cardiovascular fitness

กฤษณา บุญทา* อุบล พิรุณสาร เพียรชัย คำวงษ์ สายันที ปราบณพผล
Kritsana Boontha* Ubon Pirunsan Peanchai Khamwong Sainatee Pratanaphon

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: kritsana.b@cmu.ac.th)

* Corresponding author (Email: kritsana.b@cmu.ac.th)

Received July 2016

Accepted as revised September 2016

Abstract

Objectives: The purpose of this study was to determine the reliability of a heart rate maximizer test using jumping jack to evaluate cardiovascular fitness in young adults.

Materials and methods: Twenty healthy young adults (mean age 21.20 ± 0.95 years) underwent two minutes of the heart rate maximizer test, followed by 10 minutes of seated rest on two occasions separated by seven days. Variables included resting heart rate (HR_{rest}), peak heart rate (HR_{peak}), heart rate after testing at 1st and 2nd minute, heart rate recovery at 1st and 2nd minute (HRR1 and HRR2), systolic blood pressure (SBP) and rating of perceived exertion (RPE) were evaluated. Reliability of the test was analyzed by intraclass correlation coefficient (ICC), standard error of measurements (SEMs) and coefficient of variation (CV).

Results: All HR variables were excellent reliable (ICC = 0.90-0.98; SEMs = 1.14%-7.89%) as well as SBP variables (ICC = 0.90-0.91; SEMs = 2.87%-3.70%) with less than 15% of CV except HRR1 (CV = 29.8%). RPE measurements were slightly less reliable (ICC = 0.62-0.75; SEMs = 3.13%-7.42%; CV = 5.1%-14.8%) than HR and SBP measurements. Therefore, both HR and SBP variables can be reliably applied in the heart rate maximizer test.

Conclusion: Heart rate maximizer test using jumping jack showed high reliability and it could be useful for accessing cardiovascular fitness in healthy young adults.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 344-354. Doi: 10.14456/jams.2016.34

Keywords: Heart rate maximizer test, heart rate recovery, rating of perceived exertion, systolic blood pressure

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความน่าเชื่อถือของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและหลอดเลือดโลหิตของผู้ใหญ่ตอนต้น

วัสดุและวิธีการศึกษา: อาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดีจำนวน 20 ราย อายุเฉลี่ย 21.20 ± 0.95 ปี ทำการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบเป็นเวลา 2 นาที และนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที จำนวน 2 ครั้ง โดยมีระยะเวลาห่างกัน 7 วัน ตัวแปรที่ประเมินคือ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (HR_{rest}) อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (HR_{peak}) อัตราการเต้นของหัวใจภายหลังการทดสอบในนาที่ที่ 1 และ 2 การกลับคืนสู่ภาวะปกติของอัตราการเต้นของหัวใจในนาที่ที่ 1 และ 2 (HRR1 และ HRR2) ความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (SBP) และการรับรู้ความเหนื่อย (RPE) วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของการทดสอบด้วยสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม (ICC) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SEMs) และค่าความแปรปรวน (CV)

ผลการศึกษา: ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเต้นของหัวใจมีความน่าเชื่อถือในระดับดีมาก ($ICC = 0.90-0.98$; $SEMs = 1.14\%-7.89\%$) เช่นเดียวกับความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว ($ICC = 0.90-0.91$; $SEMs = 2.87\%-3.70\%$) และมีค่าความแปรปรวนมาตรฐานต่ำกว่า 15% ยกเว้นการกลับคืนสู่ภาวะปกติของอัตราการเต้นของหัวใจในนาที่ที่ 1 ($CV = 29.8\%$). ส่วนตัวแปรการรับรู้ความเหนื่อยมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าตัวแปรอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว ($ICC = 0.62-0.75$; $SEMs = 3.13\%-7.42\%$; $CV = 5.1\%-14.8\%$) ดังนั้น อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัวจึงเป็นตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ

สรุปผลการศึกษา: การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบมีความน่าเชื่อถือสูงและอาจเป็นประโยชน์ในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและหลอดเลือดโลหิตของผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 344-354. Doi: 10.14456/jams.2016.34

คำรหัส: การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ การกลับคืนสู่ภาวะปกติของอัตราการเต้นของหัวใจ การรับรู้ความเหนื่อย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว

บทนำ

กิจกรรมทางกาย (physical activity) และความสามารถทางแอโรบิค (aerobic capacity) ที่ดีมีความสัมพันธ์กับการมีสุขภาพดีอย่างมาก เนื่องจากช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดที่จะตามมา^{1,2} และยังช่วยลดอัตราการเสียชีวิตในผู้ป่วยโรคหัวใจได้³ ความสามารถทางแอโรบิค (aerobic capacity หรือ cardiorespiratory fitness) เป็นสมรรถนะของระบบหัวใจและหลอดเลือดในการทำกิจกรรมต่างๆ ของแต่ละบุคคล ประเมินได้จากปริมาณของออกซิเจนสูงสุดที่ร่างกายใช้ต่อนาที (maximal oxygen uptake, VO_2max) ซึ่งวัดได้โดยตรงจากการทดสอบมาตรฐาน (standard test)⁴ เช่น เดินบนสายพานเลื่อน หรือ การปั่นจักรยานออกกำลังกาย ใ้การทดสอบนี้ต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาแพง ทดสอบในห้องปฏิบัติการ และอาศัยความชำนาญในการทดสอบ^{5,6} เพื่อลดข้อจำกัดในการประเมิน VO_2max จึงมีผู้พัฒนาวิธีการวัดปริมาณการใช้ ออกซิเจนสูงสุดทางอ้อมในรูปแบบต่างๆ เช่น การปั่นจักรยาน

12-minute run/walk test หรือ การเดินขึ้นลงกล่อง (step box) โดยพยากรณ์ค่า VO_2max จากอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate, HR)⁷⁻⁹ และการรับรู้ความเหนื่อย (rating of perceived exertion, RPE)^{7,10,11} เป็นต้น แม้ว่าการทดสอบเหล่านี้จะมีความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือ (intra-class correlation coefficients, ICC) อยู่ในระดับดี ทั้งในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดี^{12,13} และกลุ่มนักกีฬา¹⁴ แต่มีข้อจำกัดบางประการ เช่น ใช้พื้นที่บริเวณกว้างในการทดสอบ ขนาดของอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบไม่เหมาะสมกับผู้ที่มีส่วนส่วนของร่างกายแตกต่างกัน และการทดสอบส่วนใหญ่เน้นการเคลื่อนไหวของขาเป็นหลัก

ความสามารถทางแอโรบิคยังสามารถประเมินได้จากการกลับคืนสู่ภาวะปกติของอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate recovery, HRR)¹⁵⁻¹⁷ HRR มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า VO_2max ในระดับสูง^{18,19} โดยเฉพาะค่า HRR ในช่วง 1-2 นาทีแรก ภายหลังการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 86-94% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (maximal heart rate, HRmax) และ

สามารถสะท้อนถึงการทำงานของ vagal reactivation และ sympathetic withdrawal ได้ดี²⁰⁻²² HRR เป็นการประเมินที่ง่าย ใช้เพียงอุปกรณ์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ⁹ มีค่าใช้จ่ายต่ำ สามารถประเมินคนกลุ่มใหญ่ได้ และพบว่าค่า HRR ที่ได้จากการทดสอบแบบภาคสนาม (field test) มีความสัมพันธ์อยู่ในระดับดี ($r=0.75$) กับ HRR จากการทดสอบแบบ standard graded exercise test⁹ อย่างไรก็ตาม มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อ HRR เช่น อายุ เพศ เชื้อชาติ ชนิดและระดับความหนักของการออกกำลังกาย^{19,21,23,24}

การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ (heart rate maximizer test) เป็นการทดสอบเพื่อคัดกรองความสามารถทางแอโรบิกก่อนการฝึกโปรแกรม Power 90 Extreme (P90X, the Beachbody Company) ซึ่งเป็นโปรแกรมออกกำลังกายหลากหลายรูปแบบรวมกับการควบคุมทางโภชนาการในระยะเวลา 90 วัน ได้รับความนิยมนอย่างมากผ่านทางสื่อออนไลน์ และได้รับการพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2002 โดย Horton^{25,26} การทดสอบกระทำโดยกระโดดตบอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 นาที และเร่งกระโดดตบให้เร็วที่สุดในช่วง 30 วินาทีสุดท้าย จากนั้นวัดอัตราการเต้นของหัวใจทันทีภายหลังกระโดดตบ และวัดทุกๆ 1 นาทีจนครบ 4 นาที หากสามารถทดสอบจนครบ 2 นาทีถือว่าผ่านการทดสอบ และสามารถฝึกโปรแกรม P90x ได้²⁶ ความน่าสนใจของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ คือเป็นการออกกำลังกายทั้งแขนและขาที่ทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อยในการทดสอบ โดยไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญและสามารถทดสอบพร้อมกันได้หลายคน อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับระดับความหนักของการทดสอบ เกณฑ์การประเมินผลที่ชัดเจน และรวมถึงความน่าเชื่อถือของวิธีการทดสอบมาก่อน นอกจากนี้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error of measurements, SEMs) และความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) ของการวัดในแต่ละตัวแปรเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรใช้พิจารณาควบคู่กับการศึกษาความน่าเชื่อถือของการทดสอบ สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีเพียงการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตระดับความหนักของการทดสอบ และระดับการใช้พลังงาน (energy expenditure) ต่อการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในอาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี จำนวน 100 ราย²⁷ โดยมีการปรับเกณฑ์ในการทดสอบเพิ่มเติมจากการทดสอบเดิมของ Horton คือ กำหนดให้มีความหนักของการออกกำลังกายในระดับ submaximal exercise หรือที่อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะกระโดดตบที่มากกว่า $70\%HR_{max}$ ผลการศึกษาพบว่า การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ มีระดับความหนักประมาณ

$90\%HR_{max}$ และมีความปลอดภัยในการทดสอบ ให้ผลการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว และการรับรู้ความเหนื่อยแบบเดียวกับผลการทดสอบ maximal exercise test บนสายพานเลื่อน²⁸ และปั่นจักรยานวัดงาน²⁹

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความน่าเชื่อถือ ความคลาดเคลื่อน และความแปรปรวนของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในกลุ่มอาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นแนวทางพัฒนาการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบให้เป็นวิธีการใหม่ในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตสำหรับผู้ใหญ่ตอนต้นต่อไป

วัสดุและวิธีการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

อาสาสมัครเป็นผู้ใหญ่ตอนต้นทั้งเพศหญิงและเพศชาย อายุ 18-25 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มช่วงอายุที่มีค่า VO_2max สูงที่สุด³⁰ มีความสมบูรณ์และความแข็งแรงทางด้านร่างกายสูง และมีความเสี่ยงต่อปัญหาทางด้านสุขภาพต่ำ การคำนวณกลุ่มตัวอย่างอ้างอิงจากการศึกษาของ Dai และคณะ³¹ กำหนดให้มีช่วงความเชื่อมั่น 95% ของการทดสอบ (w) เท่ากับ 0.2 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณ (type I error) ไม่เกิน 5% ใช้อำนาจการทดสอบ (power) เท่ากับ 0.80 ค่าประมาณของความน่าเชื่อถือของการทดสอบ (p) เท่ากับ 0.90 พบว่าต้องการอาสาสมัครทั้งหมดจำนวน 18 ราย และสำรองจำนวนอาสาสมัครที่อาจออกจากกลุ่มระหว่างการฝึกศึกษา (drop out) อีก 10% ($n=2$) ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีผู้เข้าร่วมการฝึกศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 20 ราย

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดได้จากการประชาสัมพันธ์ด้วยการปิดประกาศในเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นผู้มีสุขภาพดี สามารถสื่อสารเข้าใจ มีอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะพักอยู่ในช่วงปกติ และผ่านตามเกณฑ์การคัดกรองอาสาสมัครเพื่อเข้าทดสอบการออกกำลังกายในระดับปานกลางถึงหนักอ้างอิงจาก The American College of Sports Medicine (ACSM)³² เกณฑ์การคัดออก คือ เป็นผู้มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง หรือ มีความผิดปกติทางระบบประสาท หรือ การทรงตัว มีการบาดเจ็บของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการกระโดดตบ หรือ เมื่ออาสาสมัครทำเครื่องหมายใดๆ ในการตอบแบบสอบถามคัดกรองความเสี่ยงก่อนออกกำลังกาย โดยใช้เกณฑ์ของ AHA/ACSM Health/Fitness Facility Preparticipation Screening Questionnaire³³ ในหัวข้อ

“ท่านมีประวัติ” หรือ “อาการ” หรือ “ปัญหาสุขภาพด้านอื่นๆ” หรือทำเครื่องหมายใดๆ เท่ากับหรือมากกว่า 2 ข้อในหัวข้อ “ปัจจัยเสี่ยง” การศึกษานี้ผ่านการรับรองเชิงจริยธรรม การศึกษาวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (รหัสโครงการ AMSEC-59FB-001)

2. การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ (heart rate maximizer test)²⁷

การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ อ้างอิงวิธีการทดสอบตามการศึกษาของ Boontha และคณะ²⁷ เริ่มต้นคือยืนตรงแขนวางข้างลำตัว จากนั้นให้อาสาสมัครกระโดดตบแขนเหยียดขึ้นสุดช่วงเหนือศีรษะพร้อมกับกางขาออก และกระโดดกลับมาในท่ายืนเริ่มต้น หุบแขนวางข้างลำตัว ทำสลับกันต่อเนื่องเป็นเวลา 2 นาที โดยอาสาสมัครต้องกระโดดตบให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ในช่วง 30 วินาทีสุดท้าย ทั้งนี้ กำหนดให้อาสาสมัครต้องมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทดสอบ (peak heart rate, HR_{peak}) มากกว่า $70\%HR_{max}$ และให้นั่งพักเป็นเวลา 10 นาทีภายหลังจากหยุดกระโดด อาสาสมัครสามารถหยุดการทดสอบได้เมื่อมีความประสงค์ หรือ เมื่อล้ามากจนไม่สามารถทำการทดสอบต่อได้ มีอาการเจ็บหน้าอก (angina) ปวดศีรษะ คลื่นไส้ หอบเหนื่อย ใจสั่น สีผิวซีด หรือ อัตราการเต้นของหัวใจมีค่าคงที่ในระหว่างกระโดดตบ⁴

3. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

อาสาสมัครที่สนใจเข้าร่วมการศึกษาพบนักกายภาพบำบัดเพื่อประเมินปัญหาสุขภาพเบื้องต้นตามเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก และตอบแบบสอบถามคัดกรองความเสี่ยงก่อนออกกำลังกาย³³ อาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การศึกษาได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย และลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร จากนั้นอาสาสมัครได้รับการชี้แจงวิธีการปฏิบัติตัวก่อนเข้าทำการทดสอบ เช่น หลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารหนัก การสูบบุหรี่ และการออกกำลังกายในระดับปานกลางถึงระดับหนักเป็นเวลาอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ หลีกเลี่ยงการรับประทานยาทุกชนิด งดดื่มเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน และเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมแอลกอฮอล์เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ พักผ่อนให้เพียงพอในวันก่อนการทดสอบ สวมเสื้อผ้าที่เหมาะสมกับการกระโดดตบ และไม่ขัดขวางต่อการเคลื่อนไหว และสวมรองเท้าผ้าใบที่ใส่สบายในการทดสอบทั้ง 2 ครั้งอาสาสมัครจะต้องสวมใส่ชุดเดียวกันกับชุดที่ใส่ทดสอบในวันแรก ผู้วิจัยอธิบายถึงขั้นตอนการทดสอบ และให้อาสาสมัครทำความเข้าใจกับวิธีการทดสอบ จากนั้น

นัดวันทำการสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีระยะเวลาห่างกัน 7 วันและทำการทดสอบซ้ำในช่วงเวลาใกล้เคียงกันโดยมีผู้ประเมินเป็นบุคคลเดียวกันตลอดการศึกษา

ในการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง อาสาสมัครทุกรายได้รับการชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูง จากนั้นยืดกล้ามเนื้อคอ ไหล่ หลัง และขา เป็นเวลา 10 นาที เพื่อป้องกันการบาดเจ็บที่อาจเกิดขึ้นภายหลังการกระโดดตบ ผู้วิจัยติดตั้งสายรัดตัวรับสัญญาณอัตราการเต้นของหัวใจ (Polar FT4[®]) ให้อาสาสมัครที่บริเวณ 1/3 ของกระดูกหน้าอกส่วนปลาย (1/3 distal of sternal bone) ปรับให้พอดีและยึดด้วยเทปกาาแต่งแผล (3M Nexcare[™] transpore[™] tape) เพื่อไม่ให้อุปกรณ์เคลื่อนขณะทดสอบ ให้อาสาสมัครนั่งพักเป็นเวลา 15 นาทีในห้องปฏิบัติการที่เงียบสงบ และควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสพร้อมกับบันทึกค่าตัวแปรทั้งหมดในขณะพัก ได้แก่ HR, BP และค่า RPE จากนั้นให้อาสาสมัครทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบเป็นเวลา 2 นาที แล้วนั่งพักเป็นเวลา 10 นาที ผู้วิจัยบันทึกค่าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาซ้ำ

4. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

อัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate, HR)

การตรวจประเมิน HR ใช้นาฬิกาวัดชีพจร (Polar FT4[®], Finland) มีหน่วยวัดเป็นครั้งต่อนาที (beats per minute, bpm) ประเมินขณะพัก ขณะกระโดดตบในวินาทีที่ 30, 60, 90 และ 120 และหลังกระโดดตบทุกๆ หนึ่งนาทีเป็นเวลา 10 นาที ตัวแปรหลักสำหรับหาค่าความน่าเชื่อถือของการทดสอบได้แก่ ค่าเฉลี่ย HR ขณะพัก ($Average HR_{rest}$), อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดขณะทดสอบ (peak heart rate, HR_{peak}), HR ภายหลังหยุดกระโดดตบในนาทีที่ 1 และ 2 (HR_{1min} และ HR_{2min} ตามลำดับ) และ HRR ในนาทีที่ 1 และ 2 ($HRR1$ และ $HRR2$) โดยคำนวณ HRR จากสมการ $HRR1 = HR_{peak} - HR_{1min}$ และ $HRR2 = HR_{peak} - HR_{2min}$ ^{15, 20, 34} สำหรับค่า HR_{max} คำนวณจากสมการ $HR_{max} = (220 - อายุ)^{35}$ และ $\%HR_{max}$ คำนวณจากสมการ $\%HR_{max} = 100 \times (HR_{peak} \times HR_{max}^{-1})$

การรับรู้ความเหนื่อย (rating of perceived exertion scale, RPE)

ตรวจประเมิน RPE โดยใช้ตารางแสดงค่า RPE (Borg's 6-20 scale)³⁶ ให้อาสาสมัครรายงานคะแนน RPE ที่ให้ความหมายใกล้เคียงกับความรู้สึกในขณะนั้นมากที่สุด โดยประเมินในขณะพัก ขณะกระโดดตบในวินาทีที่ 30, 60, 90 และ 120 และหลังกระโดดตบในนาทีที่ 1 ถึงนาทีที่ 10 ตามลำดับจากนั้นนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย RPE ขณะพัก ($Average RPE_{rest}$) และค่า RPE สูงสุด (RPE_{peak})

ความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (systolic blood pressure, SBP)

ตรวจความดันโลหิตโดยใช้เครื่องวัดความดันอัตโนมัติ (Automatic Blood Pressure Monitor model HEM-7203, OMRON®, Japan) มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (millimeter of mercury, mmHg) ตัวแปรสำหรับหาค่าความน่าเชื่อถือของการทดสอบได้แก่ ความดันโลหิตขณะนั่งพัก (Average SBPrest) และหลังกระโดดตบในนาที่ที่ 1 (SBP_{1min})

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนารายงานข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร โดยแสดงค่าเป็นค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Kolmogorov Smirnov และใช้สถิติ Paired samples t- test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และร้อยละของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของการทดสอบระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 จากนั้นใช้สถิติ Intraclass correlation coefficient model 3,1 (ICC_{3,1}) ประเมินค่าความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำ (test-retest reliability) โดยค่าตัวแปรหลักได้แก่ Average HR_{rest}, HR_{peak}, HR_{1min}, HR_{2min}, HRR1 และ HRR2 และค่าตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ RPE และ SBP ที่เป็นผลจากการกระโดดตบ โดยกำหนดให้ค่า ICC ที่น้อยกว่า 0.4 มีความน่าเชื่อถือในระดับต่ำค่า ICC ระหว่าง 0.4-0.75 มีความน่าเชื่อถือในระดับปานกลาง ค่า ICC ที่มากกว่า 0.75 ถือว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับดี และค่า ICC ที่มากกว่า 0.90

ถือว่ามีความน่าเชื่อถือในระดับดีมากที่เป็นที่ยอมรับสำหรับการทดสอบทางคลินิก³⁷ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (standard error of measurements, SEMs) คำนวณจากสมการ $SEMs = S \times \sqrt{1 - ICC}$ โดย S คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลทั้งหมด และ ICC คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในกลุ่ม กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และ คำนวณค่าความแปรปรวน (coefficient of variation, CV) จากสมการ $CV (\%) = 100 \times (SD \times mean^{-1})$ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS version 17.0 สำหรับ Windows

ผลการศึกษา

การศึกษาความน่าเชื่อถือของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในอาสาสมัครสุขภาพดี ผลการศึกษาเป็นดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

อาสาสมัครจำนวน 20 ราย เป็นเพศชาย 11 ราย และเพศหญิง 9 ราย อายุเฉลี่ย 21.20±0.95 ปี ระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และร้อยละของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดของการทดสอบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และตลอดการทดสอบไม่พบอาการหรืออาการแสดงที่ผิดปกติของอาสาสมัคร นอกจากอาการเหนื่อยและลำที่กล้ามเนื้อ (Table 1)

Table 1 Characteristics of subjects. Values are presented as means±SD.

All participants (n=20)	
Age (years)	21.20±0.95
Height (cm.)	164.85±10.16
Weight (kg.)	60.33±13.53
BMI (kg.m ⁻²)	21.98±3.25
Average HR _{rest} Trials 1 (bpm)	76.25±9.12
Average HR _{rest} Trials 2 (bpm)	76.65±9.49
%HR _{max} Trials 1	89.21±4.43
%HR _{max} Trials 2	89.21±3.78
Abnormal signs or symptoms	no

Note: bpm: beats per minute; cm: centimeter; kg: kilogram; kg.m⁻²: kilogram per square meter; BMI: body mass index; HR_{max}: maximal heart rate; HR_{rest}: resting heart rate

2. ความน่าเชื่อถือของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ

ตัวแปร HR และ SBP ที่ได้จากการวัดซ้ำของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบมีค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.90-0.98 ในขณะที่ตัวแปร RPE มีค่า ICC อยู่ระหว่าง 0.62–0.75 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ของการวัด (SEMs) พบว่า ตัวแปร HR มีค่า SEMs อยู่ระหว่าง 1.89–3.35 ครั้งต่อนาที ตัวแปร RPE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.19–1.20 และตัวแปร SBP มีค่าอยู่ระหว่าง 3.23–5.53 มิลลิเมตรปรอท สำหรับค่าความแปรปรวนของการวัด (CV) พบว่า ตัวแปร HR, RPE และ SBP มีค่า CV อยู่ระหว่าง 4.6–29.8%, 5.1–14.8% และ 9.1–12.3% ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Intra-class correlation coefficients (ICC), 95% confidence interval (95% CI), standard error of measurements (SEMs) and coefficient of variation (CV) of all measurements (n=20).

Measurements	Mean±SD		ICC	95% CI	SEMs	CV (%)
	Trial 1	Trial 2				
<u>Primary outcomes</u>						
HR (bpm)						
Average HR _{rest}	76.25±9.12	76.65±9.49	0.98	(0.94-0.99)	1.89 (2.67%)	10.9
HR _{peak}	177.35±8.85	177.35±7.60	0.94	(0.84-0.97)	2.01 (1.14%)	4.6
HRr _{1min}	135.50±11.57	134.35±11.76	0.96	(0.89-0.98)	2.33 (1.73%)	8.6
HRr _{2min}	115.75±11.73	116.35±11.43	0.93	(0.84-0.97)	3.06 (2.64%)	10.0
HRR1	41.85±12.70	43.00±12.60	0.93	(0.82-0.97)	3.35 (7.89%)	29.8
HRR2	61.60±13.20	61.00±13.08	0.90	(0.77-0.96)	2.40 (4.03%)	12.8
<u>Secondary outcomes</u>						
RPE						
Average RPE _{rest}	6.10±0.31	6.10±0.31	0.62	(0.28-0.85)	0.19 (3.13%)	5.1
RPE _{peak}	16.75±2.00	15.65±2.81	0.75	(0.48-0.90)	1.20 (7.42%)	14.8
SBP (mmHg)						
Average SBP _{rest}	112.70±9.40	112.43±11.01	0.90	(0.75-0.96)	3.23 (2.87%)	9.1
SBPr _{1min}	150.15±19.72	149.25±17.17	0.91	(0.78-0.96)	5.53 (3.70%)	12.3

Note: bpm: beats per minute; min: minute; mmHg: millimeter mercury; HR: heart rate; HR_{rest}: resting heart rate; HR_{peak}: peak heart rate; HRr_{1min}: heart rate during recovery period at 1st minute; HRr_{2min}: heart rate during recovery period at 2nd minute; HRR1: heart rate recovery at 1st minute; HRR2: heart rate recovery at 2nd minute; RPE: rating of perceived exertion; RPE_{rest}: resting rating of perceived exertion; RPE_{peak}: peak rating of perceived exertion; SBP: systolic blood pressure; SBP_{rest}: resting systolic blood pressure; SBPr_{1min}: systolic blood pressure during recovery period at 1st minute; SD: standard deviation.

การศึกษานี้เป็นรายงานแรกที่ศึกษาความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำของวิธีการทดสอบที่พัฒนามาจากการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ²⁷ ในกลุ่มอาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ($ICC_{3,1}$) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SEMs) และค่าความแปรปรวน (CV) ในการประเมินการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ พบว่า ค่าตัวแปรต่างๆ ของ HR เช่น Average HR_{rest}, HR_{peak}, HR_{r1 min}, HR_{r2 min}, HRR1 และ HRR2 รวมทั้ง SBP มีความน่าเชื่อถือในระดับดีมาก (ค่า $ICC \geq 0.90$) โดยมีค่า SEMs และค่า CV ที่ต่ำ ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นว่าการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบเป็นการทดสอบด้วยการออกกำลังกายที่ระดับความหนัก 90%HR_{max} มีความน่าเชื่อถือในการวัดซ้ำอยู่ในระดับดีมากและยอมรับได้ในทางคลินิก³⁷ สอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้^{20,38,39} ที่พบว่าเมื่อทดสอบด้วย standard graded exercise test ค่า HR_{rest}, HR_{peak} และ HR_{r1 min} มีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับดีถึงดีมาก ($ICC = 0.85-0.96$) ทั้งนี้เนื่องจากการควบคุมปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ เช่น อุณหภูมิห้อง เสียงรบกวน และแสง รวมถึงควบคุมวิธีการทดสอบให้มีผู้ประเมินและดำเนินการทดสอบเป็นคนเดียวกัน นอกจากนี้ ยังพบว่าการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบเป็นการทดสอบที่มีความเหมาะสมและปลอดภัยสำหรับผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดีเนื่องจากตลอดระยะเวลาของการทดสอบและระยะพักฟื้นไม่พบว่ามีอาสาสมัครคนใดที่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้น

ค่า HRR เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดโลหิตผู้ที่มีค่า HRR ต่ำกว่า cut off point มีความเสี่ยงสูงต่อการเสียชีวิต (relative risk of death) ประมาณ 2 เท่าของผู้ที่มีค่า HRR สูงกว่า cutoff point ซึ่งค่า HRR ในนาทีที่ 1 และนาทีที่ 2 มี cutoff point อยู่ไม่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 ครั้งต่อนาที⁴⁰ และ 42 ครั้งต่อนาที¹⁶ ตามลำดับ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเมื่อทดสอบ standard graded exercise test ที่ระดับมากกว่าหรือเท่ากับ 85%HR_{max} ในกลุ่มอาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดี HRR1 มีค่าอยู่ระหว่าง 32-45 ครั้งต่อนาที^{18, 38, 41} และมีค่าเฉลี่ย HRR2 ประมาณ 68 ครั้งต่อนาที³⁸ โดยมี ICC (SEMs) คิดเป็น 0.43 (7.92) และ 0.6 (8.01) ตามลำดับ³⁸ ค่า HRR ที่ได้จากการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในครั้งนี้น่าจะสอดคล้องกับผลการศึกษาก่อนหน้านี้ และยังมีความน่าเชื่อถือ (SEMs) ของ HRR1 (0.93 (3.35)) และ HRR2 (0.90 (2.40)) ที่ดีกว่าการศึกษาที่ผ่านมา จึงอาจสรุปได้ว่าตัวแปร HRR ที่ได้จากการวัดซ้ำของการทดสอบอัตราการเต้น

ของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบมีความน่าเชื่อถือในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดโลหิตอยู่ในระดับดีมาก อย่างไรก็ตาม ตัวแปร HRR ซึ่งได้จากการคำนวณมีค่า ICC ต่ำกว่าตัวแปร HR ที่วัดได้โดยตรงในช่วง 1-2 นาทีแรกของระยะพักฟื้น (Table 2) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้³⁸ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนักของการออกกำลังกายอย่างกะทันหัน ส่งผลให้ระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system) ต้องปรับลดการทำงานของหัวใจอย่างมากในช่วงต้นของระยะพักฟื้น โดยเพิ่มการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติชนิดพาราซิมพาเทติกและลดการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติซิมพาเทติก^{20, 42} เพื่อให้หัวใจทำงานเหมาะสมกับระดับความหนักของงานในขณะนั้น นอกจากนี้ อาจมีปัจจัยอื่นๆ เกี่ยวข้องที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นหัวใจขณะทำการวัด ได้แก่ จังหวะการกระโดดตบเตรียมตัวในช่วงต้นและจังหวะเร่งในช่วง 30 วินาทีสุดท้ายของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่ทำในแต่ละครั้ง สิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกับความรู้สึกและอารมณ์ในช่วงประเมินขณะพักฟื้นระบบย่อยอาหารภายในร่างกาย หากสามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวอาจช่วยลดความแปรปรวนของอัตราการเต้นของหัวใจที่วัดได้³⁸

ค่า SBP เป็นตัวแปรสำคัญอีกชนิดหนึ่งที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดโลหิตทั้งในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดีและกลุ่มผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือด⁴³ การศึกษานี้พบว่า การวัดซ้ำของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบส่งผลให้ SBP มีค่า ICC อยู่ในระดับสูงมากทั้งค่า SBP_{rest} และ SBP ในนาทีที่ 1 ภายหลังการทดสอบ (SBP_{r1 min}) และมีค่า SEMs ที่ต่ำกว่า 5% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับยอมรับได้ในทางคลินิก การศึกษานี้มีค่า ICC สูงกว่าการศึกษาของ Lim และคณะ⁴⁴ ที่พบว่า SBP สูงสุดขณะออกกำลังกายระดับ submaximal มีค่า ICC (SEMs) ที่ 0.70 (9.39) ค่า ICC และ SEMs ที่แตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากวิธีการทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับประเมินความดันโลหิตและระดับความหนักในการออกกำลังกายที่แตกต่างกันได้

เมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวน (CV) ของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในแต่ละตัวแปร พบว่า HR ในการศึกษานี้ (CV: 4.6-29.8%) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา⁴¹ ซึ่งพบว่าเมื่อทดสอบอาสาสมัครผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีสุขภาพดีด้วย standard graded exercise test ค่า HR_{peak} มีค่า CV ระหว่าง 1.5-4.7%^{18, 38} และ HRR1 มีค่า CV ระหว่าง 9-26 %^{17, 18, 41} ส่วน RPE พบว่า เมื่อทำการวัดซ้ำการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบมีค่า ICC อยู่ในระดับปานกลาง และค่า CV ระหว่าง 5.1-14.8%

เป็นช่วงที่กว้างกว่าการศึกษาก่อนหน้านี้ (6.1–9.3%)¹⁸ อาจเป็นเพราะ RPE เป็นการประเมินระดับความเหนื่อยจากความรู้สึกของแต่ละบุคคล จึงมีความแปรปรวนได้มาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบมีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต โดยมีตัวแปรที่เหมาะสมในการประเมินคือ HR และ SBP

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดคือ ขาดการควบคุมระดับกิจกรรมทางกายในระหว่างการทดสอบซึ่งมีระยะเวลาห่างกัน 7 วัน กิจกรรมทางกายที่แตกต่างกันในแต่ละวันอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตได้ นอกจากนี้ ยังมีความจำกัดในการอนุมานผลการศึกษาเพื่อไปใช้จริงสำหรับการทดสอบภาคสนามและในกลุ่มประชากรอื่นๆ เนื่องจากขาดการศึกษาความเที่ยงตรงในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตกับวิธีการทดสอบมาตรฐาน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรกำหนดระดับกิจกรรมทางกายของผู้เข้าร่วมการทดสอบให้อยู่ในระดับเดียวกันตลอดช่วงของการเก็บข้อมูล และควรทดสอบซ้ำในภาคสนามและในกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันเพื่อยืนยันผลการศึกษา รวมถึงศึกษาความเที่ยงตรงของการทดสอบนี้โดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยทำให้เกิดความเข้าใจถึงประโยชน์ ข้อจำกัดและความเหมาะสมของการทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบในการประเมินความแข็งแรงของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตได้มากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การทดสอบอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดด้วยการกระโดดตบ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตที่มีความน่าเชื่อถือสูงในการวัดซ้ำ โดยทำให้เกิดการตอบสนองของอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของผู้ใหญ่อ่อนต้นที่มีสุขภาพดีในการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ซึ่งมีระยะเวลาห่างกัน 7 วัน มีค่าไม่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่สำหรับการศึกษาวิจัย และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้

1. Myers J, McAuley P, Lavie CJ, Despres J-P, Arena R, Kokkinos P. Physical activity and cardiorespiratory fitness as major markers of cardiovascular risk: their independent and interwoven importance to health status. *Prog Cardiovasc Dis* 2015; 57(4): 306-14. doi: 10.1016/j.pcad.2014.09.011
2. Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: a meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis* 2014; 56(4): 382-90. doi: 10.1016/j.pcad.2013.09.002
3. Martin B-J, Arena R, Haykowsky M, Hauer T, Austford LD, Knudtson M, et al. Cardiovascular fitness and mortality after contemporary cardiac rehabilitation. *Mayo Clin Proc* 2013; 88(5): 455-63. doi: 10.1016/j.mayocp.2013.02.013
4. American College of Sports Medicine. Health appraisal and risk assessment. In: Pescatello LS, Arena R, Riebe D, Thompson PD, editors. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Benefits and risks associated with physical activity and preparticipation health screening*. 9th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013. p. 1-38.
5. Lauer M, Froelicher ES, Williams M, Kligfield P. Exercise testing in asymptomatic adults a statement for professionals from the American Heart Association Council on clinical cardiology, subcommittee on exercise, cardiac rehabilitation, and prevention. *Circulation* 2005; 112(5): 771-6. doi: 10.1161/circulationaha.105.166543
6. Bronner S, Rakov S. An accelerated step test to assess dancer pre-season aerobic fitness. *J Dance Med Sci* 2014; 18(1): 12-21. doi: 10.12678/1089-313X.18.1.12
7. Lambrick D, Faulkner J, Rowlands A, Eston R. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal ratings of perceived exertion and heart rate during a continuous exercise test: The efficacy of RPE 13. *Eur J Appl Physiol* 2009; 107(1): 1-9. doi: 10.1007/s00421-009-1093-7
8. Fairbairn MS, Blackie SP, McElvaney NG, Wiggs BR, Pare PD, Pardy RL. Prediction of heart rate and oxygen uptake during incremental and maximal exercise in healthy adults. *Chest* 1994; 105(5): 1365-9. doi: 10.1378/chest.105.5.1365
9. Coolbaugh CL, Anderson IB, Wilson MD, Hawkins DA, Amsterdam EA. Evaluation of an exercise field test using heart rate monitors to assess cardiorespiratory fitness and heart rate recovery in an asymptomatic population. *PLoS ONE* 2014; 9(5): e97704. doi: 10.1371/journal.pone.0097704
10. Eston RG. Perceived exertion: Recent advances and novel applications in children and adults. *J Exerc Sci Fit*. 2009; 7(2, Supplement): S11-S7. doi: 10.1016/S1728-869X(09)60018-6
11. Coquart J, Garcin M, Parfitt G, Tourny-Chollet C, Eston R. Prediction of maximal or peak oxygen uptake from ratings of perceived exertion. *Sports Med* 2014; 44(5): 563-78. doi: 10.1007/s40279-013-0139-5
12. Arcuri JF, Borghi-Silva A, Labadessa IG, Sentanin AC, Candolo C, Di Lorenzo VAP. Validity and reliability of the 6-minute step test in healthy individuals: a cross-sectional study. *Clin J Sport Med* 2016; 26(1): 69-75. doi: 10.1097/JSM.0000000000000190
13. Laskin JJ, Bundy S, Marron H, Moore H, Swanson M, Blair M, et al. Using a treadmill for the 6-minute walk test: reliability and validity. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2007; 27(6): 407-10. doi: 10.1097/01.HCR.0000300270.45881.d0
14. Lemmink KAPM, Visscher C, Lambert MI, Lamberts RP. The interval shuttle run test for intermittent sport players: evaluation of reliability. *J Strength Cond Res* 2004; 18(4): 821-7. doi: 10.1519/13993.1
15. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341(18): 1351-7. doi: 10.1056/NEJM199910283411804

16. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med* 2000; 132(7): 552-5. doi: 10.7326/0003-4819-132-7-200004040-00007
17. Lahiri MK, Kannankeril PJ, Goldberger JJ. Assessment of autonomic function in cardiovascular disease: physiological basis and prognostic implications. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51(18): 1725-33. doi: 10.1016/j.jacc.2008.01.038.
18. Mann TN, Webster C, Lamberts RP, Lambert MI. Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *Eur J Appl Physiol* 2014; 114(9): 1809-20. doi: 10.1007/s00421-014-2907-9
19. Cataldo A, Cerasola D, Zangla D, Russo G, Sahin FN, Traina M. Assessment of autonomic function as marker of training status: the role of heart rate recovery after exercise. *Eur J Sport Sci* 2014; 2(1): 89-97. doi: 10.12863/ejssbx2x1-2014x3
20. Shetler K, Marcus R, Froelicher VF, Vora S, Kalisetti D, Prakash M, et al. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38(7): 1980-7. doi: 10.1016/S0735-1097(01)01652-7
21. Peçanha T, Silva-Júnior ND, Forjaz CLdM. Heart rate recovery: autonomic determinants, methods of assessment and association with mortality and cardiovascular diseases. *Clin Physiol Funct Imaging* 2014; 34(5): 327-39. doi: 10.1111/cpf.12102
22. Lamberts RP, Maskell S, Borresen J, Lambert MI. Adapting workload improves the measurement of heart rate recovery. *Int J Sports Med* 2011; 32(09): 698-702. doi: 10.1055/s-0031-1275357
23. Itoh H, Ajisaka R, Koike A, Makita S, Omiya K, Kato Y, et al. Heart rate and blood pressure response to ramp exercise and exercise capacity in relation to age, gender, and mode of exercise in a healthy population. *J Cardiol* 2013; 61(1): 71-8. doi: 10.1016/j.jjcc.2012.09.010
24. Maeder M, Ammann P, Rickli H, Brunner-La Rocca H. Impact of the exercise mode on heart rate recovery after maximal exercise. *Eur J Appl Physiol* 2009; 105(2): 247-55. doi: 10.1007/s00421-008-0896-2
25. Wikipedia tfe. P90x: Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2016 [updated 2016 May 28; cited 2016 June 14]. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/P90X>.
26. Team Beachbody. The fit test (Excerpted from the P90X fitness guide) [cited 2016 June 14]. Available from: <https://www.beachbody.com/text/products/programs/p90x/p90xFitTest.pdf>.
27. Boontha K, Pirunsan U, Khamwong P. Cardiovascular response and energy expenditure of a novel heart rate maximizer test in healthy volunteers. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci* 2016; 49(2): 263-75. doi:
28. Loe H, Steinshamn S, Wisløff U. Cardio-respiratory reference data in 4631 healthy men and women 20-90 years: the HUNT 3 fitness study. *PLoS ONE* 2014; 9(11): e113884. doi: 10.1371/journal.pone.0113884
29. Wheatley CM, Snyder EM, Johnson BD, Olson TP. Sex differences in cardiovascular function during submaximal exercise in humans. *SpringerPlus* 2014; 3(1): 445. doi: 10.1186/2193-1801-3-445
30. Loe H, Rognmo Ø, Saltin B, Wisløff U. Aerobic capacity reference data in 3816 healthy men and women 20–90 years. *PLoS ONE* 2013; 8(5): e64319. doi: 10.1371/journal.pone.0064319
31. Dai H, Charnigo R, Vyhlidal CA, Jones BL, Bhandary M. Mixed modeling and sample size calculations for identifying housekeeping genes. *Stat Med* 2013; 32(18): 3115-25. doi: 10.1002/sim.5768
32. Riebe D, Franklin BA, Thompson PD, Garber CE, Whitfield GP, Magal M, et al. Updating ACSM's recommendations for exercise preparticipation health screening. *Med Sci Sports Exerc* 2015; 47(11): 2473-9. doi: 10.1249/

MSS.0000000000000664

33. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Curr Sports Med Rep* 2013; 12(4): 215-7. doi: 00149619-201307000-00004
34. Huang PH, Leu HB, Chen JW, Lin SJ. Heart rate recovery after exercise and endothelial function—two important factors to predict cardiovascular events. *Prev cardiol* 2005; 8(3): 167-72. doi: 10.1111/j.1520-037X.2005.3847.x
35. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the "HRmax= 220-age" equation. *J Exerc Physiol* 2002; 5(2): 1-10. doi:
36. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14(5): 377-81. doi:
37. Portney LG, Watkins MP. Foundations of clinical research: applications to practice. New Jersey: Prentice Hall Upper Saddle River; 2000.
38. Bosquet L, Gamelin F, Berthoin S. Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med* 2008; 29(3): 238-43. doi: 10.1055/s-2007-965162
39. Dupuy O, Mekary S, Berryman N, Bherer L, Audiffren M, Bosquet L. Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. *Clin Physiol Funct Imaging* 2012; 32(4): 296-304. doi: 10.1111/j.1475-097X.2012.01125.x
40. Jouven X, Empana J-P, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetière P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005; 352(19): 1951-8. doi: 10.1056/NEJMoa043012
41. Al Haddad H, Laursen P, Chollet D, Ahmaidi S, Buchheit M. Reliability of resting and postexercise heart rate measures. *Int J Sports Med* 2011; 32(8): 598-605. doi: 10.1055/s-0031-1275356
42. Daanen HA, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NL. A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 2012; 7(3): 251-60. doi:
43. Laukkanen JA, Kurl S. Blood pressure responses during exercise testing—is up best for prognosis? *Ann Med* 2012; 44(3): 218-24. doi: 10.3109/07853890.2011.560180
44. Lim W, Faulkner J, Lambrick D, Stoner L. Reliability of oscillometric central blood pressure responses to submaximal exercise. *J Hypertens* 2016; 34(6): 1084-90. doi: 10.1097/HJH.0000000000000899

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
และความสามารถในการทรงตัวที่วัดด้วย Star Excursion Balance Test ในผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีภาวะอ้วน

Relationship between lower limb muscle strength and balance measured
by Star Excursion Balance Test in obese young adults

■ วีระศักดิ์ ตะปัญญา
Weerasak Tapanya

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา
Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, University of Phayao, Phayao Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: wee_pt2nu@hotmail.com)
* Corresponding author (Email: wee_pt2nu@hotmail.com)

Received July 2016
Accepted as revised September 2016

Abstract

Objectives: The purpose of this study was to determine whether lower limb muscle strength affects dynamic balance in obese young adults by exploring the relationship between variables obtained from Star Excursion Balance Test (SEBT). Six groups of lower limb muscle strength was obtained from Push-pull dynamometer.

Materials and methods: Thirty young adult participants with obesity (15 males and 15 females) were recruited in this study. Star Excursion Balance Test (SEBT) was performed and strength of six groups of lower limb muscles was measured using Push-pull dynamometer. Pearson's product moment correlation coefficient statistic was used to determine the relationship between these variables. The significant level was set at $p < 0.05$.

Results: The result showed that SEBT score was moderate to strong correlation with knee flexor and knee extensor strength ($r = 0.507$, $p = 0.002$ and $r = 0.693$, $p = 0.00$, respectively) and weak correlation with ankle plantarflexor strength ($r = 0.342$, $p = 0.032$). There was no correlation between SEBT score and hip flexor, hip extensor and ankle dorsiflexor strength.

Conclusion: Lower limb muscle strength is an important factor that affects dynamic balance in obese young adults.
Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 355-362. Doi: 10.14456/jams.2016.33

Keywords: Obesity, lower limb muscle strength, balance, fall

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาปัจจัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่มีผลต่อการทรงตัวในบุคคลวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีภาวะอ้วน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาทั้ง 6 กลุ่ม และความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ในอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วนจำนวน 30 ราย

วัสดุและวิธีการศึกษา: อาสาสมัครที่มีภาวะอ้วนทุกราย (ชาย 15 ราย และหญิง 15 ราย) ได้รับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Push-pull Dynamometer และทดสอบการทรงตัวด้วย Star Excursion Balance Test (SEBT) ใช้สถิติ Pearson's correlation product moment เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ต้องการศึกษาโดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา: พบว่า SEBT score มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (knee extensors) และกล้ามเนื้องอเข่า (knee flexors) ในระดับปานกลางถึงสูง ($r=0.693$, $p=0.00$ และ $r=0.507$, $p=0.002$ ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อถีบปลายเท้าลง (ankle plantarflexors) ในระดับต่ำ ($r=0.342$, $p=0.032$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอสะโพก (hip flexors) กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก (hip extensors) และกล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าขึ้น (ankle dorsiflexors)

สรุปผลการศึกษา: ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในคนที่มีภาวะอ้วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้ามเนื้อข้อเข่า

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 355-362. Doi: 10.14456/jams.2016.33

คำรหัส: ภาวะอ้วน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา การทรงตัว การหกล้ม

บทนำ

ภาวะอ้วนเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญในหลายภูมิภาคทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยที่มีแนวโน้มความชุกเพิ่มมากขึ้น จากผลการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยในปี พ.ศ. 2552 พบภาวะน้ำหนักเกินในประชากรอายุ 18 ปีขึ้นไป (ดัชนีมวลกาย >25 กก./ม²) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 36.5 จากร้อยละ 28.1 ในปี พ.ศ. 2547 และพบภาวะอ้วน (ดัชนีมวลกาย >30 กก./ม²) เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.0 จากร้อยละ 6.9 ในปี พ.ศ. 2547 ความชุกของภาวะอ้วนที่เพิ่มขึ้นมีสาเหตุจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น พฤติกรรมการบริโภคอาหาร และการดำเนินชีวิตประจำวันที่มีกิจกรรมการเคลื่อนไหวลดลง เป็นต้น^{1,2} ภาวะอ้วนส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพรวมถึงการเพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง ความดันโลหิตสูง ข้อเข่าเสื่อม หูดหยาบ ไขมันสะสม และมะเร็ง นอกจากนี้ภาวะอ้วนยังสัมพันธ์กับการทำงานของร่างกายที่แย่ลง และเป็นปัจจัยเสี่ยงสำหรับการบาดเจ็บและการหกล้ม^{3,4}

มวลกายที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ผู้มีภาวะอ้วนมีความสามารถในการทรงตัวลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงการรับรู้

ของข้อต่อจากการลงน้ำหนักที่เท้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากคนอ้วนต้องรับน้ำหนักในแนวตั้ง (vertical force) มากกว่าคนที่น้ำหนักปกติ จึงทำให้เกิดการเสื่อมข้อต่อและส่งผลต่อการรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อตามมา⁵ ภาวะอ้วนยังเป็นเหตุให้ลักษณะการเดินเปลี่ยนแปลงไป และเพิ่มความเสี่ยงในการหกล้มเนื่องจากความสามารถในการทรงตัวลดลง⁶ Matter และคณะ⁷ เปรียบเทียบลักษณะของการบาดเจ็บในผู้ที่มีภาวะอ้วนและผู้มีดัชนีมวลกายปกติ พบว่า ผู้มีภาวะอ้วนมีแนวโน้มที่จะบาดเจ็บกล้ามเนื้อและกระดูก เช่น เคล็ดขยี้ด ข้อหัก และเคลื่อนหลุดมากกว่า และล้วนเป็นผลจากการล้ม Singh และคณะ⁸ เปรียบเทียบการแกว่งของลำตัว (postural sway) ขณะยืนนิ่งระหว่างผู้ที่มีภาวะอ้วนกับผู้มีดัชนีมวลกายปกติ พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนมีระดับการแกว่งของลำตัวเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วกว่า แสดงให้เห็นว่าภาวะอ้วนส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงและความสามารถในการทรงตัวซึ่งอาจนำไปสู่ความเสี่ยงในการหกล้มได้

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าการศึกษเกี่ยวกับ การทรงตัวในผู้ที่มีภาวะอ้วนส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในผู้สูงอายุ แต่

ในปัจจุบันผู้มีภาวะอ้วนพบได้ในหลายวัย รวมทั้งมีจำนวนเพิ่มขึ้นในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น การศึกษาผลของการทรงตัวในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีภาวะอ้วนยังมีค่อนข้างน้อย และผลการศึกษา ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่ามีปัจจัยใดที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวในผู้มีภาวะอ้วนนอกจากค่าดัชนีมวลกาย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาค่าดัชนีมวลกายที่นอกจากมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการทรงตัวแล้ว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจะมีผลต่อความสามารถในการทรงตัวของผู้ที่มีภาวะอ้วนนั้นหรือไม่ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วนวัยผู้ใหญ่ตอนต้นอายุ 18-25 ปี

วัสดุและวิธีการศึกษา

อาสาสมัครเป็นบุคคลวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีภาวะอ้วน อายุระหว่าง 18–25 ปี จำนวน 30 ราย (ชาย 15 ราย และหญิง 15 ราย) คำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1.5 อ้างอิงค่า correlation จากการศึกษาก่อนหน้าของ Haakonssen⁹ โดยกำหนดค่า power และค่า alpha level เท่ากับ 0.80 และ 0.05 ตามลำดับ ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครแสดงดังตารางที่ 1 (Table 1) เกณฑ์คัดเข้าคือ มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 30 กก./ม² ปริมาณไขมันในร่างกายมากกว่าร้อยละ 25 ในเพศชาย และมากกว่าร้อยละ 30 ในเพศหญิง¹⁰ เกณฑ์คัดออกคือ มีปัญหาเกี่ยวข้องกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อระบบประสาท และระบบรับรู้สัมผัสของร่างกายครึ่งล่างที่ส่งผลต่อการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อาสาสมัครทุกรายไม่มีประวัติการได้รับการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ และไม่เคยมีประวัติความผิดปกติของระบบประสาทที่ส่งผลต่อการรับรู้สัมผัสของร่างกายครึ่งล่างมาก่อน การศึกษาผ่านการพิจารณาจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์จากมหาวิทยาลัยพะเยา (เลขที่ 57 02 01 0018)

Table 1 Subject demographic data (mean±standard deviation)

Variables	Total (N = 30)
Age (years)	19.93±1.70
Height (cm)	167.20±7.94
Mass (kg)	104.08±17.22
Body Mass Index (kg/m ²)	37.08±5.32
Leg length (cm)	91.60±4.32
Body fat (%)	33.70±5.74

ก่อนการทดสอบ วัดข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพของอาสาสมัคร ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันร่างกาย และความยาวขา

การทดสอบประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่อง Baseline® Push-pull dynamometer (Fabrication Enterprises Incorporated, New York USA) ในกลุ่มกล้ามเนื้อ 6 กลุ่ม ได้แก่ กล้ามเนื้องอและเหยียดสะโพก (hip flexors and extensors) กล้ามเนื้องอและเหยียดเข่า (knee flexors and extensors) กล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าขึ้นและลง (ankle dorsiflexors and plantar flexors) ตามลำดับ ให้ผู้ถูกทดสอบออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (maximum isometric contraction)¹¹ ทำการทดสอบทั้งหมด 2 รอบ และพักระหว่างรอบ 5 นาที ผู้วิจัยบันทึกค่าสูงสุดที่อาสาสมัครสามารถทำได้เพื่อวิเคราะห์ผลทางและวิธีการวัด (Figure 1)

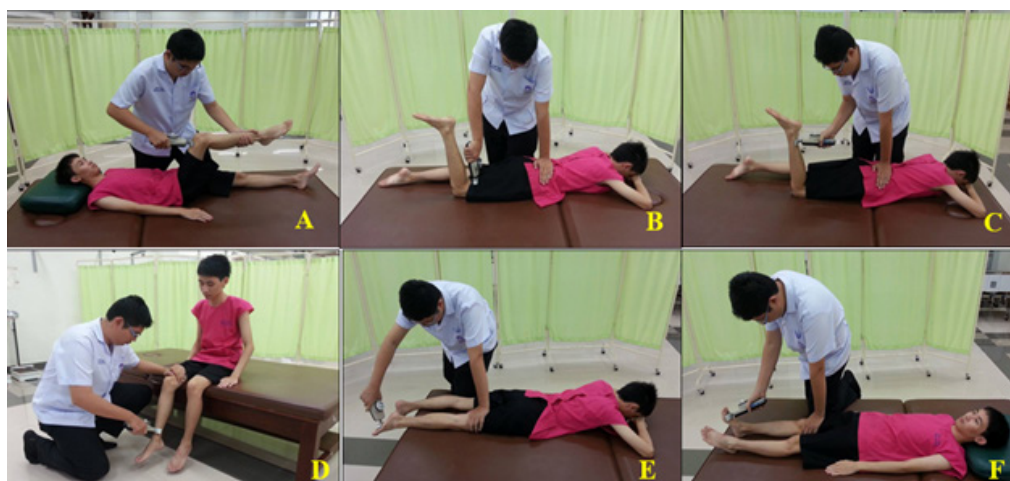


Figure 1 Maximum isometric voluntary contraction (MVC) of lower limb muscles measured by Push-pull dynamometer: - A, Hip flexors; B, Hip extensors; C, Knee flexors; D, Knee extensors; E, Ankle plantarflexors; F, Ankle dorsiflexors

2) ทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วย Star excursion balance test

Star excursion balance เป็นการทดสอบความสามารถในการทรงตัวในขณะที่มีการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นตามหน้าที่ (functional balance test) ที่ไม่ต้องใช้เครื่องมือวัดราคาแพงในการทดสอบ และมีความตรงกับการทดสอบการทรงตัวในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น มีความน่าเชื่อถือในการวัดสูง (intratester reliability = 0.85-0.89 และ intertester reliability = 0.97-1.00)¹²

ผู้วิจัยติดสายวัดบนพื้นเรียบโดยให้ทำมุมกัน 135° และ 90° เป็น 3 ทิศทาง ได้แก่ anterior, posterolateral และ posteromedial อาสาสมัครยืนตรงบนขาข้างที่ถนัดในตำแหน่ง

จุดกึ่งกลางของเส้น มือทั้งสองข้างจับไว้บริเวณสะโพก พยายามยื่นปลายเท้าของขาข้างที่ไม่ถนัดไปแตะเส้นในแต่ละทิศทางให้ไกลที่สุด โดยที่ไม่ลงน้ำหนัก (Figure 2) หลังจากนั้นผู้ถูกทดสอบดึงเท้ากลับมาขึ้นลงน้ำหนักในท่าเดิม ผู้วิจัยวัดระยะทางบนเส้นจากจุดศูนย์กลางถึงจุดที่เท้าแตะ¹³ ทำการทดสอบในแต่ละทิศทางทั้งหมด 3 รอบ โดยพักระหว่างรอบเป็นเวลา 10 วินาที และเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางให้พักเป็นเวลา 20 วินาที ผู้วิจัยบันทึกค่าสูงสุดในแต่ละทิศทาง และคำนวณค่าตัวแปรเป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของ SEBT มีหน่วยเป็นร้อยละ ตามสูตร¹⁴

SEBT score = (Anterior distance + Posterolateral distance + Posteromedial distance) x 100 / 3 (Leg length)

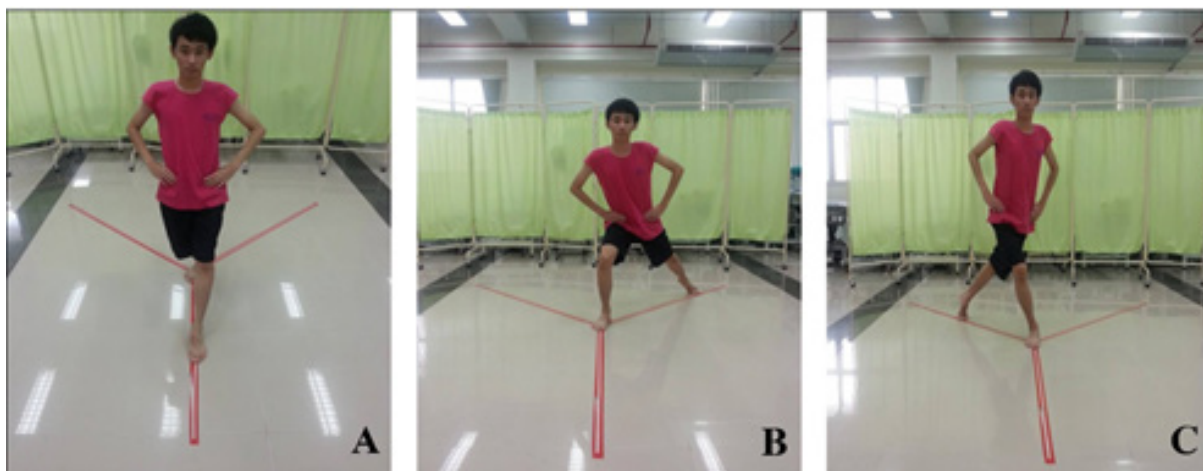


Figure 2 Star excursion balance test; SEBT

A, Anterior direction; B, Posterolateral direction; C, Posteromedial direction

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) อธิบายลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และค่าคะแนนของการทดสอบ SEBT ใช้สถิติ Pearson's product moment correlation coefficient หาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และค่าคะแนนของการทดสอบ SEBT ข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (lower limb muscle strength) และการทดสอบความสามารถในการทรงตัว (Star excursion balance test)

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาพบว่า ค่าเฉลี่ยของกล้ามเนื้อองสะโพก (hip flexors) กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก (hip extensors) กล้ามเนื้อองเข่า (knee flexors) กล้ามเนื้อเหยียดเข่า

(knee extensors) กล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าขึ้น (ankle dorsiflexors) และกล้ามเนื้อถีบปลายเท้าลง (ankle plantarflexors) เท่ากับ 50.93 ± 12.11 , 44.27 ± 8.00 , 32.37 ± 9.92 , 61.40 ± 14.58 , 39.80 ± 10.24 และ 56.70 ± 7.85 ปอนด์ ตามลำดับ ส่วนการทดสอบความสามารถในการทรงตัว พบว่า มีค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมของ SEBT เท่ากับ $77.48 \pm 13.35\%$ (Table 2)

Table 2 Lower limb muscle strength and Star Excursion Balance Test (SEBT scores) (mean±SD).

Variables	Total (N = 30)
Hip flexors (lb)	50.93±12.11
Hip extensors (lb)	44.27±8.00
Knee flexors (lb)	32.37±9.92
Knee extensors (lb)	61.40±14.58
Ankle dorsiflexors (lb)	39.80±10.24
Ankle plantarflexors (lb)	56.70±7.85
SEBT scores	77.48±13.35

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (lower limb muscle strength) และการทดสอบความสามารถในการทรงตัว (Star excursion balance test)

ความสามารถในการทรงตัว (SEBT) มีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางถึงสูงกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่า (knee flexors) และกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (knee extensors) ($r=0.507$, $p=0.002$ and $r=0.693$, $p<0.001$ ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำกับกล้ามเนื้อถีบปลายเท้าลง (ankle plantarflexors) ($r=0.342$, $p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 (Table 3) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของขากับคะแนนรวมของ SEBT ในรูปที่ 3 (Figure 3)

Table 3 Relationship between lower limb muscle strength and Star Excursion Balance Test (SEBT scores).

Lower limb muscle strength	The composite Star excursion balance score	
	Pearson Correlation	p-value
Hip flexors	0.211	0.131
Hip extensors	0.126	0.253
Knee flexors	0.507**	0.002
Knee extensors	0.693**	0.000
Ankledorsiflexors	0.228	0.113
Ankle plantarflexors	0.342*	0.032

* Correlation is significant at the 0.05 level

** Correlation is significant at the 0.01 level

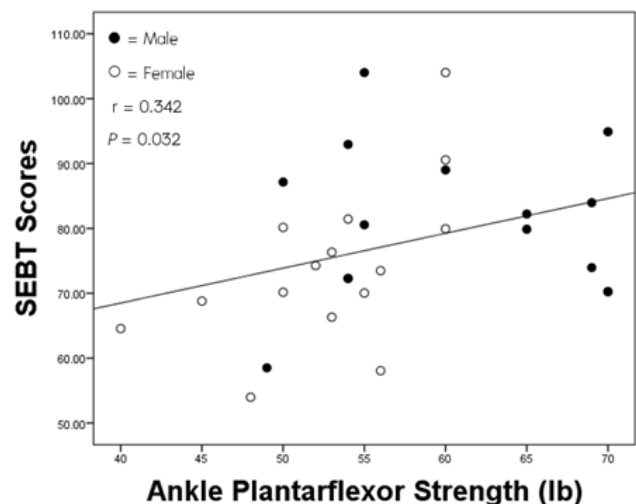
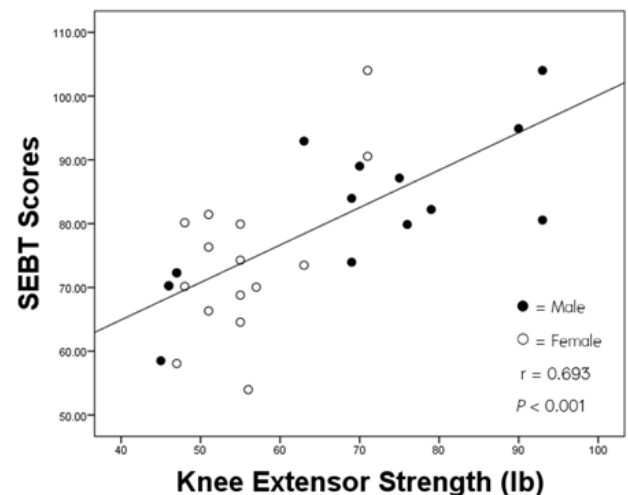
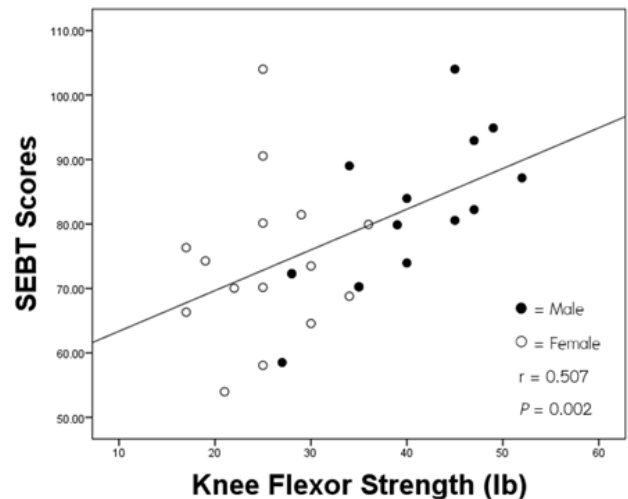


Figure 3 Relationship between lower limb muscles strength and SEBT scores

การศึกษาในครั้งนี้หาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาและความสามารถในการทรงตัวในผู้ใหญ่อ่อนต้นที่มีภาวะอ้วน พบว่าคะแนนรวมของ SEBT เท่ากับ $77.48 \pm 13.35\%$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบการศึกษาก่อนหน้านี้ที่วัดในผู้ที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ปกติ^{14,15} การแปลผลค่าคะแนน SEBT ที่มีค่าคะแนนน้อยหมายความว่าอาสาสมัครมีความสามารถในการทรงตัวขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงจุดศูนย์กลางมวลได้น้อยตามไปด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผู้มีภาวะอ้วนมีความสามารถในการรักษาการทรงตัวต่ำกว่าผู้ที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าคะแนนรวมของการทดสอบ SEBT มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อข้อเข่า (knee flexors) และกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (knee extensors) ในระดับปานกลางถึงสูง ($r=0.50$ และ $r=0.693$ ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก้นปลายเท้า (ankle plantarflexors) ในระดับต่ำ ($r=0.342$, $p<0.05$) และไม่มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก (hip flexors) กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก (hip extensors) และกล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าขึ้น (ankle dorsiflexors) แสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในผู้มีภาวะอ้วน โดยเฉพาะกล้ามเนื้อข้อเข่า สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Haakonssen⁹ ที่พบว่า Leg press strength มีความสัมพันธ์เชิงบวกระดับปานกลางกับความสามารถในการรักษาการทรงตัวในขณะที่โน้มตัวไปข้างหน้าโดยวัดจากองศาที่ทำมุมกับแนวตั้งฉากจากพื้น (maximum forward lean angle) ($r=0.575$, $p=0.02$)

ในการรักษาการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหวหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล (center of mass) ร่างกายต้องใช้ความแข็งแรงของขาในการรักษาสมดุลไม่ให้ล้ม การศึกษาของ Wolfson และคณะ¹⁶ พบว่า ความผิดปกติด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจะเพิ่มปัจจัยเสี่ยงต่อการล้มได้ นอกจากนี้ การศึกษาของ Son และคณะ¹⁷ ที่ได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (resistance exercise) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อความสามารถในการทรงตัวแบบเคลื่อนไหว (dynamic balance) ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่เดินได้เอง พบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านสามารถลดการเสียสมดุลในทิศทางหน้า-หลัง (antero-posterior sway) และทิศทางด้านข้าง (lateral sway) ได้ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการออกกำลังกายแบบไม่มีแรงต้าน แสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวได้อย่างไรก็ตาม ยังคงมีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความสามารถในการรักษาการทรงตัว ได้แก่ ระบบการมองเห็น (vision) ระบบ

เวสติบูลาร์ (vestibular) การรับความรู้สึกของข้อต่อ (proprioception) และระบบสั่งการประสาทกล้ามเนื้อ (neuromuscular control) เป็นต้น⁵ ทุกปัจจัยดังกล่าวทำงานร่วมกันเพื่อรักษาการทรงตัว และหากสูญเสียการทำงานของระบบใดระบบหนึ่งจะมีการรับรู้สึกจากระบบอื่นๆ ที่เหลือทดแทน การศึกษานี้เป็นการศึกษาในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีภาวะอ้วนที่ไม่มีโรคหรือภาวะแทรกซ้อนของระบบต่างๆ ที่กล่าวมา จึงทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของการทดสอบการทรงตัวด้วย SEBT จะเห็นได้ว่า ในขณะที่อาสาสมัครยืนปลายเท้าไปและเส้นให้ได้ไกลที่สุดในแต่ละทิศทางนั้น ขาข้างที่ทรงตัวอยู่มีการย่อตัวลงเล็กน้อยเพื่อรักษาสถิตจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวล ในทำนองนี้ อาสาสมัครจะต้องมีการหดตัวแบบยืดยาวออก (eccentric contraction) ของกล้ามเนื้อในการเหยียดเข่า ในขณะเดียวกัน กล้ามเนื้อในการงอเข่าต้องมีการหดตัวแบบหดสั้น (concentric contraction) เพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระดูก Tibia ไปข้างหน้ามากเกินไป และเมื่อพิจารณาที่ข้อเท้าจะพบว่าการกระดกของข้อเท้าขึ้นเล็กน้อย ด้วยทำนองนี้จะต้องอาศัยการหดตัวแบบยืดยาวออกของกล้ามเนื้อก้นปลายเท้าลงเพื่อไม่ให้เกิดการกระดกข้อเท้าขึ้นมากเกินไป ลักษณะการเคลื่อนไหวดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าความสามารถในการทรงตัวในขณะทดสอบ SEBT มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางถึงสูงกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า และมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อก้นปลายเท้าลง การเคลื่อนไหวขณะทดสอบ SEBT มีความคล้ายคลึงกับการทดสอบ Sit to stand (STS) การศึกษาของ Schenkman และคณะ¹⁸ ที่วิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างการเคลื่อนไหว STS พบว่า กล้ามเนื้อเหยียดเข่าเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานหลักของ 2 ใน 4 ช่วงการเคลื่อนไหวของการทดสอบ STS คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 60 ของระยะเวลาการเคลื่อนไหวทั้งหมด นอกจากนี้ Khemlani และคณะ¹⁹ ที่ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าขณะเคลื่อนไหวในการทดสอบ STS ด้วยการวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (electromyography) สรุปว่าจะมีการทำงานของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกแบบยืดยาวออกในการชะลอหรือลดความเร็วของการงอสะโพก ก่อนที่จะมีการเหยียดสะโพกเพื่อลุกขึ้นยืนในกล้ามเนื้อเหยียดเข่าจะมีการหดตัวแบบหดสั้นเพื่อทำให้เกิดการเหยียดเข่าขึ้น ในขณะที่กล้ามเนื้องอเข่าทำหน้าที่ในการดึงกระดูกหน้าแข้งกลับให้ตรงเพื่อควบคุมความมั่นคงของเข่า กล้ามเนื้อข้อเท้ามีส่วนร่วมในการปรับการทรงตัวและความมั่นคงในการทรงตัวระหว่างการสอบ STS อย่างไรก็ตาม

การศึกษานี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง SEBT score กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกและเหยียดสะโพก อาจเนื่องจากการทดสอบ SEBT ไม่ค่อยมีการเคลื่อนไหว ในลักษณะสะโพกเท่ากับการทดสอบ STS จึงทำให้ไม่ต้องอาศัยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการเหยียดและงอสะโพกในการรักษาสถิตมากนัก

เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้ที่มีภาวะอ้วนได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีอีกหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว เช่น ลักษณะและองศาการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่าง ระบบประสาท การควบคุมการทำงานของร่างกายส่วนล่าง (neuromuscular control) ซึ่งควรทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

สรุปผลการศึกษา

ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในผู้ที่มีภาวะอ้วนโดยเฉพาะกล้ามเนื้อข้อเข่า ดังนั้น ผู้ที่มีภาวะอ้วนอาจเกิดการสูญเสียการทรงตัวและมีความเสี่ยงต่อการหกล้มได้ง่ายกว่าผู้มีน้ำหนักในเกณฑ์ปกติ และการออกกำลังกาย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Aekplakorn W, Hogan MC, Chongsuvivatwong V, Tatsanavivat P, Chariyalertsak S, Boonthum A, et al. Trends in obesity and associations with education and urban or rural residence in Thailand. *Obesity (Silver Spring)* 2007; 15: 3113-21.doi: 10.1038/oby.2007.371.
2. Aekplakorn W, Mo-Suwan L. Prevalence of obesity in Thailand. *Obes Rev* 2009; 10: 589-92.doi: 10.1111/j.1467-789X.2009.00626.x.
3. Lang IA, Llewellyn DJ, Alexander K, Melzer D. Obesity, physical function, and mortality in older adults. *J Am Geriatr Soc* 2008; 56: 1474-8.doi: 10.1111/j.1532-5415.2008.01813.x.
4. Bethesda. Clinical guidelines on the Identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: The evidence report: NHLBI obesity education initiative expert panel on the identification, evaluation, and treatment of obesity in adults (US); 1988 [cited 2015 september 07]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1995/>
5. Wang L, Li JX, Xu DQ, Hong YL. Proprioception of ankle and knee joints in obese boys and nonobese boys. *Med Sci Monit* 2008; 14: CR129-35.
6. Sturnieks DL, St George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin* 2008; 38: 467-78.doi: 10.1016/j.neucli.2008.09.001.
7. Matter KC, Sinclair SA, Hostetler SG, Xiang H. A comparison of the characteristics of injuries between obese and non-obese inpatients. *Obesity (Silver Spring)* 2007; 15: 2384-90.
8. Singh D, Park W, Levy MS, Jung ES. The effects of obesity and standing time on postural sway during prolonged quiet standing. *Ergonomics* 2009; 52: 977-86.doi: 10.1080/00140130902777636.
9. Haakonssen EC. The association of obesity and muscle strength and power with the ability to recover balance from a forward leaning position [Master thesis]. North Carolina, United States: Wake Forest University; 2010.
10. Corbin. C, Welk. G, Corbin. W, Welk. K. Concepts of physical fitness: active lifestyles for wellness. New York: McGraw-Hill Publishing; 2013.

11. Manual guide of baseline® push-pull dynamometer for muscle strength testing. New York: Fabication Enterprises Incorporated.
12. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: aliterature and systematic review. *J Athl Train* 2012; 47: 339-57. doi: 10.4085/1062-6050-47.3.08.
13. Bouillon LE, Baker JL. Dynamic balance differences as measured by the star excursion balance test between adult-aged and middle-aged women. *Sports Health* 2011; 3: 466-9.
14. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, Myer GD, Hewett TE. Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010; 40: 551-8. doi: 10.2519/jospt.2010.3325.
15. Coughlan GF, Fullam K, Delahunt E, Gissane C, Caulfield BM. A comparison between performance on selected directions of the star excursion balance Test and the Y Balance Test. *J Athl Train* 2012; 47: 366-71. doi: 10.4085/1062-6050-47.4.03.
16. Wolfson L, Judge J, Whipple R, King M. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995; 50: 64-7.
17. Son SM, Park MK, Lee NK. Influence of resistance exercise training to strengthen muscles across multiple joints of the lower limbs on dynamic balance functions of stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2014; 26: 1267-9.
18. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther* 1990; 70: 638-48.
19. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech* 1999; 14: 236-46.

ผลของการฝึกโยคะต่อการขยายตัวของทรวงอก
และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในอาสาสมัครเพศหญิง

The effects of yoga training on chest wall expansion and
respiratory muscle strength in female subjects

■ สราวุธ มงคล*
Sarayoot Mongkol*

คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ กรุงเทพฯ
Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: gm_pt15@hotmail.com)
* Corresponding author (Email: gm_pt15@hotmail.com)

Received July 2016
Accepted as revised September 2016

Abstract

Background: Yoga is a type of exercise with breathing control, which has effect on increased flexibility of muscle, improvement of cardiorespiratory function, and stress reduction.

Objective: To determine the effects of yoga training on chest wall expansion and respiratory muscle strength in female subjects.

Materials and methods: Twenty-five female participants were recruited in this study. The participants completed a 6-week yoga training consisted of 30 minutes a day for 3 days a week session. The chest wall expansion was measured before and after yoga training by standard tape at the upper, middle, and lower level of thorax. All participants were measured for muscle strength of both maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP).

Results: Participants demonstrated a significant increase in mean differences of chest wall expansion after yoga training. The mean differences between pre and post training for the upper, middle, and lower chest wall was 0.89 ± 0.58 cm ($p < 0.01$), 1.27 ± 0.57 cm ($p < 0.01$), and 0.81 ± 0.89 cm ($p < 0.01$), respectively. The MIP and MEP were increased significantly after yoga training ($p < 0.05$).

Conclusion: Chest wall expansion and respiratory muscle strength has been improved by undergoing yoga training 30 min/day and 3 days/week for 6 weeks.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 363-369. Doi: 10.14456/jams.2016.32

Keywords: Yoga training, chest wall expansion, respiratory muscle strength

บทคัดย่อ

บทนำ: โยคะเป็นรูปแบบการออกกำลังกายร่วมกับการควบคุมการหายใจ ซึ่งส่งผลต่อสมรรถภาพทางกาย ทั้งด้านความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหายใจ ตลอดจนลดภาวะความเครียดและความวิตกกังวล

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลการฝึกโยคะต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในอาสาสมัครเพศหญิง

วัสดุและวิธีการ: ผู้เข้าร่วมการศึกษาเพศหญิงสุขภาพดีจำนวน 25 ราย ผู้เข้าร่วมการศึกษาใช้ระยะเวลาในการฝึกโยคะนาน 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนและหลังการฝึกได้รับการวัดการขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างด้วยสายวัด และวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออก

ผลการศึกษา: การขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างหลังการฝึกโยคะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก โดยการขยายตัวของทรวงอกส่วนบน ทรวงอกส่วนกลาง และ ทรวงอกส่วนล่างเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 ± 0.58 เซนติเมตร ($p < 0.01$) 1.27 ± 0.57 เซนติเมตร ($p < 0.01$) และ 0.81 ± 0.89 เซนติเมตร ($p < 0.01$) ตามลำดับ และพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก ($p < 0.05$).

สรุปผลการศึกษา: การฝึกโยคะ 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกในทุกระดับและสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 363-369. Doi: 10.14456/jams.2016.32

คำรหัส: โยคะ การขยายตัวของทรวงอก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

บทนำ

การฝึกโยคะเป็นชนิดของการออกกำลังกายที่ได้รับการยอมรับเป็นอย่างมาก เนื่องจากก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างร่างกายและจิตใจโดยผ่านทางอาสนะ ซึ่งเป็นท่าทางการฝึกพร้อมกับเทคนิคการควบคุมการหายใจที่เรียกว่าปราณายามะ¹ ถือได้ว่าเป็นการออกกำลังกายร่วมกับการฝึกสมาธิในเวลาเดียวกัน² การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าโยคะมีประโยชน์ต่อการเสริมสร้างสมรรถภาพของร่างกาย เช่น การเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและข้อต่อ ปฏิบัติการการตอบสนองของร่างกายไวมากขึ้นหลังการฝึกโยคะ การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจและการลดภาระการทำงานของหัวใจ³ นอกจากนี้ยังสามารถลดความเครียดและความวิตกกังวลด้วย⁴ การศึกษาของ Hadi และคณะ เกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยโยคะเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าสามารถเพิ่มคุณภาพชีวิตและทำให้มีความสุข (well-being) ทั้งในเพศชายและเพศหญิง⁵ การศึกษาของ Williams และคณะพบว่าการศึกษาโยคะในผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างเรื้อรังมากกว่า 3 เดือน อายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 60 คน สามารถลดอาการปวดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁶ และ Kurwale และคณะ ศึกษาเกี่ยวกับระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต พบว่าการออกกำลังกายด้วยโยคะมีผลทำให้อัตราการเต้นของ

หัวใจ อัตราการหายใจ ความดันโลหิต และรูปแบบการหายใจในสตรีวัยทำงานมีค่าดีขึ้นหลังจากฝึกโยคะเป็นเวลา 16 สัปดาห์⁷ การศึกษาของ Vedala และคณะ ยืนยันว่าการฝึกโยคะมีผลทำให้ค่าความจุปอดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ⁸ D'Souza และคณะ ศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยโยคะเป็นเวลา 3 เดือนในเด็กอายุระหว่าง 7-9 ปี พบว่าโยคะสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁹

การศึกษาในกลุ่มคนช่วงวัยอื่นยังมีไม่มากนักและจากการศึกษาของ Chanavirut และคณะ ในการฝึกโยคะจำนวน 5 ท่าเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในกลุ่มคนสุขภาพดีเพศชายและเพศหญิงเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย พบว่าโยคะสามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกได้ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ออกกำลังกายด้วยโยคะ¹⁰ จะเห็นได้ว่าการศึกษาผลของการฝึกโยคะต่อการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจยังมีน้อยและยังไม่สามารถสรุปผลการศึกษาได้ชัดเจน การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกโยคะในการประเมินความการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ผ่านการรับรองจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ (หมายเลข E22/2557) ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี โดยสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงของประชาชนในเขตอำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 25 ราย ที่สนใจในการออกกำลังกายแบบโยคะ และลงลายมือชื่อแสดงความยินยอมเข้าร่วมการศึกษา ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือไม่มีโรคทางระบบหายใจ เช่น โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ ไม่มีโรคทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูกที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึกโยคะ เช่น กระดูกสันหลังคด ไม่มีความผิดปกติของการมองเห็น การได้ยิน และการสื่อสาร ไม่มีการบาดเจ็บของร่างกายและขาที่จำกัดการเคลื่อนไหวของมือและเท้า ไม่ออกกำลังกายเป็นประจำต่อเนื่อง 3-5 ครั้ง/สัปดาห์ และไม่เคยออกกำลังกายด้วยโยคะมาก่อน

2. วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยแจกแบบสอบถามคัดกรองเข้าร่วมการศึกษาระดับเบื้องต้นก่อนการเข้าร่วมการศึกษานี้ มีผู้เข้าร่วมการศึกษาคือตรงตามเกณฑ์คัดเลือกจำนวน 25 ราย ฝึกโยคะ 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ ก่อนเริ่มการฝึกโยคะผู้วิจัยวัดค่าการขยายตัวของทรวงอก (chest expansion) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (MIP) และกล้ามเนื้อหายใจออก (MEP) ของผู้เข้าร่วมการศึกษาคือเมื่อสิ้นสุดการฝึกสัปดาห์ที่ 6 ผู้วิจัยวัดค่าการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจอีกครั้ง จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2.1 การวัดการขยายตัวของทรวงอก

ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือได้รับการวัดการขยายตัวของทรวงอกโดยใช้สายวัด ประกอบด้วย การวัดการขยายของทรวงอกส่วนบน โดยวางสายเทปที่ระดับกระดูกซี่โครงที่ 2-4 หรือตำแหน่งใต้รักแร้ การวัดการขยายของทรวงอกส่วนกลาง โดยวางสายเทปที่ระดับกระดูกซี่โครงที่ 4-6 หรือใต้ราวนม และวัดการขยายของทรวงอกส่วนล่าง โดยวางสายเทปที่ระดับกระดูกซี่โครงที่ 6-10 หรือระดับลิ้นปี่ ผลต่างของขนาดเส้นรอบอกเมื่อหายใจเข้าลึกสุดและหายใจออกสุดคือ ค่าการขยายของทรวงอกส่วนที่ประเมินได้

2.2 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการศึกษานั่งพักเป็นเวลา 10-15 นาที อธิบายและสาธิตการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจให้แก่ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือด้วยเครื่อง MicroRPM®, Micromedical, England. จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าจำนวน 3 ครั้ง พัก 5 นาที ระหว่างการทดสอบ วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกจำนวน 3 ครั้ง นำค่าที่ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือทำได้ดีที่สุดมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังแผนภาพ 1

(Diagram 1)

2.3 โปรแกรมการฝึกโยคะ

ฝึกโยคะทั้งหมด 12 ท่า ได้แก่ ลำดับที่ 1 ท่าภูเขา ลำดับที่ 2 ท่าต้นไม้ (สลับข้างขวา-ซ้าย) ลำดับที่ 3 ท่าต้นไม้ไหว (สลับข้างขวา-ซ้าย) ลำดับที่ 4 ท่าจักร (สลับข้างขวา-ซ้าย) ลำดับที่ 5 ท่าเอื้อมมือเหยียดด้านหน้า (สลับข้างขวา-ซ้าย) ลำดับที่ 6 ท่าตรีโกณหมุนกลับ (สลับข้างขวา-ซ้าย) ลำดับที่ 7 ท่าขัดสมาธิขึ้นเดียว ลำดับที่ 8 ท่าอูฐ ลำดับที่ 9 ท่าแมว ลำดับที่ 10 ท่างู ลำดับที่ 11 ท่าครึ่งสะพานโค้ง และลำดับที่ 12 ท่าศพอาสนะตามลำดับ ท่าโยคะทั้ง 12 ลำดับเป็นท่าที่ง่ายและเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นฝึกโยคะรวมทั้งเป็นท่าที่มีการยืดและการขยายตัวของทรวงอกโดยทำการฝึกท่าละ 1 ครั้ง ในแต่ละท่าจะมีการควบคุมลมหายใจเข้าและลมหายใจออกโดยให้อาสาสมัครหายใจเข้าให้ลึกที่สุดผ่านทางจมูกและเป่าลมหายใจออกให้สุดผ่านทางปาก (การหายใจเข้าและหายใจออกนับเป็น 1 ครั้ง) แต่ละท่าของการฝึก ให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือหายใจเข้าให้ลึกที่สุดและหายใจออกให้สุด 5 ครั้ง โดยให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือกำหนดลมหายใจด้วยตนเอง ในระหว่างการเปลี่ยนท่าทาง ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือหายใจเข้า-ออกที่ระดับปกติ 3 ครั้ง ใช้ระยะเวลาในการฝึกทั้งหมด 30 นาทีต่อวัน 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยมีครูฝึกโยคะที่มีประสบการณ์ดูแลการฝึกอย่างใกล้ชิด

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาอธิบายผลเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษาคือสถิติ Paired samples t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของการขยายตัวของทรวงอก ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ก่อนและหลังการฝึกด้วยโยคะ กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า



นั่งตัวตรง เท้าทั้งสองข้างสัมผัสพื้น



หนีบจมูกด้วย คลิปหนีบจมูก (Nasal clip)



อมกรวยกระดาษ และครอบให้สนิท



หายใจออกจนสุด (Residual volume)



หายใจเข้าทางปากเต็มที่ค้างไว้อย่างน้อย 1 วินาที



ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง โดยพักระหว่างแต่ละครั้ง 5 นาที

พักระหว่างการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก 5 นาที

ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก



ปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า ข้อ 1- 3



หายใจเข้าจนสุด (Total lung capacity)



หายใจออกเต็มที่ค้างไว้อย่างน้อย 1 วินาที



ทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง โดยพักระหว่างแต่ละครั้ง 5 นาที



เลือกค่าที่ผู้เข้าร่วมการศึกษาทำได้ดีที่สุด มาคำนวณ

Diagram 1 Steps of respiratory muscle strength measurement

ผลการศึกษา

จากจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณไว้ 30 ราย เมื่อสิ้นสุดการวิจัยมีผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 25 ราย เนื่องจากในระหว่างการฝึกมีผู้เข้าร่วมการศึกษาก่อนการฝึก 3 ราย สาเหตุจากไม่สะดวกมาตามที่คุณวิจัยนัดหมายได้

และไม่สามารถติดต่อได้ จำนวน 2 ราย ผู้เข้าร่วมการศึกษามีความอายุน้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย ไม่แตกต่างกัน (Table 1) แต่พบว่าค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและหายใจออกที่วัดได้ก่อนและหลังการฝึกโยคะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทาง

Table 1 Subject demographic data and respiratory muscle strength before and after yoga training (Mean±SD).

Data	Before yoga training	After yoga training
Age (year)	19.65±0.54	19.65±0.54
Height (cm)	163.11±7.38	163.11±7.38
Weight (kg)	52.70±9.76	51.18±6.42
Body mass index (kg/m ²)	20.64±3.02	19.93±2.89
MIP (cmH ₂ O)	69.75±5.09	75.70±6.41*
MEP (cmH ₂ O)	60.13±6.76	70.46±4.61*

Denote: MIP: maximal inspiratory pressure, MEP: maximal expiratory pressure* Significant between before and after yoga training; $p<0.05$

นอกจากนี้ยังพบว่า การขยายตัวของทรวงอกส่วนบนส่วนกลาง และส่วนล่างหลังจากฝึกโยคะ มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก (Table 2) โดยทรวงอกส่วนบนมีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจาก 3.11±0.20 เซนติเมตร เป็น 4.03±0.24 เซนติเมตร (เฉลี่ย 0.89±0.58 เซนติเมตร; $p<0.01$) ทรวงอกส่วนกลางขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจาก 3.60±0.78 เซนติเมตร เป็น 4.58±0.79 เซนติเมตร (เฉลี่ย 1.27±0.57 เซนติเมตร; $p<0.01$) และทรวงอก

ส่วนล่างขยายตัวเพิ่มมากขึ้นจาก 4.66±0.75 เซนติเมตร เป็น 5.13±0.77 เซนติเมตร (เฉลี่ย 0.81±0.89 เซนติเมตร; $p<0.01$) ตามลำดับ โดยการขยายตัวของทรวงอกระดับกลางมีการขยายตัวเพิ่มมากที่สุด รองลงมาคือทรวงอกระดับบน และทรวงอกระดับล่างตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า mean differences ของทรวงอกแต่ละระดับไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 2 Chest expansion before and after yoga training (Mean±SD).

Chest level	Before yoga training	After yoga training	Mean-difference
Upper (cm)	3.11±0.20	4.03±0.24*	0.89±0.58
Middle (cm)	3.60±0.78	4.58±0.79*	1.27±0.57
Lower (cm)	4.66±0.75	5.13±0.77*	0.81±0.89

* Significant between before and after yoga training; $p<0.05$

พบว่าการศึกษาโยคะส่งผลให้การขยายตัวของทรวงอกทั้ง 3 ระดับ (ทรวงอกส่วนบน กลาง และล่าง) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก การขยายตัวของทรวงอกที่เพิ่มขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากโปรแกรมในการฝึกโยคะที่ประกอบด้วย การเคลื่อนไหวร่างกายและการทรงท่าในการฝึก ซึ่งช่วยยืดกล้ามเนื้อของทรวงอก และมีการควบคุมลมหายใจเข้าและออก โดยให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาหายใจเข้าให้ลึกที่สุดผ่านทางจมูกและเป่าลมหายใจออกให้สุดผ่านทางปาก แต่ละท่าของการฝึกกำหนดให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาดำเนินหายใจเข้าให้ลึกที่สุดและหายใจออกให้สุดลมหายใจ ส่งผลต่อการขยายตัวของทรวงอกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากลักษณะการเคลื่อนไหวขณะฝึกเน้นการยืดกล้ามเนื้อบริเวณรอบๆ ทรวงอกจึงส่งผลทำให้ทรวงอกขยายตัวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ท่าทางการฝึกโยคะที่เลือกใช้ประกอบด้วยท่าต้นไม้ ท่าต้นไม้ไหว ท่าตรีโกณหมุนกลับท่ายืน ท่าอูฐ ท่าแมว ท่างู และท่าครึ่งสะพานโค้ง เป็นท่าทางที่มีการยืดกล้ามเนื้อบริเวณทรวงอกและมีการยกทรวงอกขึ้นในขณะที่ออกกำลังกายเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการหายใจด้วยกล้ามเนื้อกะบังลมเพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษาพบว่าการศึกษาการขยายตัวของทรวงอกส่วนกลางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าระดับอื่น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากรูปแบบการหายใจระหว่างการฝึกโยคะเป็นการหายใจโดยลึกและช้า ส่งผลต่อกล้ามเนื้อกะบังลมซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่หลักในการหายใจ ทำให้ทรวงอกส่วนกลางขยายออกมากกว่าทรวงอกส่วนบน

ในการศึกษานี้พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกก่อนและหลังการฝึกมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าการเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ¹¹ ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นหลังจากฝึกโยคะ อาจเกิดจากผลของการปรับตัวของร่างกายเพื่อให้ร่างกายได้รับออกซิเจนเพียงพอและผลจากการกำหนดลมหายใจ เนื่องจากขณะฝึก ต้องมีการควบคุมการหายใจให้มีการขยายตัวของทรวงอก การกำหนดลมหายใจจำเป็นต้องใช้กล้ามเนื้อหายใจช่วยควบคุมการหายใจ เพราะในการฝึกโยคะเป็นการหายใจลึกและช้า ทำให้กล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจเข้าและออกทำงานมากขึ้น รวมทั้งการฝึกในครั้งนี้ผู้ทำการฝึกกระตุ้นให้อาสาสมัครหายใจโดยใช้กล้ามเนื้อหายใจร่วมด้วยมีผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจหลังจากการฝึกโยคะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chanavirut

และคณะ¹⁰ ที่พบว่าการฝึกโยคะ 5 ท่าประกอบด้วย ท่าแมว ท่าบิดตัวแบบขาเหยียด ท่าต้นไม้ ท่าหนึ่งขดสมาธิชั้นเดียว แบบก้มตัว ท่าอูฐ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกในทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทรวงอกส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น 38%, 19% และ 15% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก และการเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ¹¹ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Coelho และคณะ ซึ่งศึกษาผลการศึกษาโยคะต่อการทำงานของระบบหายใจในอาสาสมัครสุขภาพดีเพศหญิงจำนวน 25 ราย ระยะเวลา 6 เดือน พบว่าภายหลังการฝึกโยคะ สามารถลดอัตราการหายใจและเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่ม โดยทรวงอกส่วนกลางมีการเพิ่มการขยายตัว 5.11 ± 1.93 จาก 2.94 ± 1.43 ($p=0.01$) และส่วนบน 4.64 ± 1.54 จาก 3.43 ± 1.95 ($p=0.09$) ตามลำดับ⁹ และการขยายตัวของทรวงอกที่เพิ่มขึ้นเกิดจากลักษณะของการฝึกโยคะที่ประกอบด้วย การเคลื่อนไหว การทรงท่า การหายใจอย่างช้าและลึกโดยใช้กล้ามเนื้อกะบังลมเป็นหลัก รวมทั้งมีจำนวนท่าโยคะที่มากกว่าและเป็นท่าที่มีการยืดของทรวงอกในทุกระดับ จึงอาจส่งผลให้ทรวงอกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ทรวงอกส่วนกลางขยายออกมากกว่าทรวงอกส่วนบน ลักษณะดังกล่าวช่วยยืดกล้ามเนื้อหายใจจึงทำให้ทรวงอกขยายตัวเพิ่มมากขึ้น แต่การศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากศึกษาเพียงเพศหญิง ดังนั้นควรมีการศึกษาผลการศึกษาโยคะในเพศชายในการศึกษาต่อไป

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยโยคะ 30 นาที/วัน 3 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ สามารถนำไปเป็นรูปแบบหนึ่งในการประยุกต์ใช้ในการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มการขยายตัวของทรวงอกและกล้ามเนื้อหายใจได้

1. Posadzki P, Ernst E, Terry R, Lee MS. Is yoga effective for pain? A systematic review of randomized clinical trials. *Complement Ther Med* 2011; 19(5): 281-7. doi: 10.1016/j.ctim.2011.07.004.
2. Monro R. Yoga therapy. *J Bodywork Mov Ther* 1997; 1: 215-8,.
3. Madanmohan, Thombre DP, Balakumar B, Nambinarayanan TK, Thakur S, Krishnamurthy N, et.al. Effect of yoga training on reaction time, respiratory endurance and muscle strength. *Indian J Physiol Pharmacol* 1992; 36(4): 229-33.
4. Javnbakht M, HejaziKenari R, Ghasemi M. Effects of yoga on depression and anxiety of women. *Complement Ther ClinPract*.2009; 15(2): 102-4. doi: 10.1016/j.ctcp.2009.01.003.
5. Hadi N1, Hadi N. Effects of hatha yoga on well-being in healthy adults in Shiraz, Islamic Republic of Iran. *East Mediterr Health J* 2007; 13(4): 829-37.
6. Williams KA, Petronis J, Smith D, Goodrich D, Wu J, Ravi N, et.al. Effect of Iyengar yoga therapy for chronic low back pain. *Pain* 2005; 115(1-2): 107-17.
7. Kurwale MV, Gadkari JV. Effect of yogic training on physiological variables in working women. *Indian J Physiol Pharmacol* 2014; 58(3): 306-10.
8. Vedala SR, Mane AB, Paul CN. Pulmonary functions in yogic and sedentary population. *Int J Yoga* 2014; 7(2): 155-9. doi: 10.4103/0973-6131.133904.
9. D'Souza CD, Avadhany ST. Effect of yoga training and detraining on respiratory muscle strength in pre-pubertal children: a randomized trial. *Int J Yoga* 2014; 7(1): 41–7. doi: 10.4103/0973-6131.123478.
10. Chanavirut R, Khaidjapho K, Jaree P, Pongnaratorn P. Yoga exercise increases chest wall expansion and lung volumes in young healthy Thais. *Thai Journal of Physiological Sciences* 2006; 19(1): 1-7.
11. CoelhoCM, LessaTT, Coelho LAMC, da Silva Scari R, Novo JMN, de Carvalho RM. Ventilatory function in female practitioners of hatha yoga. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2001; 13(4): 279-84. doi: 10.5007/1980-0037.2011v13n4p279

ผลของการออกกำลังกายด้วยเกมนินเทนโดวีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนอ้วนเพศหญิง

The effect of exercise with Nintendo Wii toward respiratory muscle strength in obese females

■ สรายุทธ มงคล*
Sarayoot Mongkol*

คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ กรุงเทพฯ
Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: gm_pt15@hotmail.com)
* Corresponding author (Email: gm_pt15@hotmail.com)

Received July 2016
Accepted as revised September 2016

Abstract

Introduction: Obesity is a major public health problem in many countries and trends to increase continuously. Moreover, it involves on respiratory muscle. Nintendo Wii is a specific exercise with enhancing motivation. However, there is no evidence of this exercise on the respiratory muscle strength.

Objective: To study the effect of Nintendo Wii exercise on respiratory muscle strength in obese females.

Materials and methods: Forty female subjects aged of 18-25 years old participated in the study. Peak inspiratory maximal pressure (PImax) and peak expiratory maximal pressure (PEmax) were evaluated at before and after exercise for 6 weeks (3 times per week).

Results: PImax and PEmax were increased significantly after exercise with Nintendo Wii compared with those before exercise ($p=0.003$).

Conclusion: The result suggests that exercise with dance game of Nintendo Wii for 6 weeks can improve strength of respiratory muscles in women with obesity.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 370-376. Doi: 10.14456/jams.2016.30

Keywords: Peak inspiratory maximal pressure (PImax), peak expiratory maximal pressure (PEmax), obesity, Nintendo Wii

บทคัดย่อ

บทนำ: โรคอ้วนเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขที่สำคัญในหลายประเทศ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โรคอ้วนยังส่งผลจำกัดการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ การออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวี เป็นเกมที่สามารถสร้างแรงจูงใจ แต่ยังไม่พบการศึกษาผลการออกกำลังกายด้วยเกมเดินต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจ

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจในผู้มีภาวะอ้วนเพศหญิง

วัสดุและวิธีการ: ผู้เข้าร่วมการศึกษาคือเพศหญิงสุขภาพดีจำนวน 40 ราย อายุระหว่าง 18-25 ปี ผู้เข้าร่วมการศึกษาก่อร่างด้วยเกมเดินนินเทนโดวีเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ต่อเนื่อง 6 สัปดาห์ โดยวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจเข้าและออกก่อนและหลังการออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวี

ผลการศึกษา: ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจเข้าและออกของผู้มีภาวะอ้วนเพศหญิงมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.003$)

สรุปผลการศึกษา: ผลการศึกษารูปว่า การออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวี จำนวน 6 สัปดาห์สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจเข้าและออกในผู้มีภาวะอ้วนเพศหญิงได้

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 370-376. Doi: 10.14456/jams.2016.30

คำรหัส: ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจเข้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจออก ภาวะอ้วน นินเทนโดวี

บทนำ

โรคอ้วนเป็นปัญหาในทุกประเทศทั่วโลก¹ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากวิถีการดำเนินชีวิตในปัจจุบันของคนเปลี่ยนไป เช่น นำเทคโนโลยีเข้าอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน ความเร่งรีบในการดำเนินชีวิต การรับประทานอาหารไม่ถูกหลักโภชนาการ และขาดการออกกำลังกาย ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาวะโรคอ้วน ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่กำลังเผชิญปัญหาโรคอ้วนจากการศึกษาพบว่า โรคอ้วนพบในสตรีไทยเป็นอันดับที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับ 10 ประเทศในอาเซียน² ปัญหานี้ทำให้รัฐบาลไทยต้องใช้งบประมาณของชาติในการรักษาพยาบาลโรคต่างๆ ที่เกิดภายหลังโรคอ้วนเป็นจำนวนมาก เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเส้นเลือด และโรคทางเดินหายใจ และปอดเป็นต้น¹⁻² โรคอ้วนทำให้มีการสะสมพลังงานส่วนเกินในรูปของไขมันตามร่างกายจนมีผลเสียต่อสุขภาพ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา ดังกล่าวข้างต้น คนอ้วนมักพบความบกพร่องของระบบทางเดินหายใจ³ ความต้องการออกซิเจนมากขึ้น⁴ และไขมันสะสมตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย

โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณกระบังลม สภาวะเหล่านี้ทำให้การยืดขยายของช่องอกลดลง⁴ กล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจต้องออกแรงหดตัวเพิ่มมากกว่าคนปกติเนื่องจากไขมันที่แทรกอยู่บริเวณชั้นกล้ามเนื้อจนเกิดภาวะล้า นอกจากนี้กล้ามเนื้อกระบังลมไม่สามารถหดตัวลดระดับต่ำลงได้ปกติขณะหายใจเข้า ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน ผู้ที่เป็นโรคอ้วนจึงมีอาการเหนื่อยหอบง่ายกว่าคนทั่วไป³⁻⁴ การออกกำลังกายจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการป้องกันภาวะอ้วนและช่วยเพิ่มความแข็งแรงของระบบต่างๆ ภายในร่างกายผู้ที่ออกกำลังกายได้

การออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมเดินนินเทนโดวีเป็นนวัตกรรมใหม่ที่เหมาะสมกับวิถีชีวิตผู้ใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้มีภาวะโรคอ้วนที่ไม่นิยมการออกกำลังกาย¹ นินเทนโดวี (Nintendo Wii) คือ เครื่องวิดีโอเกมผลิตโดยบริษัทนินเทนโด ปัจจุบันมีจำหน่ายและได้รับความสนใจแก่วงการผู้เล่นเกมทั่วโลก วงการแพทย์ มีความสนใจประยุกต์ใช้เครื่องนินเทนโดวีในการศึกษาวิจัยทางการแพทย์ร่วมด้วย เครื่องนินเทนโดวีเป็นเกมจำลองสภาพเสมือนจริง (virtual reality) ร่วมกับ

การแสดงผลข้อมูลแบบป้อนกลับ (visual feedback) แก่ผู้เล่นเกม เพื่อให้ทราบความถูกต้องและคะแนนของการเดิน เครื่องมือยังสามารถเล่นพร้อมกันได้มากที่สุด 4 คน ดังนั้น การเล่นเกมร่วมกันจึงทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่น เกิดความเพลิดเพลินทั้งทางร่างกายและจิตใจ จึงอนุมานว่าอาจมีส่วนช่วยลดความเครียดลงเนื่องจากในการเล่นเกมนี้นี้มีดนตรีประกอบเพื่อให้เกิดความสนุกสนาน⁵

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การออกกำลังกายโดยใช้วิดีโอเกมส่งผลให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพในการเผาผลาญพลังงานมากขึ้น⁶ ลดปัจจัยเสี่ยงที่เกิดจากภาวะอ้วน เช่น โรคหัวใจ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเส้นเลือด โรคทางเดินหายใจและปอด และลดการใช้งบประมาณของชาติในการจ่ายค่ารักษาพยาบาลสำหรับโรคอ้วน⁷ การศึกษาผลของเกมนินเทนโดวีต่อดัชนีมวลกายและระบบหัวใจและหลอดเลือดของคนอ้วนเพศหญิงจำนวน 15 คน อายุ 20.73 ± 1.44 ปี ออกกำลังกายด้วยเครื่องเล่นวิดีโอเกมนินเทนโดวี เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่ความหนักปานกลาง (60-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด) พบว่า สามารถลดดัชนีมวลกายและเพิ่มอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO_2 \max$) จึงเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดในคนอ้วน⁸ และเพิ่มประสิทธิภาพการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในคนอ้วนได้ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเกมนินเทนโดวีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนอ้วนเพศหญิง เพื่อให้คนอ้วนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการออกกำลังกายและนำความรู้จากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่ส่งผลกระทบต่อระบบหายใจในผู้ที่มีภาวะอ้วนได้

วัสดุและวิธีการศึกษา

1. รูปแบบการศึกษาและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

เป็นการศึกษาแบบทดลอง (experimental research design) และผ่านการรับรองจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ของวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ เลขที่รับรอง 022/2557 ศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครเพศหญิงที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 40 ราย ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ได้คำนวณอ้างอิงจากการศึกษาของสรายุทธ และคณะ⁹ ได้จำนวนประชากรจำนวน 16 ราย แต่เก็บข้อมูลของอาสาสมัครทั้งสิ้นจำนวน 40 ราย โดยมีเกณฑ์คัดเข้าคือมีดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก./ม²

เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหัวใจ โรคหอบหืด โรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (ข้อเข่าเสื่อม หมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท) มีความผิดปกติของการมองเห็น การได้ยิน และการสื่อสาร มีการบาดเจ็บของรยางค์แขน และขา การใช้

อุปกรณ์ช่วยเดิน และมีความดันโลหิตที่ไม่สามารถควบคุมได้

2. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

อาสาสมัครได้รับการอธิบายสิทธิในการยินยอมหรือปฏิเสธในระหว่างการเข้าร่วมงานวิจัยและการรักษาความลับข้อมูลของอาสาสมัครในวันที่ทำการทดสอบ และลงชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัย จากนั้นได้รับการประเมินก่อนการเข้าร่วมงานวิจัยจากคณะผู้วิจัย และ การใช้ polar heart rate monitor เพื่อใส่ในระหว่างการออกกำลังกายสำหรับบันทึกข้อมูลค่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย ผู้วิจัยแนะนำข้อมูลเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยเกมนินเทนโดวีโดยเครื่องเล่นวิดีโอเกมนินเทนโดวี ซึ่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย ขณะพัก วัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก (peak inspiratory maximal pressure (PImax) และ Peak expiratory maximal pressure (PEmax)) ก่อนการทดสอบด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจรุ่น MicroRPM®, Micromedical, England ทั้งนี้ ผู้ประเมินไม่ทราบข้อมูลของอาสาสมัคร

อาสาสมัครได้รับการสาธิตการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยเครื่องเล่นวิดีโอเกมนินเทนโดวีและให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองใช้เครื่องเล่นวิดีโอเกมนินเทนโดวีเพื่อปรับความคุ้นเคยก่อนได้รับการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมการออกกำลังกายเกมนินเทนโดวี ก่อนเริ่มโปรแกรมออกกำลังกายทุกครั้งในขณะพัก วัดความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ เพื่อความปลอดภัยและได้รับการใส่ polar heart rate monitor เพื่อใช้วัดอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกาย

การออกกำลังกายด้วยเครื่องเล่นวิดีโอเกมนินเทนโดวีใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ อาสาสมัครออกกำลังกายที่ระดับความหนักปานกลาง (60-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) 3 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาทีโดยการยืดกล้ามเนื้อ ช่วงการออกกำลังกายด้วยเกมนินเทนโดวีจนถึงชีพจรเป้าหมาย อาสาสมัครเดินตามท่าทางของเพลงที่กำหนด ในขณะที่ยืน จะมีการสอบถามอัตราการเต้นของหัวใจ และดูการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายจากการอ่านค่าจาก polar heart rate monitor หลังจากที่ย่อออกกำลังกายจนถึงชีพจรเป้าหมายแล้วและช่วงลดระดับความหนักของการออกกำลังกายลง เป็นระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นผู้วิจัยวัดอัตราการเต้นของหัวใจหลังการออกกำลังกายของอาสาสมัครทุก 2 นาที จนกระทั่งอัตราการเต้นของหัวใจลดลงใกล้เคียงกับอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก ทั้งนี้เพื่อพิจารณาการฟื้นตัวการทำงานของหัวใจพร้อมบันทึกระยะเวลาที่อัตราการเต้นของหัวใจกลับเข้า

สู่ภาวะปกติ

หลังจากสิ้นสุดการออกกำลังกายด้วยเครื่องเล่นวิดีโอเกม เต้นนินเทนโดวีเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยวัดสมรรถภาพ หลังการทดลองของอาสาสมัครภายใน 1 สัปดาห์หลังจากสิ้นสุด การออกกำลังกาย และนำค่าดัชนีมวลกาย ความดันโลหิต อัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจ และค่าความแข็งแรง ของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออก มาเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลองในการออกกำลังกาย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายผลเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน ของผู้เข้าร่วมการศึกษา ใช้สถิติ kolmogorov-smirnov พิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลและสถิติ paired samples t-test วิเคราะห์ความแตกต่างก่อนและหลังการออกกำลังกาย ด้วยโปรแกรม SPSS version 11.5 โดยกำหนดค่านัยสำคัญ ทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการศึกษา

การศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยเกมเต้น นินเทนโดวีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนอ้วน เพศหญิง อายุระหว่าง 18–25 ปี โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็น นักศึกษาวิทยาลัยเซนต์หลุยส์ ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กก/ม² จำนวน 43 ราย อาสาสมัครทุกรายได้รับการตรวจร่างกาย อย่างละเอียดโดยแพทย์เวชปฏิบัติ พบว่า มีอาสาสมัครไม่ผ่านเกณฑ์ การคัดเข้าจำนวน 3 ราย เนื่องจากมีภาวะลมชัก จำนวน 1 ราย และโรคหัวใจจำนวน 2 ราย จึงเหลือจำนวนอาสาสมัคร 40 ราย

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 1 ความดันโลหิต และอัตราการเต้นของหัวใจของอาสาสมัคร พบว่าน้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว โลหิตขณะหัวใจคลายตัว อัตราการเต้นของหัวใจ ก่อนและ หลังการออกกำลังกายด้วยเกมเต้นนินเทนโดวี มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว ของอาสาสมัครก่อนและหลังการออกกำลังกาย มีค่าเท่ากับ 66.53±5.46 กิโลกรัม 64.44±3.88 กิโลกรัม ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักตัวก่อนและหลังการออกกำลังกายมีความเปลี่ยนแปลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) แสดงว่าการออกกำลังกาย มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว มีค่าลดลงหลังจาก การออกกำลังกาย ค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายของอาสาสมัครก่อน และหลังการออกกำลังกาย มีค่า 26.19±1.75 กก/ม² และ 26.09±0.95 กก/ม² ตามลำดับ เปลี่ยนแปลงโดยลดลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$) แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกาย มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของดัชนีมวลกายมีค่าลดลงหลังจากการ ออกกำลังกาย

Table 1 The demographic data, blood pressure and heart rate of subjects.

Data	Before exercise with Nintendo Wii	After exercise with Nintendo Wii
Age (years)	20.76±0.83 (19-22)	20.76±0.83 (19-22)
Weight (kilograms)	66.53±5.46 (60-77)	64.44±3.88* (57-70)
Height (centimeters)	159.35±4.66 (150-168)	159.35±4.66 (150-168)
Body mass index (kg/m ²)	26.19±1.75 (24.33-28.67)	26.09±0.95* (24.06-27.12)
Resting systolic blood pressure (mmHg)	112.24±10.13 (100-135)	110.88±8.31* (100-130)
Resting diastolic blood pressure (mmHg)	76.24±8.04 (70-90)	65.35±6.99* (65-90)
Resting heart rate (beat/minute)	89.47±8.92 (76-100)	87.20±6.99* (67-100)

*Data present the mean ± SD (range) compared between before and after exercise with Nintendo Wii using paired samples t-test, significant, $p < 0.05$

สำหรับค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวของ อาสาสมัครพบว่าก่อนและหลังการออกกำลังกาย มีค่าเท่ากับ 112.24±10.13 mmHg และ 110.88±8.31 mmHg ตามลำดับ โดยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.03$) แสดงว่า การออกกำลังกายมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของความดันโลหิตขณะ หัวใจบีบตัวมีค่าลดลงหลังจากการออกกำลังกาย ส่วนค่าเฉลี่ย ของความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของอาสาสมัคร พบว่า ก่อนและหลังการออกกำลังกายมีค่าเท่ากับ 76.24±8.04 mmHg และ 65.35±6.99 mmHg ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการออก กกำลังกายช่วยลดความดันโลหิตขณะคลายหัวใจคลายตัวอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.03$)

จากการศึกษา ยังพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจของ อาสาสมัครก่อนและหลังการออกกำลังกายมีค่าลดลง กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยอัตราการเต้นของหัวใจก่อนและหลังเท่ากับ 89.47±8.92 ครั้ง/นาที และ 87.20±6.99 ครั้ง/นาที ตามลำดับ โดยเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$)

นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เข้า (PImax) ของอาสาสมัครมีค่าเท่ากับ 65.26±10.62 cmH₂O และ 69.53±10.58 cmH₂O ตามลำดับ และค่าความแข็งแรง ของกล้ามเนื้อหายใจออก (PEmax) มีค่าเท่ากับ 70.00±13.60 cmH₂O

และ 75.11 ± 12.19 cmH₂O ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.003$) แสดงว่าการออกกำลังกายมีผลทำให้

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการออกกำลังกาย

Table 2 Respiratory muscle strength before and after exercise with Nintendo Wii.

Respiratory muscle strength	Before exercise with Nintendo Wii	After exercise with Nintendo Wii
Peak inspiratory maximal pressure (PImax) (cmH ₂ O)	65.26±10.62 (54-75)	69.53±10.58* (67-79)
Peak expiratory maximal pressure (PEmax) (cmH ₂ O)	70.00±13.60 (65-78)	75.11±12.19* (70-83)

*Data present the mean $\pm$ SD (range) compared between before and after exercise with Nintendo Wii using paired samples t-test, significant, $p<0.05$

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนอ้วนเพศหญิง ผลการศึกษาพบว่าหลังจากสิ้นสุดการออกกำลังกายด้วยเครื่องเล่นเกมเดินนินเทนโดวีเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ด้วยระดับความหนักปานกลาง (60-75% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด) มีการเปลี่ยนแปลงของค่า PImax และ PEmax เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งหมายถึงสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้สอดคล้องกับการศึกษาของ McConnell และคณะที่พบว่า การควบคุมความหนักของการออกกำลังกายให้อยู่ในระดับปานกลาง และใช้ระยะเวลา 20-30 นาที ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้ามเนื้อหายใจได้¹⁰

การออกกำลังกายที่ระดับปานกลางให้ถึงชีพจรเป้าหมายส่งผลกระตุ้นให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวมากขึ้นและมีการสลายสารอาหารประเภทไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนเป็นพลังงานและเมื่อสภาวะระดับการออกกำลังกายคงที่ซึ่งจะทำให้การรับออกซิเจนจากเลือดมีค่าใกล้เคียงกับใช้ออกซิเจนของเนื้อเยื่อ¹¹ เมื่อหยุดการออกกำลังกาย การใช้ ออกซิเจนของเนื้อเยื่อจะค่อยๆ ลดลงสู่สภาวะปกติ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรต่างๆ ของระบบหัวใจและหลอดเลือดกับระบบหายใจจะเห็นว่า การเพิ่มปริมาณการสูบฉีดเลือดของหัวใจใน 1 นาที (cardiac output) การเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ และการเพิ่มอัตราการไหลเวียนของเลือดใน 1 นาที (stroke volume) จากการออกกำลังกายทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์อย่างเพียงพอ กับความต้องการของเมตาบอลิซึมในขณะนั้นซึ่งอาจมีการระบายอากาศเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มทั้งความลึกของการหายใจและอัตราส่วนการหายใจมากขึ้น¹² การศึกษาในครั้งนี้

เป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิค จึงส่งผลทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Chtara และคณะ ที่ศึกษาเปรียบเทียบผลของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต่อการฝึกวงจรแบบเจาะจง 4 สัปดาห์ พบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในร่างกายได้หลังจากการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ¹³

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลของการออกกำลังกายด้วยเกมเดินนินเทนโดวีต่อดัชนีมวลกายและระบบหัวใจและหลอดเลือดในคนอ้วนเพศหญิง โดยกำหนดความหนักที่ระดับปานกลางเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ (3 ครั้ง/สัปดาห์) ขึ้นไป มีผลทำให้ค่า VO₂ max เพิ่มขึ้น⁸ แสดงให้เห็นว่าการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดมีประสิทธิภาพดีขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ และการนำเกมนินเทนโดวีมาประยุกต์ใช้กับการออกกำลังกายสามารถสร้างแรงจูงใจในการออกกำลังกาย เพิ่มกิจกรรมทางกาย (physical activity) และเพิ่มความแข็งแรงของของกล้ามเนื้ออย่างชัดเจนและขาดไ้^{9,14-15} เนื่องจากเป็นเกมที่มีการจำลองสภาพเสมือนจริง (virtual reality) มีการแสดงข้อมูลแบบป้อนกลับผ่านจอภาพ (visual feedback) ส่งผลให้ผู้เล่นเกมทราบความถูกต้องเป็นคะแนนจากการเดินในแต่ละครั้ง สามารถสร้างแรงจูงใจและความมั่นใจในการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นเนื่องจากเกมนี้สามารถเล่นพร้อมกันได้หลายคน ส่งเสริมให้มีกิจกรรมทางกายและตอบสนองทางด้านจิต¹⁶⁻¹⁷ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการใช้เกมนินเทนโดวีออกกำลังกายในคนอ้วน ส่งผลให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพมากขึ้น^{8-9,15} ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่าค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งพบว่าน้ำหนักตัวและดัชนีมวลกายก็มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยเช่นกัน

สรุปผลการศึกษา

การออกกำลังกายด้วยเกมเต้นนินเทนโดวี ความหนัก 60-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนอ้วน เพศหญิงได้ รวมทั้งสร้างความเพลิดเพลิน สนุกสนานกับการออกกำลังกาย รวมทั้งอาจใช้เป็นทางเลือกในการออกกำลังกาย สำหรับกลุ่มคนที่มีภาวะอ้วนหรือมีปัญหาของกล้ามเนื้อหายใจได้ การศึกษาต่อไปควรมีการเปรียบเทียบโปรแกรมการออกกำลังกายระหว่างเกมเต้นนินเทนโดวีกับการออกกำลังกายชนิดอื่น

การศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีความแตกต่างกัน เช่น คนอ้วนระดับที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างคนอ้วนระดับที่ 2 หรือ ช่วงอายุที่มีความแตกต่างกัน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก วิทยาลัยเซนต์หลุยส์และขอบคุณอาสาสมัครทุกท่าน ในการให้ความร่วมมือจนงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Kantachuvessiri A. Obesity in Thailand. J Med Assoc Thai 2005; 88(4): 554-62.
2. Aekplakorn W, Mo-Suwan L. Prevalence of obesity in Thailand. Obes Rev 2009; 10(6): 589-92.2. doi: 10.1111/j.1467-789X.2009.00626.x.
3. Brown A, Siahpush M. Risk factors for overweight and obesity: results from the 2001 National Health Survey. Public Health 2007; 121(8): 603-13.
4. Mongkol S. The effect of obesity on respiratory and cardiovascular system. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2012; 45(3): 10-6 (in Thai)
5. Nintendo© Wii. Wii console, Wii feature. Nintendo of America incorporation; 2011 [updated 2011 Sep 5; cited 2015 Oct 4]. Available from: <http://www.nintendo.com/wii/console/>.
6. Lanningham FL, Foster RC, Mc Crady SK, Jensen TB, Mitre N, Levine JA. Activity-promoting video games and increased energy expenditure. J Pediatr 2009; 154(6): 819-23. doi: 10.1016/j.jpeds.2009.01.009.
7. Michael O. Physical activity guidelines for Americans; 2008 [updated 2012 Jan 23; cited 2015 Apr 15]. Available from <http://www.health.gov/paguidelines>.
8. Mongkol S, Pongsuwan P, Methanon P, Numhom R, Thapa T, Putthipiriya S. The effect of exercise with dance game of Nintendo Wii toward body mass index and cardiovascular system in obese women. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2013; 46(2): 122-30 (in Thai)
9. Siriphorn A, Chamonchant D. Wii balance board exercise improves balance and lower limb muscle strength of overweight young adults. J Phys Ther Sci 2015, 27: 41-6.
10. McConnell AK, Romer LM. Respiratory muscle training in healthy human: resolving the controversy. Int J Sports Med 2004; 25: 284-93.
11. American College of Sports Medicine. ACSM's guideline for exercise testing and prescription. 7th ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2006.
12. Katch VL, McArdle WD, Katch FI. Essential exercise physiology. Lippincott William & Wilkins. Baltimore. 2011.
13. Chtara M, Chaouachi A, Levin GT, Chaouachi M, Chamari K, Amri M, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. J Strength Cond Res 2008; 22(4): 1037-45.

14. Rodrigues GA, Felipe Dde S1, Silva E, De Freitas WZ, Higino WP, Da Silva FF, De Carvalho WR, Aparecido de Souza R. Acute cardiovascular responses while playing virtual games simulated by Nintendo Wii(®). *J Phys Ther Sci* 2015; 27(9): 2849-51.
15. Douris PC, McDonald B, Vespi F, Kelley NC, Herman L. Comparison between Nintendo Wii Fit aerobics and traditional aerobic exercise in sedentary young adults. *J Strength Cond Res* 2012; 26(4): 1052-7.
16. Tripette J, Murakami H, Gando Y, Kawakami R, Sasaki A, Hanawa S, et.al. Home-based active video games to promote weight loss during the postpartum period. *Med Sci Sports Exerc* 2014; 46(3): 472-8.
17. The effects of playing Nintendo Wii on depression, sense of belonging and social support in Australian aged care residents: a protocol study of a mixed methods intervention trial. *BMC Geriatrics* 2015; 15:1-8.

ฟีโนไทป์หลากหลายของเชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส ซีโรไทป์ 2 ที่แยกได้จากผู้ป่วยในภาคเหนือ ประเทศไทย โดยศึกษาจากการอยู่รอดในเลือด และซีรัม

Phenotypic variation of *Streptococcus Suis* Serotype 2 isolated from Northern Thai patients characterized by survival in human blood and serum

จิระพงษ์ ขิขุนทด ขวัญจิต ดวงสงค์ มานู เดอดอม หทัยรัตน์ ธนัญชัย*
Jeeraphong Khikhuntod Kwanjit Duangsonk Manu Deedom Hathairat Thananchai*

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย
Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: hathairat.t@cmu.ac.th)

* Corresponding author (Email: hathairat.t@cmu.ac.th)

Received July 2016

Accepted as revised September 2016

บทคัดย่อ

บทนำ: สเตรปโตคอคคัส ซูอิสเป็นหนึ่งในเชื้อก่อโรคจากสัตว์สู่คนที่สำคัญและพบทั่วโลก แม้มีการศึกษามากมายเกี่ยวข้องกับการก่อโรคของเชื้อแต่ก็ยังไม่สามารถระบุปัจจัยก่อโรคที่จำเพาะได้ อีกทั้งความสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์กับความสามารถในการก่อโรคมียังไม่มีความชัดเจน และมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ทางภูมิศาสตร์

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาการอยู่รอดในเลือดครบส่วนและในซีรัมมนุษย์ของเชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส ซีโรไทป์ 2 สายพันธุ์ต่างๆ

วัสดุและวิธีการ: เชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิส ซีโรไทป์ 2 จำนวนทั้งสิ้น 10 สายพันธุ์ แบ่งเป็นสายพันธุ์ที่แยกได้จากผู้ป่วยในภาคเหนือ ประเทศไทย จำนวน 9 สายพันธุ์ และจากสุกรปกติ 1 สายพันธุ์ นำมาศึกษาการอยู่รอดของเชื้อเมื่ออยู่ในเลือดครบส่วนและในซีรัมมนุษย์

ผลการศึกษา: พบว่าเชื้อที่แยกได้จากผู้ป่วย 3 สายพันธุ์ และจากสุกรปกติสามารถทนอยู่ในเลือดครบส่วนหลังจากบ่มเป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยเชื้อมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 93-208 ส่วนอีก 6 สายพันธุ์พบการเจริญลดลงโดยมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 59 จนถึงตรวจไม่พบการเจริญ ที่น่าสนใจคือมีเชื้อ 5 สายพันธุ์ที่ถูกทำลายเมื่อบ่มในซีรัมเป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 37.12-64.31 และเชื้อมีอัตราการรอดชีวิตเพิ่มขึ้นเมื่อบ่มร่วมกับซีรัมที่ผ่านความร้อน และพบว่าอัตราการอยู่รอดของเชื้อในเลือดครบส่วนหรือในซีรัมไม่มีความสัมพันธ์กับจีโนไทป์ หรืออาการแสดงของผู้ป่วย

สรุปผลการศึกษา: การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการอยู่รอดในเลือดครบส่วนและซีรัมของเชื้อขึ้นกับสายพันธุ์ของเชื้อ ส่วนจีโนไทป์ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการก่อโรคเพียง 3 ยีน (*sly*, *epf*, และ *mrp*) ไม่สามารถบอกได้ถึงฟีโนไทป์ของเชื้อ โดยเฉพาะการอยู่รอดในเลือดครบส่วนและซีรัมเนื่องจากเชื้อบางสายพันธุ์ถูกทำลายเมื่ออยู่ในซีรัมจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงองค์ประกอบในซีรัมที่สามารถฆ่าเชื้อสเตรปโตคอคคัส ซูอิสได้

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 377-388. Doi: 10.14456/jams.2016.31

คำรหัส: สเตรปโตคอคคัส ซูอิส เลือดครบส่วน ซีรัม การทดสอบการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

Abstract

Introduction: *Streptococcus suis* is one of the most important zoonotic pathogens worldwide. It can cause a wide range of diseases both in pigs and human including meningitis, endocarditis, arthritis and pneumonia. Although several virulence-associated factors have been characterized, specific virulence factors were not clearly defined. Moreover, the genotype of virulence-associated genes involved in virulence of *S. suis* was uncertain and varied between geographic areas.

Objective: To study phenotype of *S. suis* serotype 2 strains by human whole blood and serum bactericidal assays.

Materials and materials: Nine clinical *S. suis* serotype 2 strains isolated from Northern Thai infected individuals and one isolated from a healthy pig were used in this study. The viability of *S. suis* strains was determined after incubation in human whole blood or fresh serum.

Results: We found that three clinical strains and a pig strain resisted human blood after a four-hour incubation with survival rate ranging from 93-208%. In contrast, growth of the other six clinical strains was inhibited with a survival rate ranging from undetectable to 59%. Surprisingly, we found that five *S. suis* strains were killed in fresh serum after one hour of exposure with survival rates ranging from 37.12-64.31% and the survival of those strains were restored when incubated with heat-inactivated serum. Additionally, the survival of *S. suis* in human blood or serum was not associated with their virulence-associated genotypes or symptoms of the patients.

Conclusion: Our results suggested that survival of *S. suis* in human blood and serum was strain dependent. The only three virulence-associated genes (*sly*, *epf*, and *mvp*) could not determine the phenotypic character of *S. suis* particularly survival in human blood or serum. Since some *S. suis* strains loss their viability in human serum, further investigation of substances in serum involved in *S. suis* killing is warranted.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 377-388. Doi: 10.14456/jams.2016.31

Keywords: *Streptococcus suis*, human blood, serum, bactericidal assay

Introduction

Streptococcus (S.) suis is one of the most important zoonotic pathogens worldwide. *S. suis* can cause serious infections in humans, such as septicemia, endocarditis, and meningitis, especially for those who have occupationally closed contact to pigs or swine products.¹ In a recent global review, the greatest numbers of reported cases were found in Asia (90%). Thailand had the second highest number of worldwide reported cases (34%).² Human cases of *S. suis* infection in Thailand were first reported in 1987³ and streptococcal toxic shock-like syndrome (STSLS) was first identified in 1997.⁴ During 2013-2015, more than 700 cases have been reported and most of the cases were found in Northern Thailand.⁵ Among 33 serotypes described, *S. suis* serotype 2 is the most frequently

associated with human disease.⁶ Most of the serotype 2 human cases in Thailand were identified ST1 as found in Vietnam but different from the outbreak strains in Mainland China which were identified as ST7.²

S. suis transmits to humans via closed or direct contact with diseased pigs, consumption of pork-derived products or undercooked meat, and through abrasions of skin. However, human to human transmission has not yet been reported.^{7,8} Although many molecules including cell-associated proteins or extracellular proteins has been proposed as virulence factors, the association with pathogenesis remains poorly understood.⁹ Polysaccharide capsule (CPS) is one of the known virulence factors described. It protects *S. suis* against killing by macrophages and neutrophils *in vitro*.^{10,11} *S. suis* can produce a haemolysin

named suilysin (Sly) that can damage epithelial cells, endothelial cells, and macrophages. However, isogenic suilysin-negative mutants were still virulent in pig model of infection.¹² Moreover, *S. suis* can also produce extracellular protein factor (EF) and muraminidase-released protein (MRP) which have been proposed as additional virulence markers.⁹ Recently, MRP was found to improve anti-phagocytic ability of virulent strains from certain countries.¹³ However, the absence of this protein does not necessarily result in lack of virulence.^{13,14}

Many studies were attempted to demonstrate the correlation between virulence factors and pathogenesis. The European virulent strain, 31533 (*sly+*, *mrp+*, *epf+*) had a highly induced proinflammatory cytokine release during septic shock phase and was associated with meningitis development after septic shock phase in mouse model.¹⁵ Another European virulent strain, P1/7 (*sly+*, *mrp+*, *epf+*) was associated with porcine meningitis.¹⁶ The Chinese outbreak strains (*sly+*, *mrp+*, *epf+*), also primarily caused STSLS and meningitis in human.¹⁷ In addition, fifty percent of meningitis cases caused by *S. suis* in Vietnam were also infected with *sly+*, *mrp+*, *epf+* genotypes.¹⁸ It was likely that this genotype was correlated with STSLS and meningitis. However, piglets infected with the Canadian virulent strain, 89-1591 (*sly-*, *mrp-*, *epf-*) showed severe nervous signs correlated with CNS infection.¹⁴ In Thailand, most of meningitis cases were correlated with European and Chinese outbreak genotypes (*sly+*, *mrp+*, *epf+*) but non-meningitis cases were most related with *sly+*, *mrp-*, *epf-* genotypes.¹⁹ Interestingly, two STSLS cases from Chiang Mai and Lamphun hospitals in Thailand were infected with *sly-*, *mrp-*, *epf+* genotype which were different from Chinese outbreak strains.²⁰ These suggested that the relationship between virulence factors and pathogenesis remains unclear.

To cause severe diseases, *S. suis* must avoid the host immune system to survive in blood and disseminate to other tissues. The aim of this study was to phenotypically characterize the *S. suis* serotype 2 isolated from hospitalized patients in Northern Thailand by measuring the ability to survive in human blood and serum samples *in vitro*. We found that *S. suis* strains showed heterogeneous growing patterns in human blood despite the presence of a similar virulence associated genetic background. Interestingly, growth of some clinical strains was inhibited by fresh human serum. These results indicated that the ability of Thai clinical *S. suis* serotype 2 strains to survive in human blood and resistant to human serum were different in a strain dependent manner.

Materials and methods

1. Bacterial strains and growth condition

A total of 10 *S. suis* serotype 2 strains including 9 human strains isolated from human patients hospitalized in Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital and Lamphun Hospital, Northern region of Thailand, and one isolated from a healthy pig, were used in this study (Table 1). Bacteria, maintained as stock culture in 20% glycerol–Todd–Hewitt broth at -70°C, was grown overnight on Brain–Hearth Infusion (BHI) agar (Becton, Dickinson and Company, USA) at 37°C with 5% CO₂. Isolated colonies were inoculated in BHI broth and incubated for 16 hours at 37°C, 5% CO₂. The overnight cultures were subsequently grown in fresh BHI to mid log phase (OD₆₀₀ of 0.4–0.5). The cultures were then adjusted to OD₆₀₀ of 0.4 (approximately 10⁸ CFU/mL) with fresh BHI broth, washed twice and suspended in cold-phosphate buffer saline (PBS) pH 7.4.

Table 1 Clinical background, sequence type and profile of virulence-associated genes of *S. suis* strains Investigated in this Study.²⁰

Strain1	Origin	Site of isolation	Virulence-associated genes2	ST3 (ST complex)
MNCM 06	Meningitis	Blood, CSF	<i>cps2J</i> +/sly+/epf+/mrp+	1 (1)
MNCM 16	Meningitis	CSF	<i>cps2J</i> +/sly+/epf+/mrp+	1 (1)
MNCM 21	Meningitis	CSF	<i>cps2J</i> +/sly+/epf-/mrp-	101 (27)#
MNCM 50	Pulmonary Edema	Blood	<i>cps2J</i> +/sly+/epf-/mrp-	104 (27)#
MNCM 55	Septic Shock	Blood	<i>cps2J</i> +/sly-/epf-/mrp+	25 (27)#
LPH 03	Meningitis	Blood	<i>cps2J</i> +/sly-/epf-/mrp+	103 (27)#
LPH 12	Septic Shock	Blood	<i>cps2J</i> +/sly-/epf-/mrp+	25 (27)#
LPH 210/53	Septicemia	Blood	<i>cps2J</i> +/sly+/epf+/mrp+	ND
H 131/53	Septicemia	Blood	<i>cps2J</i> +/sly+/epf-/mrp-	ND
TSK 10.4	Healthy Pig	Tonsil	<i>cps2J</i> +/sly-/epf-/mrp+	ND

¹ MNCM were isolated from patients at Maharaj Nakorn Chiang Mai Hospital, Thailand. LPH and H were isolated from patients at Lamphun Hospital, Thailand.

² sly, suilysin gene; epf, extracellular protein factor gene; mrp, muraminidase-released protein gene; +, positive; -, negative.

³ ST, sequence type #ST25, ST101, ST103, and ST104 belong to the ST27 complex, only with a less-stringent approach that defines an ST complex by sharing of alleles at >5 of the 7 loci. ND; Not determined; CSF, cerebrospinal fluid

2. Bactericidal assay by human blood

Viability of *S. suis* in human blood was performed as previously described.¹³ Briefly, working cultures of *S. suis* (100 µL, 10⁴ CFU/mL) were combined with fresh heparinized human blood (900 µL) and incubated in shaking incubator at 37 °C. At which time (1, 2 and 4 hours), aliquots (20 µL) were incubated on ice for 20 minutes in hypotonic solution to lyse eukaryotic cells. Viable cell count was determined by plating diluted samples onto BHI agar. Percentage of live bacteria was subsequently calculated as [CFU on plate (hr_x)/CFU in original inoculum (hr₀)] × 100%.

3. Serum bactericidal activity

Serum bactericidal activity of normal human serum against *S. suis* serotype 2 was performed in a microtiter system.¹⁵ Briefly, working cultures of *S. suis* were diluted to approximately 10⁶ CFU/mL in BHI broth. Bacterial

suspension (12.5 µL) was added to microtiter plate wells. Fresh or heat-inactivated (56 °C, 30 min) serum (25.0 µL) was added. Finally, 12.5 µL of 0.85% NaCl was added to a final concentration of 50% (v/v). Microtiter plate was rotated to complete mixing and incubated at 37 °C, 5% CO₂ for one hour. Twenty µL of samples was diluted, spread onto BHI agar, incubated overnight at 37 °C, 5% CO₂ and bacterial colonies were counted. Percent of live bacteria was calculated as described above.

4. Statistical analysis

Data and statistical analysis were performed by Graphpad Prism software, and statistical significance of the survival in human serum was determined by unpaired two-tailed Student's t-test. Differences were considered statistically significant if the p value was <0.05.

Results

1. Survival of *S. suis* in whole blood

Since survival in bloodstream is an initial step to disseminate and cause systemic diseases during infection, we first investigated the growth of different *S. suis* strains in whole blood *in vitro*. At 1 hour post incubation, survival rates of *S. suis* could be divided into two groups as shown in Figure 1 and Table 2. The first group showed a survival

rate higher than 80 percent (83-97%). These included MNCM06 (97.58%), TSK10.4 (87.11%) and MNCM16 (83.83%). The survival rate of MNCM06 and TSK10.4 were increased at two hours of incubation, and at four hours the survival rates were continuously increased to more than 150 percent. In contrast, the growth of MNCM16 was steady throughout four hours of incubation.

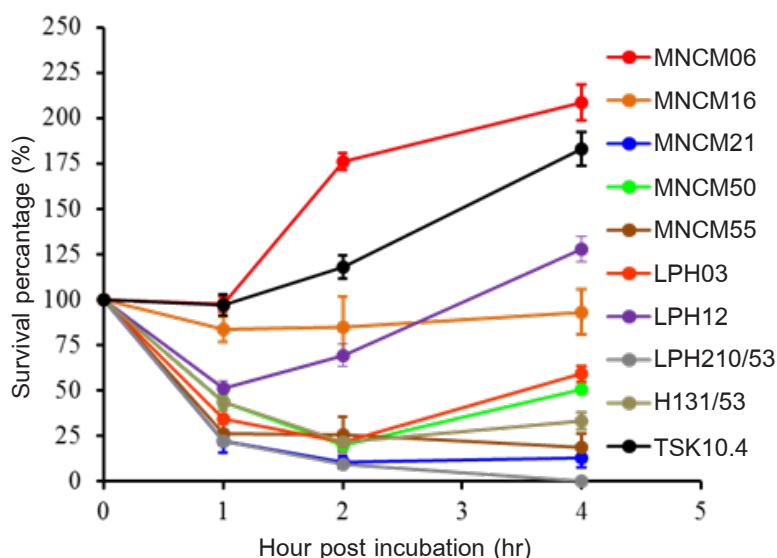


Figure 1 Survival rates of *S. suis* strains in human blood. Survival rate was evaluated by bactericidal assay. Data are expressed as percentage of survival ($\pm$ standard error of mean; SEM) in blood from 5 donors compared to total inoculum ($n=5$).

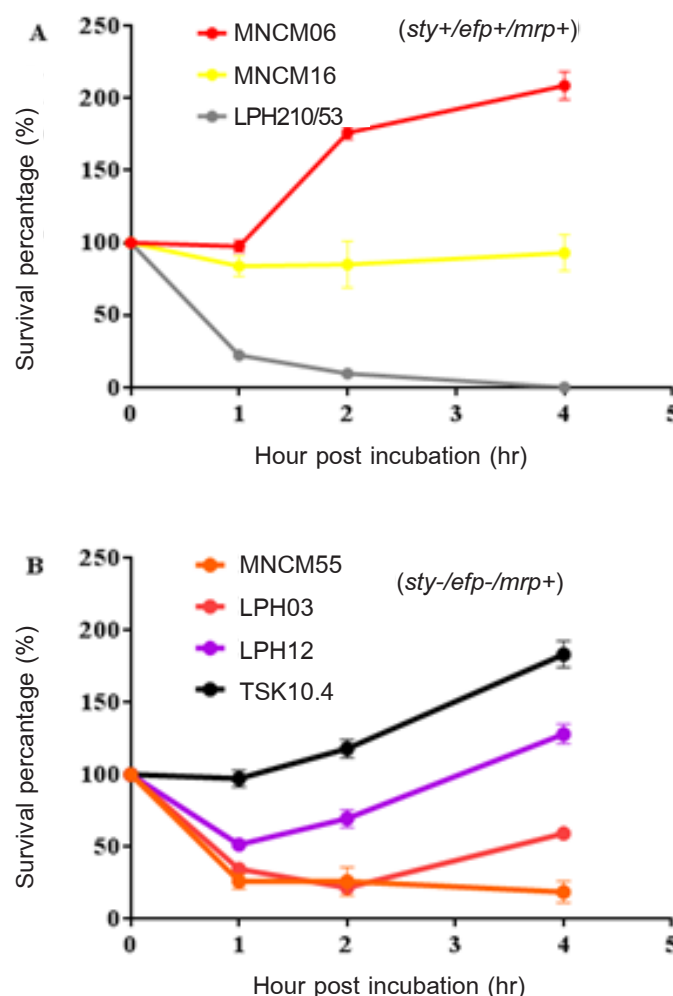
Table 2 Survival of *S. suis* strains in human blood and serum.

Strains	Survival percentage in human blood			Survival percentage in human serum	
	at time point (hr.) (% , mean $\pm$ SEM) (n=5)			(% , mean $\pm$ SEM) (n=6)	
	1	2	4	Fresh Serum	Heat-Inactivated Serum
MNCM06	97.58 $\pm$ 4.05	175.96 $\pm$ 4.49	208.55 $\pm$ 9.75	99.31 $\pm$ 2.81	143.92 $\pm$ 9.67
MNCM16	83.83 $\pm$ 7.03	85.04 $\pm$ 16.94	93.21 $\pm$ 12.47	83.45 $\pm$ 4.97	163.95 $\pm$ 3.56
MNCM21	21.93 $\pm$ 6.29	10.59 $\pm$ 3.59	12.63 $\pm$ 5.24	66.02 $\pm$ 3.60	158.99 $\pm$ 8.06
MNCM50	43.57 $\pm$ 3.05	19.64 $\pm$ 1.85	50.58 $\pm$ 1.64	96.63 $\pm$ 3.72	154.76 $\pm$ 7.63
MNCM55	26.11 $\pm$ 5.13	25.93 $\pm$ 9.76	18.64 $\pm$ 7.46	46.89 $\pm$ 6.67	139.38 $\pm$ 4.92
LPH03	34.54 $\pm$ 1.58	21.63 $\pm$ 1.96	59.17 $\pm$ 4.42	61.48 $\pm$ 3.74	106.45 $\pm$ 3.59
LPH12	51.47 $\pm$ 3.85	69.47 $\pm$ 6.07	127.98 $\pm$ 6.84	48.08 $\pm$ 4.23	130.09 $\pm$ 2.29
LPH210/53	22.29 $\pm$ 2.56	9.58 $\pm$ 1.80	0.00 $\pm$ 0.00	39.51 $\pm$ 3.09	69.84 $\pm$ 8.30
H131/53	43.53 $\pm$ 4.67	21.34 $\pm$ 3.00	33.02 $\pm$ 4.57	88.85 $\pm$ 3.87	124.68 $\pm$ 2.89
TSK10.4	97.11 $\pm$ 5.85	117.85 $\pm$ 6.34	183.07 $\pm$ 9.22	85.93 $\pm$ 3.50	189.08 $\pm$ 7.05

The second group with survival rate of approximately 51 percent or lower (21-51%) after one hour post incubation were LPH12 (51.47%), MNCM50 (43.57%), H131.53 (43.53%), LPH03 (34.54%), MNCM55 (26.11%), LPH210/53 (22.29%) and MNCM21 (21.93%). At 2 hours post incubation, survival rate of almost all strains, except LPH12, was slightly decreased to less than 25 percent (9-25%). After 4 hours of human blood incubation, survival rate of H131/53, MNCM50 and LPH03 was recovered to 33.02, 50.58 and 59.17%, respectively. In contrast, survival rates of other strains including MNCM55 (18.64%), MNCM21 (12.63%), and LPH210/53 (0.00%) was still decreased to lower than 20%. Interestingly, survival rate of LPH12 was increased to 69.47% at the second hour and rose to 127.98% at the fourth hour. However, survival in human blood of all strains was not different when concentration of *S. suis* was increased to 10^5 and 10^6 CFU/mL (data not shown).

2. Survival of *S. suis* in whole blood is genotype independent

A total of 10 *S. suis* strains can be divided into 3 groups based on presence or absence of virulence associated genes including *sly*, *epf* and *mrp* as shown in Figure 2. Three strains, MNCM06, MNCM16 and LPH210/53, were positive for all virulence associated genes (*sly*+/*epf*+/*mrp*+). The strains with *sly*-/*epf*-/*mrp*+ genotype were MNCM55, LPH03, LPH12 and TSK10.4. *S. suis* strains in these two groups showed various survival patterns with a wide range from 0 to 208% during the one to four hours post incubation as shown in Figures 2A and B. Interestingly, the last group including MNCM21, MNCM50, and H131/53 which were only *sly* positive (*sly*+/*epf*-/*mrp*-) exhibited a similar growth pattern during the experiment. Their survival rates decreased to lower than 50% at the first hour post incubation and stayed low until the fourth hour post incubation as shown in Figure 2C.



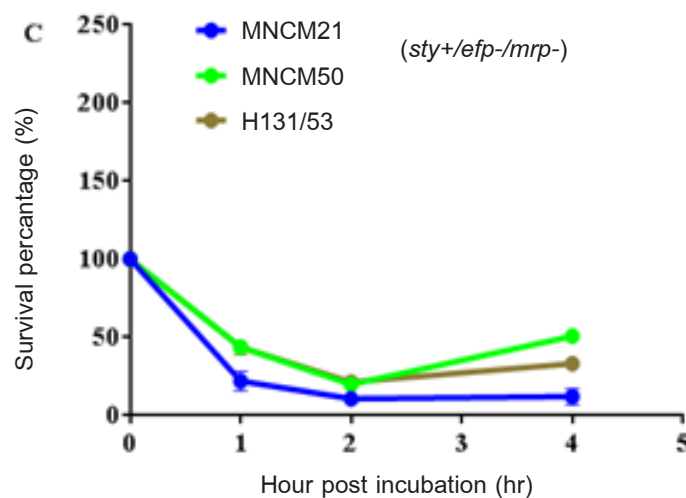


Figure 2 Survival of *S. suis* in whole blood is genotype independent. *S. suis* was divided into 3 groups based on virulence-associated gene including (*sly+/epf+/mrp+*, panel A), (*sly-/epf-/mrp+*, panel B) and (*sly+/epf-/mrp-*, panel C) ($n=5$). Data are expressed as mean $\pm$ SEM of survival rate in blood samples compared to total inoculum.

3. *S. suis* was resistant to human serum

Complement or other soluble substances in serum are important innate immune components to protect bacterial infection. Resistance of *S. suis* to human serum was then examined by performing a serum bactericidal activity test. Results showed that *S. suis* strains exhibited different growth in fresh human serum as shown in Figure 3. By means of the percentage of survival, *S. suis* strains can be divided into 2 groups, with more than 80%

and less than 80% survival. *S. suis* strains with a survival rate more than 80% were MNCM06 (96.47%), MNCM50 (94.87%), H131/53 (86.81%), TSK10.4 (86.76%), and MNCM16 (80.86%). The other five strains in which survival rate was less than 80% were MNCM21 (64.32%), LPH03 (59.27%), LPH12 (44.56%), MNCM55 (42.41%), and LPH210/53 (37.12%). Survival of all strains was restored when combined with heat-inactivated serum as shown in Figure 3.

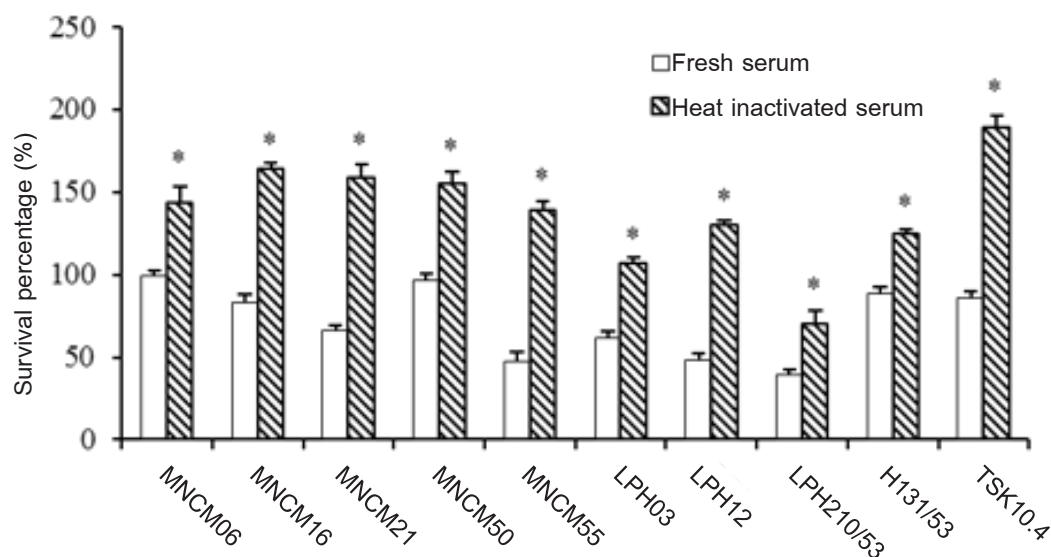


Figure 3 Survival rate of *S. suis* strains in human serum. Data are expressed as mean percentage of survival ($\pm$ SEM) in serum from 6 donors compared to total inoculum ($n=6$). Asterisk indicates that survival value of *S. suis* in heat inactivated serum was significantly higher than that of *S. suis* in fresh serum, at a $p<0.05$.

Discussion

S. suis is a zoonotic pathogen responsible for a various kinds of infections including septicemia, endocarditis, meningitis and septic shock. The incidence of human cases in Thailand has been increasing especially in the Northern region.⁵ Investigations of *S. suis* showed that not all serotype 2 strains were virulent, and degree of virulence varies among strains.²² Several *S. suis* putative virulence factors including CPS, MRP, EF and suilysin have been previously reported.⁹⁻¹⁴ However, many virulent strains lacked these factors.²³ Consistent with previous reports, *Kerdsin et al.* showed that clinical *S. suis* strains from Thailand were associated with various genotypes of virulence-associated genes.¹⁹

To cause systemic disease, *S. suis* must enter and survive in the bloodstream. Many virulence factors may support the ability to escape a variety of immune response such as phagocytosis and complement responses.⁹ In this study, we evaluated the ability of *S. suis* serotype 2 in surviving in human blood. Results showed that three human isolates and one pig isolate were resistant in human blood after a 4-hour incubation with high growth rates. In contrast, growth of other human isolates was inhibited by human blood which ranged from undetectable to 59% despite sharing of some virulence-associated genes. These results suggested that ability to survive in human blood may be dependent on virulence factors other than those 3 identified virulence-associated factors.¹¹

S. suis CPS plays an important role in protection against the immune system. It has poor immunogenicity and prevents *S. suis* from phagocytosis.^{24,25} CPS was also involved in the intracellular survival inside dendritic cells.²⁶ In addition, *S. suis* non-encapsulated mutant strains increased susceptibility to being killed by neutrophils, the most abundant type of granulocytes in blood circulation.^{10,11} In this study, all *S. suis* strains used were positive for *cps2J* gene but there were only four strains of *S. suis* that could survive more than 80% in human blood after 4 hours of incubation. A previous study showed that lower survival in human blood of Chinese STSLS isolate (05ZYH33) than that of German STSLS isolate (BK52339) was not due to reduction of capsule expression.²⁷ Screening for capsule formation by microscopic capsule staining method,²⁸

indicated that all strains were encapsulated (data not shown). Thus, it seems that capsule was not involved in growth of *S. suis* in human blood in our experimental setting.

Suilysin, a cholesterol-binding cytolysin, is involved in modulation of the interaction with various host cells.^{24,29} It is not only cytotoxic but reduces C3 deposition on bacteria.^{10,30} The latter is involved in complement-dependent killing by phagocytes. In this study, growth of *S. suis* in human blood varied among the *sly+* strains. We found that 2 *sly+* strains, MNCM06 and MNCM16, exhibited a higher proliferation rate in human blood than other *sly+* strains. A previous study demonstrated that increased SLY production in *S. suis* strain 05ZYH33 involved in higher resistance in bloodstream than non-epidemic strain 1940, a lower producing SLY strain, in murine model.³¹ Additionally, SLY producing strains were more resistant to neutrophils and macrophages than their isogenic mutant strain, and as a result, had a higher survival rate in bloodstream.¹⁰ However, there were some *sly-* strains that could also proliferate in human blood. Thus, the differential expression of SLY could only explain the distinct survival in human blood of *sly+* strains.

MRP is a fibrinogen binding protein with an LPxTG motif. It is not only found on cell wall surface but is detected in culture supernatant.³² MRP is involved in the survival in human blood of most Chinese and European clinical isolates. This process is independent of the inhibition of complement deposition on bacterial surface.¹³ Interesting, we found that the three *mrp-*, *sly+* strains similarly showed a low survival in human blood. These results were agreed with findings of *Pian et al.* in which MRP improved the anti-phagocytic ability of *S. suis* and this ability was decreased in a MRP mutant strain.¹³ However, the three *mrp+* strains also exhibited low growth in human blood. Thus, expression of MRP should be further verified.

Other factors supporting growth of *S. suis* in blood have been reported. The intracellular survival of *S. suis* was associated with arginine-ornithine antiporter (ArcD), a part of arginine deiminase system. This protein has supported resistance in a low pH environment and survival inside host cell. In contrast, ArcD mutant strain has a reduced ability to neutralize acidified environment

and correlated with a lower intracellular survival rate.³³ The acid resistance mechanism may support growth of *S. suis* inside phagolysosome and may lead to various proliferation in whole blood. Moreover, *S. suis* also produces other proteins which have been proposed as virulence factor/markers.⁹ For instance, DNase contributes to degradation of neutrophil extracellular trap and evasion of antimicrobial activity of the traps.³⁴ *S. suis* can digest host antimicrobial peptide by protease³⁵ and superoxide dismutase support the resistance to toxic substances from host cells.³⁶ Expression of these putative virulence markers could affect survival of *S. suis* resulting in a distinct growth of *S. suis* strains that share the same *sly*, *epf*, and *mrp* genes.

Serum bactericidal activity is one of the most important host defense mechanisms for preventing systemic invasion of serum sensitive bacteria. It can be distinguished into 2 groups, complement dependent and complement independent mechanism.^{37,38} In complement dependent mechanism, there are 3 different pathways to activate a complement cascade including classical (immune complex), alternative (pathogen surface, LPS) and lectin (mannose, ficolin) pathways.³⁹ Complement independent mechanism is associated with a group of anti-microbial peptides such as cathelicidin, alpha-defensin or protegrins produced by granulocytes, lysozyme, iron-binding protein, and beta-lysin.⁴⁰⁻⁴² Antimicrobial peptides inhibit or kill organism by direct and indirect mechanisms.⁴³ It is widely accepted that gram-negative bacteria in general are killed by complement mechanism.^{38,39} In contrast, gram-positive bacteria have often resisted direct killing by a complement because gram-positive cell walls are thick and the peptidoglycan layer constitutes almost 95% of the cell wall.^{38,39,44} Complement independent mechanism plays a key role in protection of gram positive bacteria.^{38,39} Peptidoglycan of gram-positive bacteria can be degraded by lysozyme and growth of bacteria is blocked by chelating iron transferrin.^{41,42}

We have evaluated the susceptibility of *S. suis* to human serum and found that 5 strains were serum resistant. Interestingly, other 5 strains were killed by fresh human serum and their viability was restored when combined with heat-inactivated serum. *Evelien et al.* have demonstrated

unidentified heat-labile components in serum other than complement that were responsible for killing serum sensitive bacteria at a high serum concentration.⁴⁵ In this study, *S. suis* was incubated with 50% human serum. Thus, it is possible that other known factors in serum such as lysozyme or undefined heat-labile factors may be involved in direct *S. suis* killing.

Conclusion

Our study indicated that ability of *S. suis* to survive in human blood and serum was strain dependent. The only 3 virulence-associated genes (*sly*, *epf*, and *mrp*) could not determine phenotypic character of *S. suis* particularly the survival in human blood or serum. Since some *S. suis* strains loss their viability in human serum, further investigation of substances in serum involving in *S. suis* killing is warranted.

Acknowledgements

The authors deeply thanked Associate Professor Prasit Tharavichitkul for providing all *S. suis* strains used in this study. This work was supported by the Faculty of Medicine, Chiang Mai University Fund.

References

1. Segura M, Vanier G, Al-Numani D, Lacouture S, Olivier M, Gottschalk M. Proinflammatory cytokine and chemokine modulation by *Streptococcus suis* in a whole-blood culture system. FEMS Immunol Med Microbiol 2006; 47(1): 92-106.
2. Goyette-Desjardins G, Auger JP, Xu J, Segura M, Gottschalk M. *Streptococcus suis*, an important pig pathogen and emerging zoonotic agent-an update on the worldwide distribution based on serotyping and sequence typing. Emerg Microbes Infect 2014; 3(6): e45.
3. Phuapradit P, Boongird P, Boonyakarnkul S, Niramarnsakul S, Ponglikitmongkol S, Vorachit M, et al. Meningitis caused by *Streptococcus suis*. Intern Med 1987; 3: 120-2.
4. Leelarasamee A, Nilakul C, Tien-Grim S, Srifuengfung S, Susaengrat W. *Streptococcus suis* toxic-shock syndrome and meningitis. J Med Assoc Thai 1997; 80(1): 63-8.
5. Thailand Ministry of Public Health Bureau of Epidemiology 2015. Laboratory surveillance of *Streptococcus suis*. Available from: <http://www.boe.moph.go.th/boedb/surdata/disease.php?ds=82>. Accessed 5 February 2016
6. Wisselink HJ, Smith HE, Stockhofe-Zurwieden N, Peperkamp K, Vecht U. Distribution of capsular types and production of muramidase-released protein (MRP) and extracellular factor (EF) of *Streptococcus suis* strains isolated from diseased pigs in seven European countries. Vet Microbiol 2000; 74(3): 237-48.
7. Normile D. Infectious diseases. WHO probes deadliness of China's pig-borne disease. Science 2005; 309(5739): 1308-9.
8. Ngo TH, Tran TB, Tran TT, Nguyen VD, Campbell J, Pham HA, et al. Slaughterhouse pigs are a major reservoir of *Streptococcus suis* serotype 2 capable of causing human infection in southern Vietnam. PLoS One 2011; 6(3): e17943.
9. Fittipaldi N, Segura M, Grenier D, Gottschalk M. Virulence factors involved in the pathogenesis of the infection caused by the swine pathogen and zoonotic agent *Streptococcus suis*. Future Microbiol 2012; 7(2): 259-79.
10. Chabot-Roy G, Willson P, Segura M, Lacouture S, Gottschalk M. Phagocytosis and killing of *Streptococcus suis* by porcine neutrophils. Microb Pathog 2006; 41(1): 21-32.
11. Houde M, Gottschalk M, Gagnon F, Van Calsteren MR, Segura M. *Streptococcus suis* capsular polysaccharide inhibits phagocytosis through destabilization of lipid microdomains and prevents lactosylceramide-dependent recognition. Infect Immun 2012; 80(2): 506-17.
12. Lun S, Perez-Casal J, Connor W, Willson PJ. Role of suilysin in pathogenesis of *Streptococcus suis* capsular serotype 2. Microb Pathog 2003; 34(1): 27-37.
13. Pian Y, Wang P, Liu P, Zheng Y, Zhu L, Wang H, et al. Proteomics identification of novel fibrinogen-binding proteins of *Streptococcus suis* contributing to antiphagocytosis. Front Cell Infect Microbiol 2015; 5:19.
14. Berthelot-Hérault F, Gottschalk M, Morvan H, Kobisch M. Dilemma of virulence of *Streptococcus suis*: Canadian isolate 89-1591 characterized as a virulent strain using a standardized experimental model in pigs. Can J Vet Res 2005; 69(3): 236-40.
15. Domínguez-Punaro MC, Segura M, Plante MM, Lacouture S, Rivest S, Gottschalk M. *Streptococcus suis* serotype 2, an important swine and human pathogen, induces strong systemic and cerebral inflammatory responses in a mouse model of infection. J Immunol 2007; 179(3): 1842-54.

16. King SJ, Leigh JA, Heath PJ, Luque I, Tarradas C, Dowson CG, et al. Development of a multilocus sequence typing scheme for the pig pathogen *Streptococcus suis*: identification of virulent clones and potential capsular serotype exchange. J Clin Microbiol 2002; 40: 3671–80.
17. Yu H, Jing H, Chen Z, Zheng H, Zhu X, Wang H, et al. Human *Streptococcus suis* outbreak, Sichuan, China. Emerg Infect Dis 2006; 12: 914-20.
18. Mai NT, Hoa NT, Nga TV, Linh le D, Chau TT, Sinh DX, et al. *Streptococcus suis* meningitis in adults in Vietnam. Clin Infect Dis 2008; 46(5): 659-67.
19. Kerdsin A, Dejsirilert S, Puangpatra P, Sripakdee S, Chumla K, Boonkerd N, et al. Genotypic profile of *Streptococcus suis* serotype 2 and clinical features of infection in humans, Thailand. Emerg Infect Dis 2011; 17: 835-42.
20. Takamatsu D, Wongsawan K, Osaki M, Nishino H, Ishiji T, Tharavichitkul P. *Streptococcus suis* in humans, Thailand. Emerg Infect Dis 2008; 14(1): 181-3.
21. Deeudom M, Huston W, Moir JW. Lipid-modified azurin of *Neisseria meningitidis* is a copper protein localized on the outer membrane surface and not regulated by FNR. Antonie Van Leeuwenhoek 2015; 107(4): 1107-16.
22. Vecht U, Wisselink HJ, van Dijk JE, Smith HE. Virulence of *Streptococcus suis* type 2 strains in newborn germfree pigs depends on phenotype. Infect Immun 1992; 60: 550–6.
23. Gottschalk M, Lebrun A, Wisselink H, Dubreuil JD, Smith H, Vecht U. Production of virulence-related proteins by Canadian strains of *Streptococcus suis* capsular type 2. Can J Vet Res 1998; 62: 75–9.
24. Baums CG and Valentin-Weigand P. Surface-associated and secreted factors of *Streptococcus suis* in epidemiology, pathogenesis and vaccine development. Anim Health Res Rev 2009; 10: 65-83.
25. Segura M, Gottschalk M, Olivier M. Encapsulated *Streptococcus suis* inhibits activation of signaling pathways involved in phagocytosis. Infect. Immun 2004; 72: 5322–30.
26. Lecours MP, Segura M, Lachance C, Mussa T, Surprenant C, Montoya M, et al. Characterization of porcine dendritic cell response to *Streptococcus suis*. Vet Res 2011; 42: 72.
27. Eisenberg T, Hudemann C, Hossain HM, Hewer A, Tello K, Bandorski D, et al. Characterization of Five Zoonotic *Streptococcus suis* Strains from Germany, Including One Isolate from a Recent Fatal Case of Streptococcal Toxic Shock-Like Syndrome in a Hunter. J Clin Microbiol 2015; 53: 3912–5.
28. Wise AJ, Hogan JS, Cannon VB, Smith KL. Phagocytosis and serum susceptibility of *Escherichia coli* cultured in iron-deplete and iron-replete media. J Dairy Sci 2002; 85(6): 1454-9.
29. Segura M, Gottschalk M. Extracellular virulence factors of streptococci associated with animal diseases. Front Biosci 2004; 9: 1157–88.
30. Lecours MP, Gottschalk M, Houde M, Lemire P, Fittipaldi N, Segura M. Critical Role for *Streptococcus suis* Cell Wall Modifications and Suilysin in Resistance to Complement-Dependent Killing by Dendritic Cells. J Infect Dis 2011; 204: 919–29.
31. He Z, Pian Y, Ren Z, Bi L, Yuan Y, Zheng Y. Increased production of suilysin contributes to invasive infection of the *Streptococcus suis* strain 05ZYH33. Mol. Med. Report 2014; 10: 2819-26.
32. Vecht U, Wisselink HJ, Stockhofe-Zurwieden N, Smith HE. Characterization of virulence of the *Streptococcus suis* serotype 2 reference strain Henrichsen S 735 in newborn gnotobiotic pigs. Vet Microbiol 1996; 51(1-2): 125-36.
33. Fulde M, Willenborg J, Huber C, Hitzmann A, Willms D, Seitz M, et al. The arginine-ornithine antiporter ArcD contributes to biological fitness of *Streptococcus suis*. Front Cell Infect Microbiol 2014; 4: 107.

34. de Buhr N, Neumann A, Jerjomiceva N, von K ckritz-Blickwede M, Baums CG. *Streptococcus suis* DNase SsnA contributes to degradation of neutrophil extracellular traps (NETs) and evasion of NET-mediated antimicrobial activity. *Microbiology* 2014; 160(Pt 2): 385-95.
35. Bonifait L, Vaillancourt K, Gottschalk M, Frenette M, Grenier D. Purification and characterization of the subtilisin-like protease of *Streptococcus suis* that contributes to its virulence. *Vet. Microbiol* 2011; 148: 333-40.
36. Fang L, Shen H, Tang Y, Fang W. Superoxide dismutase of *Streptococcus suis* serotype 2 plays a role in anti-autophagic response by scavenging reactive oxygen species in infected macrophages. *Vet. Microbiol* 2015; 176: 328-36.
37. Tillett WS. The streptococcal action of the acute phase serum from patients. In *Streptococcal Infections*. Ed. Columbia Univ. Press, New York, 1954; pp 109-19.
38. Myrvik QN, Weiser RS. Studies on antibacterial factors in mammalian tissues and fluids. I. A serum bactericidin for *Bacillus subtilis*. *J Immunol* 1955; 74(1): 9-16.
39. Sarma JV, Ward PA. The complement system. *Cell Tissue Res* 2011; 343(1): 227-35.
40. Reddy KV, Yedery RD, Aranha C. Antimicrobial peptides: premises and promises. *Int J Antimicrob Agents* 2004; 24(6): 536-47
41. Nash JA, Ballard TN, Weaver TE, Akinbi HT. The peptidoglycan-degrading property of lysozyme is not required for bactericidal activity in vivo. *J Immunol* 2006; 177(1): 519-26.
42. Rooijackers SH, Rasmussen SL, McGillivray SM, Bartnikas TB, Mason AB, Friedlander AM, et al. Human transferrin confers serum resistance against *Bacillus anthracis*. *J Biol Chem* 2010; 285(36): 27609-13.
43. Yeaman MR, Yount NY. Mechanisms of antimicrobial peptide action and resistance. *Pharmacol Rev* 2003; 55(1): 27-55.
44. Barnes AC, Young FM, Horne MT, Ellis AE. *Streptococcus iniae*: serological differences, presence of capsule and resistance to immune serum killing. *Dis Aquat Organ* 2003; 53(3): 241-7.
45. Berends ET, Mohan S, Miellet WR, Ruyken M, Rooijackers SH. Contribution of the complement Membrane Attack Complex to the bactericidal activity of human serum. *Mol Immunol* 2015; 65(2): 328-35.

การพัฒนาวิธี tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR)
สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนเนลที่เกี่ยวข้องกับการดื้อทาน
ต่อสารไพรีทรอยด์ในยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus*

Development of tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) for the detection of L1014F
mutation in sodium channel gene associated with pyrethroid resistance
in mosquito *Culex quinquefasciatus*

■ เสาวนีย์ ชำนาญยา ปรชญา สมบูรณ์ นงคราญ ลำจวน จินตนา ยาโนละ*
Saowanee Chamnanya Pradya Somboon Nongkran Lumjuan Jintana Yanola*

¹ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

¹Department of Parasitology, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

²Research Institute for Health Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

³แขนงวิชาจุลทรรศน์ศาสตร์คลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่

³Division of Clinical Microscopy, Department of Medical Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: jinny_011@hotmail.com, jintana.y@cmu.ac.th)

* Corresponding author (Email: jinny_011@hotmail.com, jintana.y@cmu.ac.th)

Received July 2016

Accepted as revised August 2016

Abstract

Introduction: Extensive use of insecticides in both agriculture and public health pest control has led to resistance of several mosquito species and other insects. *Culex quinquefasciatus*, an important mosquito vector of urban Bancroftian filariasis, has been reported to be resistant to pyrethroid insecticides in several countries including Thailand. Knockdown resistance (*kdr*) to pyrethroid in the *Cx. quinquefasciatus* is usually associated with L1014F mutation in sodium channel gene.

Objectives: To develop the tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) assay for detection of L1014F mutation in *Cx. quinquefasciatus* and to compare the sensitivity and specificity of this assay with DNA sequencing method.

Materials and methods: The deltamethrin resistant *Cx. quinquefasciatus* (Cq_CM_R) mosquitoes were extracted and used as a DNA template for the optimization of tetra-primer AS-PCR assay. PCR amplification of sodium channel gene and DNA sequencing were performed. Genotyping results of L1014F mutation for laboratory and wild-caught *Cx. quinquefasciatus* mosquitoes obtained from the tetra-primer AS-PCR and DNA sequencing methods were compared.

Results: Tetra-primer AS-PCR method was successfully developed to detect L1014F mutation. Testing of 136 laboratory and wild-caught *Cx. quinquefasciatus* mosquitoes, the developed assay provided the genotyping results consistent with DNA sequencing. Sensitivity and specificity of tetra-primer AS-PCR method were comparable to those of DNA sequencing method.

Conclusion: Developed tetra-primer AS-PCR assay is a simple PCR-based method with high sensitivity and specificity to detect L1014F mutation in *Cx. quinquefasciatus* mosquitoes. This assay is useful for rapid detection of L1014F mutation which is essential for monitoring resistance to pyrethroid in vector control program.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 389-399. Doi: 10.14456/jams.2016.29

Keywords: *Culex quinquefasciatus*, knock down resistance, pyrethroid resistance, tetra-primer AS-PCR

บทคัดย่อ

บทนำ: การใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างแพร่หลายในการควบคุมแมลงทั้งด้านการเกษตรและทางการแพทย์ ก่อให้เกิดการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงในยุงและแมลงหลายชนิด ยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) เป็นยุงพาหะที่สำคัญของโรคพยาธิฟิลาเรียในเขตเมือง สามารถต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดไพรีทรอยด์ในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทย การต้านทานแบบ knockdown resistance (*kdr*) ต่อสารไพรีทรอยด์ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* มีความเกี่ยวข้องกับการกลายพันธุ์ L1014F ในยีนโซเดียมแชนแนลซึ่งเป็นตำแหน่งออกฤทธิ์

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาวิธี tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และเปรียบเทียบความไวและความจำเพาะของวิธีนี้กับวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

วัสดุและวิธีการ: สกัดดีเอ็นเอของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* สายพันธุ์ Cq_CM_R ซึ่งต้านทานต่อสารเตลต้าเมทริน และใช้เป็นดีเอ็นเอต้นแบบสำหรับศึกษาสถานะที่เหมาะสมของวิธี tetra-primer AS-PCR เพื่อตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F จากนั้นเพิ่มขยายชิ้นส่วนยีนโซเดียมแชนแนลด้วยวิธี PCR และตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ สุดท้ายเปรียบเทียบผลการตรวจจีโนมไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ที่ได้จากวิธี tetra-primer AS-PCR และวิธีตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

ผลการศึกษา: วิธี tetra-primer AS-PCR เป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาจนสำเร็จเพื่อใช้ตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F โดยทดสอบในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* สายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและสายพันธุ์ที่จับจากภาคสนาม จำนวน 136 ตัว ผลการตรวจลักษณะจีโนมไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้ ให้ผลถูกต้องตรงกับผลการตรวจด้วยวิธีวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ อีกทั้งความไวและความจำเพาะของวิธี tetra-primer AS-PCR สามารถเทียบเคียงได้กับวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

สรุปผลการศึกษา: วิธี tetra-primer AS-PCR ที่พัฒนาขึ้น เป็นวิธีการตรวจดีเอ็นเออย่างง่าย มีความไวและความจำเพาะสูง สำหรับตรวจการกลายพันธุ์ L1014F ในยุง *Cx. quinquefasciatus* วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสม ทำได้รวดเร็ว เป็นประโยชน์สำหรับตรวจติดตามการต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ในการควบคุมยุงโดยใช้สารเคมีกำจัดแมลง

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 389-399 Doi: 10.14456/jams.2016.29

คำรหัส: ยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus* การต้านทาน knockdown การต้านทานต่อสารไพรีทรอยด์ tetra-primer AS-PCR

บทนำ

ยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus* เป็นยุงพาหะที่สำคัญของโรคพยาธิฟิลาเรีย ชนิด Bancroftian filariasis ซึ่งเกิดจากเชื้อปรสิต *Wuchereria bancrofti* ทั่วโลกพบการระบาดใน 73 ประเทศและมีผู้ป่วยประมาณ 120 ล้านคน รวมถึงประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งมีรายงานพบผู้ติดเชื้อในประเทศเมียนมาร์ อินโดนีเซีย และไทย^{1,2} ประเทศไทยมีพื้นที่ระบาดของโรคอยู่ในจังหวัดแถบแนวชายแดนไทย-เมียนมาร์ ได้แก่ แม่ฮ่องสอน ตาก และกาญจนบุรี มียุงลายป่า (*Aedes niveus* subgroup) เป็นพาหะ^{3,4} เชื้อพยาธิฟิลาเรีย *W. bancrofti* มีรายงานการตรวจพบในแรงงานชาวเมียนมาร์ที่ทำงานในประเทศไทย มีอุบัติการณ์การติดเชื้อร้อยละ 2 ถึง 8^{4,5} ยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ซึ่งเป็นยุงที่พบมากในแหล่งชุมชนเมืองหรือชุมชนแออัด เป็นพาหะสำคัญในเขตเมืองของหลายประเทศ⁶⁻⁸ ปัจจุบัน ประเทศไทยได้เข้าสู่ประชาคมอาเซียน มีการเคลื่อนย้ายของกลุ่มคนจากประเทศที่มีการระบาดของโรคเข้ามาใน

ประเทศไทย ประชากรเหล่านั้นอาจนำเชื้อปรสิตนี้เข้ามา ทำให้ประชากรไทยมีโอกาสติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น และอาจทำให้เกิดการระบาดของโรคได้ในประเทศไทย เนื่องจากยุงชนิดนี้ในประเทศไทยมีความไวต่อการรับเชื้อ (susceptibility) ได้ดี⁶⁻⁸ ดังนั้น จึงควรมีแนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกันและควบคุมโรค โดยเฉพาะการควบคุมยุงพาหะนำโรค

ปัจจุบันการใช้สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์เป็นหนึ่งในแนวทางที่สำคัญในการควบคุมยุงพาหะนำโรคของประเทศไทย⁹ เนื่องจากมีฤทธิ์ต่อแมลงสูงแต่มีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมต่ำ อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีกำจัดแมลงในปริมาณมากและเป็นระยะเวลานาน ทั้งในทางการแพทย์เพื่อควบคุมยุงหรือแมลงพาหะนำโรค และทางเกษตรเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืช ทำให้มีการต้านทานต่อสารเคมีของยุงหรือแมลงหลายชนิด รวมถึงยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* มีรายงานการต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ในเขตภาคเหนือและภาคกลาง¹⁰⁻¹³ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากการใช้สารเคมีปริมาณมากใน

การควบคุมยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออกในรูปแบบต่างๆ สารเคมีเหล่านี้มีอาจปนเปื้อนในแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ซึ่งอาศัยอยู่ในเมืองเช่นเดียวกับยุงลาย^{11,14} การเลือกใช้สารเคมีกำจัดแมลงในการควบคุมยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* จึงควรพิจารณาถึงความไวของสารเคมีกำจัดแมลงแต่ละชนิดต่อยุงรำคาญ และกลไกการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง เพื่อสามารถกำจัดยุงรำคาญและควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของยุงทำให้เป็นอัมพาตและตายอย่างทันที (knockdown effect) การต้านทานต่อสารเคมีไพรีทรอยด์มีกลไกที่สำคัญ คือ การต้านทานแบบ Knockdown resistance (*kdr*) เกี่ยวข้องกับการกลายพันธุ์ของยีนโซเดียมแชนแนลซึ่งเป็นตำแหน่งเป้าหมายออกฤทธิ์ของสารเคมีไพรีทรอยด์ โดยส่งผลให้โครงสร้างของโซเดียมแชนแนลเปลี่ยนแปลงไปและสูญเสียความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง¹⁵ กลไกการต้านทานต่อสารเคมีไพรีทรอยด์ชนิด *kdr* ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* เกี่ยวข้องกับการกลายพันธุ์ของยีนโซเดียมแชนแนลที่กรดอะมิโนตำแหน่ง 1014 ซึ่งกรดอะมิโนไลซีนเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีนหรือเรียกว่า การกลายพันธุ์ L1014F พบในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* จากหลายประเทศ¹⁶⁻²⁰ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งพบการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนแนล ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ที่เก็บจากพื้นที่ต่างๆ กว่า 6 จังหวัดบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย นอกจากนี้ ยังพบว่า การกลายพันธุ์ L1014F มีความสัมพันธ์กับการต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน ในประชากรยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ของประเทศไทย¹³

การตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* สามารถทำได้หลายวิธี เช่น conventional AS-PCR^{19, 21-23} Hot Oligo Ligation Assay (HOLA)²⁰ ABI Prism SNaPshot Multiplex²⁴ Single probe/Melting curve analysis ด้วยเครื่อง Real time PCR²⁵ และ Pyrosequencing¹⁸ แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน วิธี conventional AS-PCR เป็นวิธีที่นิยมใช้แพร่หลาย มีราคาต้นทุนไม่สูง แต่ความไวและความจำเพาะค่อนข้างต่ำ ขั้นตอนการทำยุ่งยากต้องทดสอบใน 2 หลอดต่อหนึ่งตัวอย่าง จึงสามารถตรวจหาจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ได้ วิธี HOLA มีขั้นตอนการทำที่ยุ่งยากถึง 16 ขั้นตอน ส่วนวิธี ABI Prism SNaPshot Multiplex วิธี Single probe/Melting curve analysis ด้วยเครื่อง Real time PCR และวิธี Pyrosequencing มีราคาสูงแม้จะให้ผลที่มีความไวและความจำเพาะมาก สำหรับประเทศไทย การตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์¹³ ซึ่งเป็นวิธีที่ซับซ้อน ยุ่งยาก ใช้เวลานาน และต้นทุนสูง ซึ่งอาจไม่เหมาะสมสำหรับยุงรำคาญ

จากภาคสนามที่มีจำนวนตัวอย่างมาก ส่วนวิธีการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างง่าย มีเพียงวิธี conventional AS-PCR และวิธี TaqMan SNP ที่ใช้สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ F1534C ในยุงลาย *Aedes aegypti*²⁶ ดังนั้น การตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างง่าย สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ด้วยวิธี tetra-primer allele specific PCR (tetra-primer AS-PCR) จึงควรมีการพัฒนาขึ้น วิธี tetra-primer AS-PCR เป็นวิธีที่มีความไว ความจำเพาะ และให้ผลการตรวจที่รวดเร็ว เป็นวิธีที่พัฒนาจากวิธี conventional AS-PCR ที่ใช้สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F และ F1534C ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และยุงลาย *Ae. aegypti* ตามลำดับ^{19, 26}

การศึกษาค้นคว้านี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างง่ายด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR สำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนแนลในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และเปรียบเทียบความไวและความจำเพาะของวิธี tetra-primer AS-PCR กับวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

วัสดุและวิธีการศึกษา

1. ตัวอย่างยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* และการเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างยุงรำคาญที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* สายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ Cq_CM_R และยุงที่เก็บจากภาคสนาม ยุงรำคาญสายพันธุ์ Cq_CM_R เป็นยุงที่เก็บจาก จ. เชียงใหม่ และได้รับการคัดเลือกในห้องปฏิบัติการให้เป็นยุงที่ต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน¹³ งานวิจัยครั้งนี้เลือกศึกษาในยุงรำคาญรุ่นที่ 1 รุ่นที่ 2 และรุ่นที่ 3 ซึ่งกำหนดชื่อเป็นสายพันธุ์ Cq_CM_RF1 สายพันธุ์ Cq_CM_RF2 และสายพันธุ์ Cq_CM_RF3 ตามลำดับ โดยเป็นยุงรำคาญตัวเต็มวัย *Cx. quinquefasciatus* ที่ได้จัดเก็บไว้ในหลอดไมโครทิวบ์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ส่วนยุงรำคาญที่เก็บจากภาคสนาม เป็นยุงรำคาญที่เก็บจากพื้นที่ในเขตชุมชนเมือง จาก 6 จังหวัดในภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา และแพร่ ซึ่งมีอัตราการตายจากการทดสอบความไวต่อสารเคมีเดลต้าเมทรินตามที่มีรายงานไว้โดย Yanola et al¹³ เก็บยุงรำคาญในระยะตัวอ่อน และตัวโม่ง โดยวิธีการตักจากแหล่งเพาะพันธุ์น้ำเน่าเสีย นำมาเลี้ยงจนเจริญเป็นยุงตัวเต็มวัยในห้องเลี้ยงแมลงภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายใต้การควบคุมสภาวะภายในห้องเลี้ยงที่เหมาะสม มีอุณหภูมิเท่ากับ 25-27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% และ

ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ จากนั้นจำแนกตัวอย่างยุงตามลักษณะสัณฐานวิทยา²⁷ และจัดเก็บยุงรำคาญตัวเต็มวัย *Cx. quinquefasciatus* ในหลอดไมโครทิวบ์ขนาด 1.5 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการแยกสกัด genomic DNA ต่อไป

2. การแยกสกัด Genomic DNA จากยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus*

แยกสกัด Genomic DNA ด้วยวิธีการแยกสกัดจากยุงทั้งตัวจำนวนหนึ่งตัว โดยบดยุงให้ละเอียดในน้ำยาสำเร็จรูป DNAzol reagent (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที ปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที ตูดเก็บส่วนใสมาผสมกับ absolute ethanol ปริมาตร 50 ไมโครลิตร เพื่อตกตะกอน DNA จากนั้นปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และล้างตะกอน DNA จำนวน 2 ครั้ง ด้วย 70% ethanol ที่ตกตะกอน DNA ให้แห้ง และละลายด้วยน้ำกลั่นปราศจากสิ่งปนเปื้อน ปริมาตร 20 ไมโครลิตร วัดความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของ Genomic DNA โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 260 และ 280 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง NANODrop 2000 spectrophotometer (Thermo Scientific, USA)

3. การออกแบบไพรเมอร์สำหรับตรวจการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนเนล

การตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนเนล

ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR ใช้ไพรเมอร์ จำนวน 4 สาย ได้แก่ ไพรเมอร์ common reverse²⁸ จำนวน 1 สาย และไพรเมอร์ forward จำนวน 3 สาย ซึ่งประกอบด้วย ไพรเมอร์ common forward²⁶ จำนวน 1 สาย และไพรเมอร์ specific forward จำนวน 2 สาย (ไพรเมอร์ F1014-f และไพรเมอร์ L1014-f) ลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์ทั้ง 4 สาย (Table 1)

สำหรับไพรเมอร์ specific forward มีการออกแบบโดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* จากฐานข้อมูลของ Genbank accession number KM377241-2¹³ และ Vectorbase number CPIJ007595-RA²⁹ เป็นลำดับนิวคลีโอไทด์อ้างอิง การออกแบบไพรเมอร์ F1014-f และไพรเมอร์ L1014-f ให้จำเพาะสำหรับตรวจการมีหรือไม่มี การกลายพันธุ์ L1014F ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 เติมนิวคลีโอไทด์ที่ mismatch กัน ในตำแหน่งที่ 3 ของสายนิวคลีโอไทด์จากด้านปลาย 3' โดยเปลี่ยนชนิดของนิวคลีโอไทด์จากพิวรีน (purine) เป็นไพริมิดีน (pyrimidine) ให้ไพรเมอร์มีค่า Tm ระหว่าง 62-75 องศาเซลเซียส และมีขนาด 22-30 นิวคลีโอไทด์ ขั้นตอนที่ 2 เติมนิวคลีโอไทด์กวานีน (guanine, G) และไซโตซีน (cytosine, C) ต่อจากสายนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์ด้านปลาย 5' ได้แก่ GC tail สายสั้น และสายยาว (Table 1 Figure 1) จากการเติม GC tail ที่มีความยาวแตกต่างกันให้กับไพรเมอร์ Specific forward³⁰ (แตกต่างกัน 20 นิวคลีโอไทด์) ทำให้ได้ขนาดผลิตภัณฑ์ PCR ที่แตกต่างกัน 20 นิวคลีโอไทด์ ซึ่งสามารถแยกจากกันได้ด้วยวิธี agarose gel electrophoresis

Table 1 Sequences of oligonucleotide primers used for the detection of L1014F mutation by tetra-primer AS-PCR assay and PCR amplification of fragments of *Cx. quinquefasciatus* sodium channel gene.

Primer name	Oligonucleotide sequence (5'-3')	Reference
The tetra-primer AS-PCR assay		
Common primer		
Cq_CP-r	CAAGGCTAAGAAAAGGTTAAGAAC	28
IIP_F	GGTGGAACCTTCACCGACTTC	26
Specific primer		
L1014-f	[short GC-tail] CCACCGTAGTGATAGGAAATATA	This study
F1014-f	[long GC-tail] CCACCGTAGTGATAGGAAATGTT	This study
PCR amplification of the fragment of the sodium channel gene		
IIP_F	GGTGGAACCTTCACCGACTTC	26
IIS6_R	GGACGCAATCTGGCTTGTTA	26

The long 26-bp GC tail has the sequence 5'-GCGGGCAGGGCGGGCGGGGGCGGGGCC-3' and the short 6-bp GC tail has the sequence 5'-GCG-GGC-3'

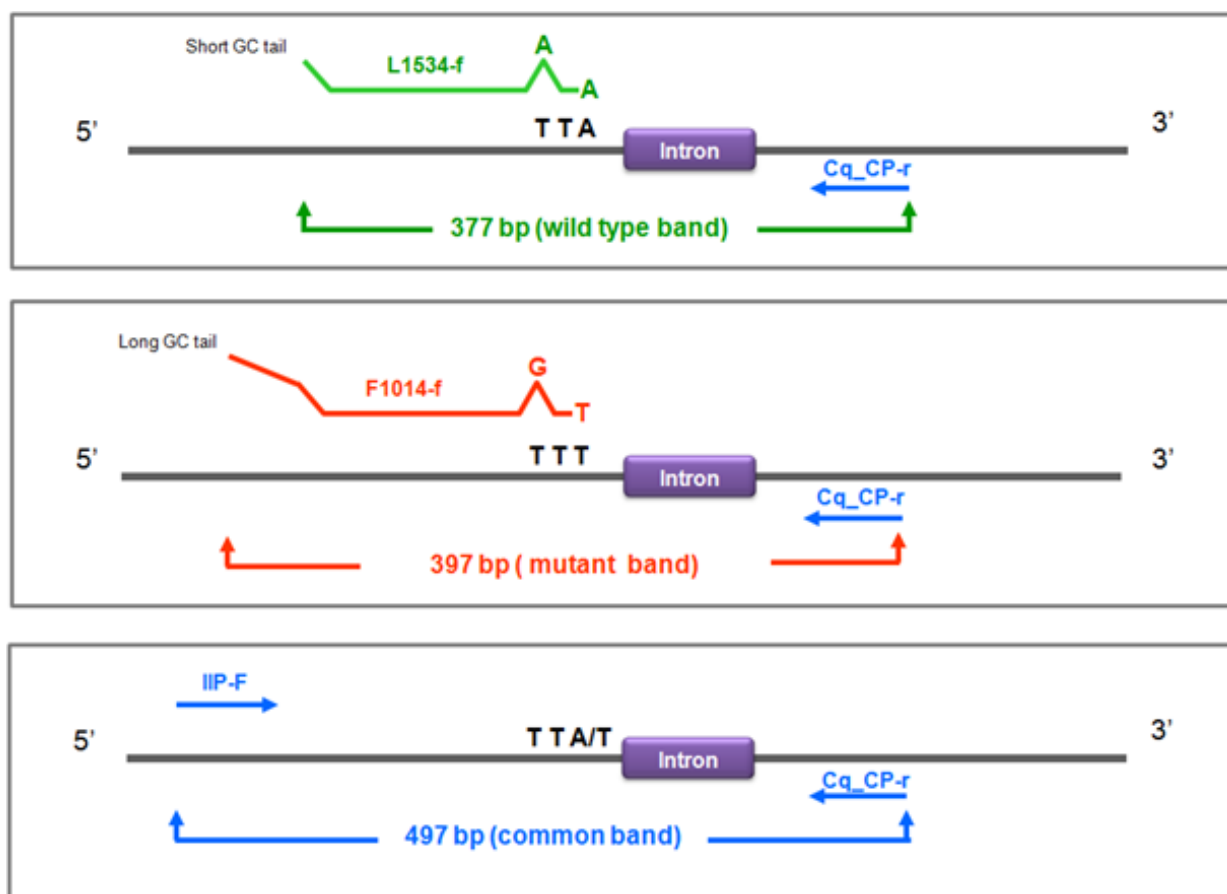


Figure 1 Schematic diagram of the tetra-primer AS-PCR for the detection of L1014F mutation in *Cx. quinquefasciatus*.

4. การศึกษาสถานะที่เหมาะสมของการตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR

นำตัวอย่างยุงรำคาญสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ Cq_CM_R ที่ทราบลักษณะจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F แล้วจากการตรวจหาลำดับนิวคลีโอไทด์ ได้แก่

1. ยุงรำคาญที่มีลักษณะจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัส mutant (F/F1014)
2. ยุงรำคาญที่มีลักษณะจีโนไทป์แบบเฮเทอโรไซกัส (L/F1014)
3. ยุงรำคาญที่มีลักษณะจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัส wild-type (L/L1014) ที่ไม่พบการกลายพันธุ์ L1014F

มาใช้ศึกษาสถานะที่เหมาะสมสำหรับวิธี tetra-primer AS-PCR โดยเริ่มจากการทำปฏิกิริยาแบบ singleplex PCR ของไพรเมอร์แต่ละคู่ที่ได้ออกแบบ ได้แก่ 1) ไพรเมอร์ Cq_CP-r และ L1014-f 2) ไพรเมอร์ Cq_CP-r และ F1014-f และ 3) ไพรเมอร์ Cq_CP-r และ IIP-F (Figure 1) ขั้นตอนประกอบด้วย การหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมของขั้นตอน primer annealing การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของไพรเมอร์ แมกนีเซียมไคลอโรอิด (MgCl₂) Deoxynucleotide triphosphates (dNTPs) และ

เอนไซม์ Taq DNA polymerase เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาแบบ singleplex PCR ของไพรเมอร์แต่ละคู่แล้ว จึงนำไพรเมอร์ทั้ง 3 คู่มารวมกัน เพื่อทำปฏิกิริยาแบบ multiplex PCR และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ PCR ด้วยวิธี agarose gel electrophoresis

5. การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนไซโตเคอมีนแชนเนลบริเวณโดเมน IIS6 ด้วยวิธี DNA sequencing

เพิ่มขยายชิ้นส่วนของยีนไซโตเคอมีนแชนเนลบริเวณโดเมน IIS6 ด้วยวิธี PCR โดยปริมাত্রปฏิกิริยา PCR ทั้งหมด 50 ไมโครลิตร ประกอบด้วย Genomic DNA ความเข้มข้น 25 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร, Platinum Taq DNA polymerase (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) 1.25 หน่วย, dNTPs (New England Biolabs, Ipswich, MA, USA) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ MgCl₂ ความเข้มข้น 1.5 มิลลิโมลาร์ ไพรเมอร์ forward และ ไพรเมอร์ reverse (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) ความเข้มข้นอย่างละ 0.5 ไมโครโมลาร์ สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำ PCR เพื่อเพิ่มปริมาณ DNA ชิ้นส่วนเป้าหมาย คือ incubate ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที

ตามด้วย incubate ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จำนวน 35 รอบ ที่อุณหภูมิ 59 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และ ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และขั้นตอนสุดท้าย incubate ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที โดยอาศัยเครื่อง PCR (Bio-Rad, MJ Mini) จากนั้นวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้ด้วยวิธี agarose gel electrophoresis บนเจล agarose ความเข้มข้น 1.5% ในสารละลายบัฟเฟอร์ 0.5X TBE และตรวจสอบแถบ DNA ด้วยเครื่อง Gel Doc XR+ (Bio-Rad)

นำผลิตภัณฑ์ PCR ที่ได้มาทำให้บริสุทธิ์ โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป illustra ExoProStar 1-Step (GE Healthcare Life Sciences) และส่งไปตรวจหาลำดับนิวคลีโอไทด์ที่บริษัท Macrogen ประเทศเกาหลีใต้ (Macrogen Inc., Seoul, Korea) จากนั้นตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์โดยอาศัยโปรแกรม Geneious Pro software version 5.04³¹ และเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้กับข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของ Genbank accession number KM377241-2¹³ และ Vectorbase number CPIJ007595-RA²⁹ เพื่อตรวจหาการกลายพันธุ์ของ ยีนโซเดียมแชนแนล

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบผลการตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนแนลที่ได้จากวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ซึ่งกำหนดเป็นวิธีมาตรฐานคู่เทียบสำหรับการศึกษานี้ และผลที่ได้จากวิธี tetra-primer AS-PCR เพื่อคำนวณพารามิเตอร์ด้านความไว (sensitivity) และความจำเพาะ (specificity) ค่าทำนายผลบวก (positive predictive value) และค่าทำนายผลลบ (negative predictive value)

ผลการศึกษา

1. สภาวะที่เหมาะสมของการตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR

การตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนแนลในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ไพรเมอร์ออกแบบจากลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนโซเดียมแชนแนลชนิดที่มีและไม่มี การกลายพันธุ์ L1014F ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* การเติม GC tail สายสั้นและสายยาว ซึ่งมีจำนวนนิวคลีโอไทด์ที่แตกต่างกัน 20 นิวคลีโอไทด์ ให้แก่ไพรเมอร์ L1014-f และไพรเมอร์ F1014-f ทำให้สามารถตรวจแยกจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัส หรือเฮเทอโรไซกัสของการกลายพันธุ์ L1014F ได้อย่างชัดเจนด้วยวิธี agarose gel electrophoresis และเพื่อเลี่ยงหลักการเพิ่มขยายชิ้นส่วนของยีนที่ไม่จำเพาะในการตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR จึงได้ค้นหาสภาวะที่เหมาะสมของอุณหภูมิและความเข้มข้นของไพรเมอร์แต่ละสาย โดยสภาวะที่เหมาะสมของการตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR (Table 2)

ผลการตรวจหาการกลายพันธุ์ (Figure 2) โดยยุงรำคาญที่ตรวจพบการกลายพันธุ์ L1014F ที่มีลักษณะจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัส mutant (F/F1014) จะพบผลิตภัณฑ์ PCR 2 ขนาด คือขนาด 497 bp และขนาด 397 bp และยุงรำคาญที่ตรวจไม่พบการกลายพันธุ์ L1014F จะมีลักษณะจีโนไทป์แบบโฮโมไซกัส wild-type (L/L1014) จะพบผลิตภัณฑ์ PCR 2 ขนาด คือขนาด 497 bp และขนาด 377 bp ส่วนยุงรำคาญที่มีการกลายพันธุ์ L1014F แบบเฮเทอโรไซกัส (L/F1014) จะพบผลิตภัณฑ์ PCR ทั้ง 3 ขนาด คือขนาด 497 bp ขนาด 397 bp และขนาด 377 bp

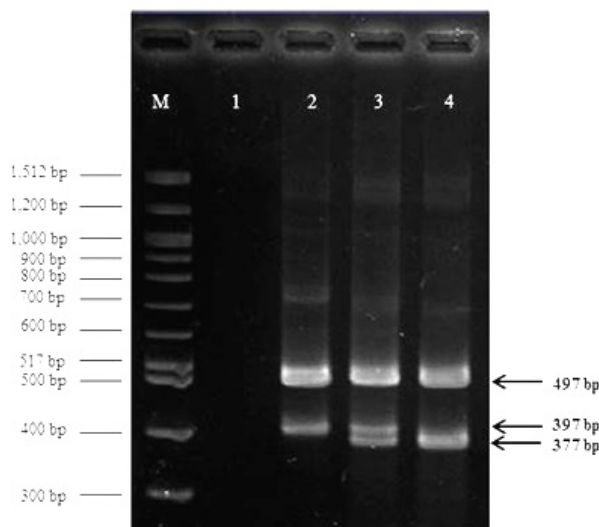


Figure 2 Gel electrophoresis bands of tetra-primer AS-PCR products corresponding to L1014F mutation in the *Cx. quinquefasciatus* sodium channel gene. From left to right: M=100 bp DNA ladder, lane 1 = Negative control, 2 = Homozygous mutant (F/F1014), lane 3= Heterozygous (L/F1014), 4 = Homozygous wild type (L/L1014).

Table 2 Optimized condition for the detection of L1014F mutation in *Cx. quinquefasciatus* sodium channel gene by tetra-primer AS-PCR method.

Variable tested	Optimal result*
Platinum <i>Taq</i> DNA polymerase (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA)	0.4 Unit
10X PCR buffer	1X
MgCl ₂	2.0 mM
Primer Cq_CP-r	0.5 μM
Primer L1014-f	0.125 μM
Primer F1014-f	0.15 μM
Primer IIP-F	0.125 μM
dNTPs (New England Biolabs, Ipswich, MA, USA)	200 μM
Annealing temperature	50 °C
PCR cycle	35 cycle

The PCR was carried out in a 10 μL reaction volume containing 25 ng/μL genomic DNA. The amplified fragments were analyzed by electrophoresis on a 4% agarose gel (Invitrogen, Carlsbad, CA, USA) and visualized under UV light by ethidium bromide staining.

2. การเปรียบเทียบวิธี tetra-primer AS-PCR กับวิธีตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ในการตรวจการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนแนล

การตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F โดยวิธี tetra-primer AS-PCR ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* สายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ Cq_CM_R จำนวน 36 ตัว พบว่า สามารถตรวจแยกลักษณะจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ทั้งแบบโฮโมไซกัส mutant (F/F1014) แบบเฮเทอโรไซกัส (L/F1014) และแบบโฮโมไซกัส wild-type (L/L1014) ได้อย่างชัดเจน และให้ผลสอดคล้องถูกต้องตรงกับผลตรวจจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ที่ได้จากวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ (Table 3) นอกจากนี้ เมื่อตรวจการกลายพันธุ์ L1014F ของยีนโซเดียมแชนแนล

ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* จำนวน 100 ตัว ซึ่งเป็นยุงภาคสนามที่เก็บมาจาก 6 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา และแพร่ ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR เปรียบเทียบกับวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่า ให้ผลถูกต้องตรงกันในทุกลักษณะจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ และในทุกยุงตัวอย่าง (Table 2) และมีความถี่ของอัลลีลกลายพันธุ์ F1014 อยู่ที่ 0.17 จากการตรวจจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ในจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 136 ตัว โดยมีวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์เป็นวิธีมาตรฐาน พบว่าวิธี tetra-primer AS-PCR มีความไว ความจำเพาะ ค่าทำนายผลบวกและค่าทำนายผลลบ 100%

Table 3 Comparison of L1014F genotyping of laboratory *Cx. quinquefasciatus* and wild-caught mosquitoes obtained from tetra-primer AS-PCR and DNA sequencing methods.

Mosquito strain (Generation)	Tetra-primer AS-PCR / DNA sequencing			
	L/L1014	L/F1014	F/F1014	Total
Laboratory strain				
Cq_CM_RF1 (G1)	2/2	3/3	7/7	12/12
Cq_CM_RF2 (G2)	1/1	2/2	9/9	12/12
Cq_CM_RF3 (G3)	3/3	3/3	6/6	12/12
Wild-caught strain				
Chiang Mai (G0)	12/12	3/3	5/5	20/20
Chiang Rai (G1)	14/14	2/2	0/0	16/16
Lamphun (G1)	15/15	1/1	0/0	16/16
Lampang (G1)	15/15	1/1	0/0	16/16
Phayao (G0)	15/15	1/1	0/0	16/16
Phrae (G0)	6/6	4/4	6/6	16/16
Total	83/83	20/20	33/33	136/136

วิจารณ์ผลการศึกษา

การต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงรำคาญเป็นปัญหาอุปสรรคสำคัญของแนวทางการควบคุมพาหะนำโรคด้วยการใช้สารเคมีกำจัดแมลง การตรวจติดตามการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงอย่างต่อเนื่อง เป็นมาตรการสำคัญในการจัดการควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี ปัจจุบันวิธีที่นิยมใช้ตรวจติดตามการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงคือชุดตรวจความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงสำเร็จรูปขององค์การอนามัยโลก^{32,33} ซึ่งทำให้ทราบอัตราการตาย ระดับความไวหรือ การต้านทานต่อสารเคมีที่ทดสอบ แต่ไม่สามารถบอกกลไกการต้านทาน อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจติดตามการต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ของยุง อาจทำได้โดยตรวจความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงร่วมกับตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างง่าย สำหรับตรวจหาการกลไกการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิด *kdr* เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาเลือกใช้สารเคมีที่เหมาะสมสำหรับการจัดการควบคุมแมลง โดยอาจหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่ออกฤทธิ์ที่โซเดียมแซนแนลเช่นเดียวกับสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ หรือการสลับการใช้สารเคมีเป็นกลุ่มอื่นๆ เพื่อไม่ให้ยุงรำคาญเกิดการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงขึ้น

การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า การกลายพันธุ์ L1014F

ของยีนโซเดียมแซนแนลเกี่ยวข้องกับการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์^{13,17} การศึกษาโดย Yanola et al¹³ พบความสัมพันธ์ของการกลายพันธุ์ของยีนโซเดียมแซนแนลที่ตำแหน่ง L1014F กับการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดเดลต้าเมทรินในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ทั้งสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการซึ่งพบมีค่าความถี่อัลลีลกลายพันธุ์ F1014 เพิ่มขึ้นตามระดับความต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทรินที่เพิ่มขึ้นและยุงรำคาญที่เก็บมาจากภาคสนามโดยเฉพาะยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* จากเชียงใหม่และแพร่ ซึ่งพบว่ายุงรำคาญกลุ่มที่ตายและกลุ่มที่รอดชีวิตภายหลังการทดสอบความไวต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน มีค่าความถี่อัลลีลกลายพันธุ์ F1014 ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ กลุ่มที่รอดชีวิตมีค่าความถี่อัลลีลกลายพันธุ์ F1014 ที่สูงกว่า¹³ การศึกษาในครั้งนี้ได้พัฒนาวิธีตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR ซึ่งเป็นวิธีการตรวจวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างง่าย ตรวจหาลักษณะจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ด้วยปฏิกิริยา PCR ในหลอดทดลองเพียงหลอดเดียว ขั้นตอนง่าย ให้ผลรวดเร็ว ราคาประหยัด มีความไว และความจำเพาะเทียบเคียงได้กับวิธีการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ โดยการออกแบบไพรเมอร์ให้มีความไวและความจำเพาะต่อการมีหรือไม่มีการกลายพันธุ์

รวมถึงมีไพรเมอร์ชุดควบคุมภายใน (internal control) จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับตรวจติดตามการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่เกิดจากกลไก *kdr* ซึ่งต้องตรวจในตัวอย่างยุงจำนวนมากจากภาคสนาม อย่างไรก็ตาม ข้อด้อยของวิธี tetra-primers AS-PCR ที่พัฒนาขึ้นนี้ คือต้องมีขั้นตอน agarose gel electrophoresis สำหรับการอ่านผลลักษณะจีโนไทป์ ซึ่งไม่จำเป็นหากใช้วิธี HOLA²⁰ ABI Prism SNaPshot Multiplex²⁴ Single probe/Melting curve analysis ด้วยเครื่อง Real time PCR²⁵ และ Pyrosequencing¹⁸ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าวิธี tetra-primer AS-PCR จะมีขั้นตอนการทำ agarose gel electrophoresis เป็นขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากหากเปรียบเทียบกับวิธี conventional AS-PCR^{19,21-23} ซึ่งต้องทำใน 2 หลุมของเจล agarose ต่อหนึ่งตัวอย่าง จึงจะสามารถตรวจหาลักษณะจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ได้ นอกจากนี้ จากรายงานที่ผ่านมาพบการตรวจลักษณะจีโนไทป์ของการกลายพันธุ์ L1014F ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ที่ให้ผลการตรวจไม่สอดคล้องตรงกันของวิธี conventional AS-PCR กับวิธีการตรวจหาลำดับนิวคลีโอไทด์¹⁹

รายงานนี้ได้แสดงให้เห็นว่าวิธี tetra-primer AS-PCR เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ทั้งที่จับมาจากภาคสนามและสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ โดยสามารถนำไปใช้ตรวจการกระจายตัวของการกลายพันธุ์ L1014F ในยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* ในจำนวนตัวอย่างยุงรำคาญที่มากและในยุงรำคาญจากพื้นที่ขยายกว้างขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งจะศึกษาในลำดับต่อไป

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ดีเอ็นเออย่างง่ายด้วยวิธี tetra-primer AS-PCR เพื่อใช้ในการตรวจหาการกลายพันธุ์ L1014F ของยุงรำคาญ *Cx. quinquefasciatus* เป็นวิธีที่มีความไวและความจำเพาะเทียบเคียงได้กับการตรวจวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ทำได้ง่ายให้ผลรวดเร็ว และมีราคาประหยัด สามารถประยุกต์ใช้ตรวจติดตามการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ หรือใช้ร่วมกับการตรวจความไวของแมลงต่อสารเคมีกำจัดแมลงเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจติดตามและเฝ้าระวังการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงรำคาญ รวมถึงใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกใช้สารเคมีในการควบคุมประชากรยุงรำคาญซึ่งเป็นพาหะของโรคพยาธิฟิลาเรียลีส โดยเมื่อใช้สารเคมีที่เหมาะสม จะทำให้ยุงรำคาญมีจำนวนที่ลดลง ส่งผลให้ออกอาการแพร่ระบาดของโรคพยาธิฟิลาเรียลีสลดลงเช่นกัน ดังนั้นจึงอาจเป็นประโยชน์อีกทางหนึ่งในการเฝ้าระวังและป้องกันการแพร่ระบาดของโรคผ่านการควบคุมยุงพาหะนำโรค

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ (MRG5680063) จากกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และทุนพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประจำปี 2558

1. WHO. Global programme to eliminate lymphatic filariasis: progress report, 2014. Wkly Epidemiol Rec. 2015; 38: 489-504.
2. WHO [Internet]. Lymphatic filariasis. Fact sheet No.102. Geneva: World Health Organization. [update 2016 Feb; cited 2016 Apr 2]. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs102/en/>.
3. Nuchprayoon S, Junpee A, Poovorawan Y. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) for differentiation between Thai and Myanmar strains of *Wuchereria bancrofti*. Filaria J. 2007; 6: 6.
4. Satimai W, Jiraamonnimit C, Thammapalo S, Choochote W, Luene P, Boitano JJ, et al. The impact of a national program to eliminate lymphatic filariasis in selected Myanmar immigrant communities in Bangkok and Ranong Province, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2011; 42: 1054-64.
5. Titeeraprapab S, Songtrus J. High prevalence of *bancroftian filariasis* in Myanmar-migrant workers: a study in Mae Sot district, Tak province, Thailand. J Med Assoc Thai. 1999; 82: 735-9.
6. Jitpakdi A, Choochote W, Panart P, Tookyang B, Panart K, Prajakwong S. Possible transmission of two types of *Wuchereria bancrofti* in Muang District, Chiang Mai, northern Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 1998; 29: 141-3.
7. Titeeraprapab S, Kanjanopas K, Suwannadabba S, Sangprakarn S, Poovorawan Y, Scott AL. Transmission of the nocturnal periodic strain of *Wuchereria bancrofti* by *Culex quinquefasciatus*: establishing the potential for urban filariasis in Thailand. Epidemiol Infect. 2000; 125: 207-12.
8. Pumidonming W, Polseela P, Maleewong W, Pipitgool V, Poodendaen C. *Culex quinquefasciatus* in Phitsanulok as a possible vector of nocturnally periodic *Wuchereria bancrofti* transmission in Myanmar immigrants. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2005; 36: 176-9.
9. Chareonviriyaphap T, Bangs MJ, Suwonkerd W, Kongmee M, Corbel V, Ngoen-Klan R. Review of insecticide resistance and behavioral avoidance of vectors of human diseases in Thailand. Parasit Vectors. 2013; 6: 280.
10. Somboon P, Prapanthadara LA, Suwonkerd W. Insecticide susceptibility tests of *Anopheles minimus s.l.*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and *Culex quinquefasciatus* in northern Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2003; 34: 87-93.
11. Sathantriphop S, Paeporn P, Supaphathom K. Detection of insecticides resistance status in *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* to four major groups of insecticides. Trop Biomed. 2006; 23: 97-101.
12. Thanispong K, Sathantriphop S, Chareonviriyaphap T. Insecticide resistance of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* in Thailand. J Pest Sci. 2008; 33: 351-6.
13. Yanola J, Chamnanya S, Lumjuan N, Somboon P. Insecticides resistance in the *Culex quinquefasciatus* populations from northern Thailand and possible resistance mechanisms. Acta Trop. 2015; 149: 232-8.
14. Canyon D, Hii J. Insecticide susceptibility status of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Townsville. Aust J Entomol. 1999; 38: 40-3.
15. Soderlund DM, Bloomquist JR. Molecular mechanisms of insecticide resistance. In: Roush RT, Tabashnikin BE, editors. Pesticide Resistance in Arthropods. New York: Chapman and Hall; 1990. p. 58-96.
16. Xu Q, Liu H, Zhang L, Liu N. Resistance in the mosquito, *Culex quinquefasciatus*, and possible mechanisms for resistance. Pest Manag Sci. 2005; 61: 1096-102.

17. Corbel V, N'Guessan R, Brengues C, Chandre F, Djogbenou L, Martin T, et al. Multiple insecticide resistance mechanisms in *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* from Benin, West Africa. *Acta Trop.* 2007; 101: 207-16.
18. Jones CM, Machin C, Mohammed K, Majambere S, Ali AS, Khatib BO, et al. Insecticide resistance in *Culex quinquefasciatus* from Zanzibar: implications for vector control programmes. *Parasit Vectors.* 2012; 5: 78.
19. Sarkar M, Borkotoki A, Baruah I, Bhattacharyya IK, Srivastava RB. Molecular analysis of knock down resistance (*kdr*) mutation and distribution of *kdr* genotypes in a wild population of *Culex quinquefasciatus* from India. *Trop Med Int Health.* 2009; 14: 1097-104.
20. Wondji CS, Priyanka De Silva WA, Hemingway J, Ranson H, Parakrama Karunaratne SH. Characterization of knockdown resistance in DDT- and pyrethroid-resistant *Culex quinquefasciatus* populations from Sri Lanka. *Trop Med Int Health.* 2008; 13: 548-55.
21. Martinez-Torres D, Chevillon C, Brun-Barale A, Bergé JB, Pasteur N, Pauron D. Voltage-dependent Na⁺ channels in pyrethroid-resistant *Culex pipiens* L mosquitoes. *Pestic Sci.* 1999; 55: 1012-20.
22. Corbel V, N'Guessan R, Brengues C, Chandre F, Djogbenou L, Martin T, et al. Multiple insecticide resistance mechanisms in *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* from Benin, West Africa. *Acta Trop.* 2007; 101: 207-16.
23. Low VL, Chen CD, Lim PE, Lee HL, Tan TK, Lim YA, et al. First molecular genotyping of voltage gated sodium channel alleles in *Culex quinquefasciatus* populations in Malaysia. *Pestic Biochem Phys.* 2013; 107: 127-31.
24. Xu Q, Liu H, Zhang L, Liu N. Resistance in the mosquito, *Culex quinquefasciatus*, and possible mechanisms for resistance. *Pest Manag Sci.* 2005; 61: 1096-102.
25. Sarkar M, Baruah I, Srivastava RB, Borkotoki A, Bhattacharyya IK. High-throughput approach to detection of knockdown resistance (*kdr*) mutation in mosquitoes, *Culex quinquefasciatus*, based on real-time PCR using single-labelled hybridisation probe/melting curve analysis. *Pest Management Science.* 2011; 67: 156-61.
26. Yanola J, Somboon P, Walton C, Nachaiwieng W, Somwang P, Prapanthadara LA. High-throughput assays for detection of the F1534C mutation in the voltage-gated sodium channel gene in permethrin-resistant *Aedes aegypti* and the distribution of this mutation throughout Thailand. *Trop Med Int Health.* 2011; 16: 501-9.
27. Rattananarithikul R, Harbach RE, Harrison BA, Panthusiri P, Jones JW, Coleman RE. Illustrated keys to the mosquitoes of Thailand II. Genera *Culex* and *Lutzia*. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2005; 36: 1-97.
28. Wang ZM, Li CX, Xing D, Yu YH, Liu N, Xue RD, et al. Detection and widespread distribution of sodium channel alleles characteristic of insecticide resistance in *Culex pipiens* complex mosquitoes in China. *Med Vet Entomol.* 2012; 26: 228-32.
29. Arensburger P, Megy K, Waterhouse RM, Abrudan J, Amedeo P, Antelo B, et al. Sequencing of *Culex quinquefasciatus* establishes a platform for mosquito comparative genomics. *Science.* 2010; 330: 86-8.
30. Germer S, Higuchi R. Single-tube genotyping without oligonucleotide probes. *Genome Res.* 1999; 9: 72-8.
31. Drummond A, Ashton B, Cheung M, Heled J, Kearse M, Moir R, et al. Geneious Pro v 5.04. Available from <http://www.geneious.com/> . 2009.
32. WHO. Discriminating concentrations of insecticides for adult mosquitoes. WHO/CDS/CPC/MAL/98.12. 1998. p. 1.
33. WHO. Test Procedures for Insecticide Resistance Monitoring in Malaria Vector Mosquitoes. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2013.

ประสิทธิผลของการเตรียม single donor platelet ชนิด double dose
ด้วยเครื่องอัตโนมัติระบบ continuous flow และ intermittent flow

Effectiveness of double dose in single donor platelet preparation
by the automated blood cell separators in continuous and intermittent flow system

■ วรangkan โสพลสิขิต* พิชษฐ์ เวียงหมก
Warangkana Soloslikit* Pichet Vienghok

กลุ่มงานพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลแพร่ จ. แพร่
Division of Clinical Pathology, Phrae Hospital, Phrae Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: solwarang@gmail.com)

* Corresponding author (Email: solwarang@gmail.com)

Received July 2016

Accepted as revised August 2016

Abstract

Background: To prepare single donor platelet (SDP) with good quality and sufficient quantity, beside safety to donors and patients, efficient and less costly automate blood cell separators also be considered.

Objectives: To study the double-dose SDP products prepared from two automated blood cell separators having different principles. To compare platelet products in donors before, immediately after donation, and two weeks after donation. To evaluate change of average cost after double dose SDP preparation was implemented.

Materials and methods: Semi-randomized study was performed in double-dose platelet donor (2 groups of 45 donors) in Blood Bank Unit, Phrae Hospital during March to September 2015. Two automated blood cell separators, continuous flow: Trima Accel® and intermittent flow: Haemonetics MCS plus /UPP® systems were compared in terms of platelet products, pre/post-count platelets and hematologic values before, immediately, and two weeks after donation. Operation and efficiency of machine as well as average cost per dose of SDP preparation in 2013–2015 were also studied.

Result: Quality and yield of platelet products obtained from Trima Accel® were significantly greater than those from Haemonetics MCS plus/UPP®; volume 444.0 ± 41.5 mL, platelet yield $6.2 \pm 0.6 \times 10^{11}$ cells, platelet 11.4 ± 1.2 units for Trima Accel® and volume 385.1 ± 87.1 mL, platelet yield $5.5 \pm 0.7 \times 10^{11}$ cells, platelet 9.6 ± 2.2 units for Haemonetics MCS plus/UPP® ($p < 0.001$). After two weeks of donation, donors using Trima Accel® had significantly higher post-count platelet than those of Haemonetics MCS plus/UPP®. Collection efficiency of Trima Accel® was significantly higher than Haemonetics MCS plus/UPP® ($p = 0.042$). Processing time per procedure of Trima Accel® and Haemonetics MCS plus/UPP® was averagely 82.3 ± 13.7 minutes and 85.6 ± 21.6 minutes, respectively, with no statistical significance. In 2015, cost per dose of SDP preparation for patients in Phrae Hospital decreased to 24.7% after increasing double dose SDP products to 34.8%.

Conclusion: Platelet yield products from Trima Accel® was superior to those from Haemonetics MCS plus/UPP®. After two weeks, double dose SDP donors donated by Trima Accel® had increased post-count platelets, suggesting that repeat donation can be done before four weeks. Both blood cell separators has no difference in processing time per procedure and double dose SDP preparation decreased cost of management.

Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49(3): 400-411. Doi: 10.14456/jams.2016.28

Keywords: Single donor platelet, double dose, pre-count platelets, post-count platelets, platelet yield

บทคัดย่อ

บทนำ: การเตรียมผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือดชนิด single donor platelet (SDP) ที่มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอสำหรับผู้ป่วย นอกจากคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริจาคและผู้ป่วยแล้ว ควรเลือกใช้เวชภัณฑ์และเครื่องมืออย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพและประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือด SDP ชนิด double dose ที่เตรียมจากเครื่องมืออัตโนมัติ 2 ระบบที่มีหลักการทำงานต่างกัน เปรียบเทียบปริมาณเกล็ดเลือดก่อนและหลังบริจาคทันที หลังบริจาคครบสองสัปดาห์ และวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงหลังเพิ่มเกล็ดเลือดชนิด double dose ให้ผู้ป่วย

วิธีการศึกษา: ศึกษาแบบ semi-randomized ในผู้บริจาคเกล็ดเลือดชนิด double dose ที่งานธนาคารเลือด โรงพยาบาลแพรหว่างเดือนมีนาคม ถึง กันยายน 2558 ด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ 2 ระบบได้แก่ continuous flow: Trima Accel[®] และ Intermittent flow : Haemonetics MCS plus/UPP[®] โดยแบ่งกลุ่มผู้ใช้เครื่องมือกลุ่มละ 45 ราย วิเคราะห์ปริมาณ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ปริมาณเกล็ดเลือด และค่า hematological value ในผู้บริจาคก่อนและหลังการบริจาค และหลังบริจาคครบสองสัปดาห์ รวมถึงศึกษาลักษณะการทำงานและประสิทธิภาพของเครื่องมือเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายปี 2556 ถึง 2558

ผลการศึกษา: ผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือดที่ได้จากเครื่อง Trima Accel[®] มีคุณภาพและปริมาณมากกว่า โดยมีปริมาตรเฉลี่ย 444.0±41.5 มล. Platelet yield 6.2±0.6×10¹¹ เซลล์ จำนวนเกล็ดเลือด 11.4±1.2 ยูนิต ส่วนเครื่อง Haemonetics MCS plus /UPP[®] มีปริมาตรเฉลี่ย 385.1±87.1 มล. Platelet yield 5.5±0.7×10¹¹ เซลล์ จำนวนเกล็ดเลือด 9.6±2.2 ยูนิต ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) หลังบริจาคเกล็ดเลือดครบ 2 สัปดาห์ กลุ่มที่ใช้เครื่อง Trima Accel[®] มีปริมาณ post-count platelet สูงกว่ากลุ่มที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP[®] อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เครื่อง Trima Accel[®] มีประสิทธิภาพการทำงานสูงกว่าเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP[®] ($p=0.042$) โดยเครื่อง Trima Accel[®] และเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP[®] ใช้เวลาทำงานต่อกระบวนการเฉลี่ย 82.3±13.7 นาที และ 85.6±21.6 นาที ตามลำดับ ไม่แตกต่างกัน และในปี 2558 มีค่าใช้จ่ายการเตรียม SDP ต่อ 1 ยูนิตลดลงร้อยละ 24.7 หลังจากเพิ่มปริมาณการเตรียมเกล็ดเลือดชนิด double dose เป็นร้อยละ 34.8

สรุปผลการศึกษา: เกล็ดเลือดที่ได้จากเครื่อง Trima Accel[®] มีคุณภาพและปริมาณสูงกว่าเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP[®] หลังครบสองสัปดาห์ผู้ที่บริจาคเกล็ดเลือดด้วยเครื่อง Trima Accel[®] มีปริมาณเกล็ดเลือดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่าจากประสิทธิภาพการทำงานในการแยกและเก็บเกล็ดเลือดของเครื่องมือ จึงแนะนำให้ผู้บริจาคกลับมาบริจาคซ้ำได้ก่อนครบสี่สัปดาห์ ทั้งสองเครื่องใช้เวลาในการทำงานไม่แตกต่างกันและการเตรียมเกล็ดเลือดชนิด double dose ช่วยลดค่าใช้จ่ายของโรงพยาบาล

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ 2559; 49(3): 400-411. Doi: 10.14456/jams.2016.28

คำรหัส: Single donor platelet, double dose, pre-count platelets, post-count platelets, platelet yield

เกล็ดเลือดที่เตรียมจากผู้บริจาครายเดียวด้วยวิธี plateletpheresis¹ เรียกว่า single donor platelets (SDP) เตรียมโดยใช้ชุดเจาะเก็บชนิดเฉพาะที่ใช้กับเครื่องอัตโนมัติ ผลิตภัณฑ์ที่ได้หนึ่งยูนิตมีคุณสมบัติเทียบเท่าเกล็ดเลือดชนิด random donor platelets ที่ได้จากผู้บริจาคเลือด 6-8 ราย ด้วยวิธีดังกล่าว ผู้บริจาค SDP จะสูญเสียเม็ดเลือดแดงในปริมาณที่น้อยมากจึงสามารถบริจาคได้บ่อยครั้งกว่าการบริจาคเลือดปกติทั่วไป SDP จึงมีบทบาทในการรักษาภาวะเกล็ดเลือดต่ำในผู้ป่วยที่ต้องได้รับเกล็ดเลือดเพื่อการรักษาต่อเนื่องเพราะลด donor exposure ที่อาจทำให้เกิดภาวะ platelet refractoriness² ลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ และยังทดแทนการขาดแคลนเกล็ดเลือดได้อีกทางหนึ่ง ปัจจุบันการเตรียม SDP ด้วยเครื่องแยกส่วนประกอบเลือดอัตโนมัติที่ใช้หลักการปั่นเหวี่ยงให้เม็ดเลือดแต่ละชนิดตกตะกอนแยกชั้นมี 2 ระบบ ได้แก่ ระบบ intermittent-flow และระบบ continuous-flow งานธนาคารเลือด โรงพยาบาลแพร เริ่มมีการเตรียม SDP ชนิด single dose ใช้สำหรับผู้ป่วยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 แต่เนื่องจากการเตรียมมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงเพราะชุดเจาะเก็บเกล็ดเลือดเป็นวัสดุแบบใช้ได้ครั้งเดียวและต้องใช้ร่วมกับเครื่องมืออัตโนมัติ หน่วยงานจึงเลือกใช้เฉพาะกลุ่มผู้บริจาคโลหิตประจำสม่ำเสมอเพื่อลดความสูญเสียเปล่าหากเตรียมแล้วไม่ได้ใช้เพราะตรวจพบการติดเชื้อหรือตรวจพบ antibody ใหม่ๆ ดังนั้น การพัฒนาวิธีการเจาะเก็บแต่ละครั้งให้ได้ปริมาณเกล็ดเลือดเพิ่มขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ชนิด double dose หรือ triple dose จึงน่าจะช่วยลดค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนการเตรียม SDP ให้แก่ผู้ป่วยของโรงพยาบาลได้ หรือหากสามารถลดระยะเวลาของการมาบริจาคครั้งต่อไปของผู้บริจาคจากทุก 4 สัปดาห์เป็น 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณเกล็ดเลือดสำรองคงคลังได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับและความปลอดภัยของผู้บริจาคเป็นสำคัญ

การบริจาคเกล็ดเลือดแต่ละครั้ง ควรมีปริมาณเกล็ดเลือดตั้งต้นของผู้บริจาคแต่ละรายไม่น้อยกว่า 150,000/cu.mm. และหลังบริจาคต้องมีปริมาณ post-count platelets คงเหลือในร่างกายไม่น้อยกว่า 100,000/cu.mm. ตามมาตรฐานของ American Association of Blood Banks: AABB³ อีกทั้งเครื่องมือที่เลือกใช้ควรมีประสิทธิภาพ ปลอดภัยต่อผู้บริจาค และใช้ระยะเวลาในกระบวนการไม่นาน เพื่อสร้างความพึงพอใจให้ผู้บริจาคมีความต้องการกลับมาบริจาคซ้ำ มีการศึกษาพบว่าต้นทุนค่าใช้จ่ายลดลงหากเตรียม SDP ชนิด double dose และ triple dose เมื่อเทียบกับการเตรียมแบบ single dose อย่างเดียว⁴ นอกจากนี้ยังพบว่าเกล็ดเลือดมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน

และไม่พบปัญหาภาวะเกล็ดเลือดต่ำหรือภาวะแทรกซ้อนหลังการบริจาค^{5,6} และมีการศึกษาปริมาณเกล็ดเลือดที่ลดลงของผู้บริจาคที่บริจาคเกล็ดเลือดประจำสม่ำเสมอในระยะเวลา 1 ปี ในผู้บริจาคเกล็ดเลือดตั้งแต่ 1-24 ครั้ง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁷

รายงานนี้สนใจศึกษาผลการเตรียมผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือด SDP ชนิด double dose ที่เจาะเก็บด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ 2 ระบบที่ใช้สำหรับผู้บริจาคเกล็ดเลือด ของสาขาบริการโลหิตแห่งชาติ โรงพยาบาลแพร โดยศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงค่า hematological value ในผู้บริจาคเลือด ปริมาณและคุณภาพของเกล็ดเลือดที่ได้รับ ปริมาณเกล็ดเลือดคงเหลือหลังสิ้นสุดการบริจาคและหลังบริจาคครบสองสัปดาห์ ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อยูนิตของการเตรียมเกล็ดเลือด และประสิทธิภาพของเครื่องมือที่นำมาใช้ปฏิบัติงาน เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนเพิ่มปริมาณเกล็ดเลือดสำรองคงคลังให้มีเพียงพอสำหรับผู้ป่วย เพิ่มความปลอดภัยและดูแลสุขภาพของผู้บริจาคเกล็ดเลือด การบริหารจัดการเพื่อพัฒนาระบบบริการของหน่วยงานและลดงบประมาณค่าใช้จ่ายในการเตรียมเกล็ดเลือดให้ผู้ป่วยได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย โรงพยาบาลแพร เป็นการศึกษาแบบ semi-randomized ในผู้บริจาคเกล็ดเลือดชนิด double dose ของสาขาบริการโลหิตแห่งชาติ จังหวัดแพร ระหว่างเดือนมีนาคม ถึง กันยายน 2558 จำนวน 90 ราย โดยมีขั้นตอนและวิธีการต่างๆ ดังนี้

1. คัดกรองผู้บริจาคเลือดที่เป็นผู้บริจาคเกล็ดเลือดประจำสม่ำเสมอ โดยการสัมภาษณ์และใช้แบบสอบถามมาตรฐานตามเกณฑ์ทั่วไปของผู้บริจาคเลือด ผู้บริจาคต้องผ่านเกณฑ์การคัดเลือกผู้บริจาคของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย⁸ ดังนี้
 - 1.1 ประวัติปริมาณเกล็ดเลือดเดิมก่อนและหลังบริจาคเสร็จสิ้นครั้งล่าสุด โดยผู้บริจาคต้องมีปริมาณเกล็ดเลือดไม่น้อยกว่า 250,000/cu.mm.
 - 1.2 สอบถามความยินยอมในการสุ่มเลือกเพื่อเข้ากลุ่มสองกลุ่มโดยวิธีจับสลาก แบ่ง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 45 ราย เพื่อใช้เครื่องแยกส่วนประกอบเลือดอัตโนมัติแบบแขนเดียว (single arm) ที่มีกระบวนการเก็บเกล็ดเลือดแตกต่างกัน 2 ระบบ ได้แก่

1.2.1 เครื่องระบบ intermittent flow: Haemonetics MCS plus/UPP® ใช้หลักการดึงเลือดครบส่วนจากผู้ป่วยบริจาคออกมาปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเกล็ดเลือดเก็บไว้ จากนั้นคืนเลือดและส่วนประกอบอื่นกลับคืนสู่ผู้ป่วยบริจาค นับเป็นหนึ่งรอบการทำงาน แล้วจึงเริ่มรอบใหม่ต่อไป ลักษณะการทำงานของเครื่องแต่ละครั้งต่อผู้ป่วยบริจาคต้องแยกเก็บเกล็ดเลือดประมาณ 6-8 รอบ และด้วยหลักการของ UPP (Universal Platelet Protocol) ของเครื่องมือ คือมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นตอนการควบคุมระดับปริมาณเลือดที่ออกนอกร่างกายในแต่ละรอบไม่เกินร้อยละ 15 ของปริมาณ blood volume ทั้งหมดของผู้บริจาค จึงเพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยบริจาคเกล็ดเลือดมากยิ่งขึ้น

1.2.2 เครื่องระบบ continuous flow: Trima Accel® ใช้หลักการดึงเลือดจากผู้ป่วยบริจาคมาปั่นเหวี่ยงแยกเกล็ดเลือดโดยมีการดึงและคืนโลหิตสลับกันอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนเสร็จกระบวนการในแต่ละครั้งของการบริจาคเกล็ดเลือด โดยไม่มีการแยกเก็บเกล็ดโลหิตเป็นรอบๆ เหมือนเครื่องมือระบบ intermittent flow

2. เจาะเก็บเกล็ดเลือดตามวิธีมาตรฐานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติสภากาชาดไทย^๑
3. เก็บตัวอย่างเลือดก่อนบริจาคเพื่อตรวจวัดค่า hematological values และปริมาณเกล็ดเลือดก่อนบริจาค และเก็บตัวอย่างเลือดหลังการบริจาค (ภายในเวลาไม่เกิน 15 นาที) เพื่อตรวจหาปริมาณเกล็ดเลือดคงเหลือหลังบริจาค โดยใช้เครื่องอัตโนมัติ Sysmex XE-2100®
4. นัดหมายผู้ป่วยบริจาคเกล็ดเลือดทุกรายให้มาเจาะเลือดตรวจวัดค่า Hematological value และปริมาณเกล็ดเลือดเมื่อครบเวลาสองสัปดาห์
5. สังเกตและบันทึกอาการหรือภาวะแทรกซ้อนก่อนขณะบริจาค และหลังการบริจาคเกล็ดเลือดที่อาจพบและเกณฑ์การคัดออกคือ ผู้บริจาคมีอาการหรือภาวะแทรกซ้อนรุนแรง หรือพบเครื่องมือขัดข้องในการใช้งาน
6. รวบรวม บันทึกข้อมูลดังนี้
 - 6.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริจาคก่อนการบริจาค ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ความเข้มข้นโลหิต ความดันโลหิต
 - 6.2 ข้อมูลค่า Hematological value ได้แก่ WBC

count, RBC count, Hct, MCV ปริมาณ Platelet count ก่อนการบริจาค หลังบริจาคเสร็จและหลังบริจาคเกล็ดเลือดครบ 2 สัปดาห์

6.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องมือ ได้แก่ ปริมาณน้ำยา ACD (acid citrate dextrose) ผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือดที่ได้รับ เวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องมือ เวลาที่ใช้โดยรวม และ ปริมาตรเลือดหมุนเวียนทั้งหมดต่อกระบวนการทำงาน

7. รวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายเวชภัณฑ์ชุดเจาะเก็บเกล็ดเลือด ค่าใช้จ่ายการส่งตรวจคุณภาพเลือดเพื่อตรวจการติดเชื้อ และปริมาณยูนิตเกล็ดเลือดชนิด single dose และ double dose ทั้งหมดที่เตรียมให้ผู้ป่วยของโรงพยาบาลแพร์ ปี พ.ศ.2556-2558 เพื่อคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อการเตรียมผลิตภัณฑ์ SDP 1 ยูนิต

วิธีคำนวณประสิทธิภาพของเครื่องแยกส่วนประกอบเลือดอัตโนมัติ (Blood cell separator)

% Collection efficiency(CE)=Platelet yieldx10¹¹x100/
MeanPLTcount (10⁹/L) X Blood volume processed (mL)

วิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบประสิทธิผลของการเตรียมเกล็ดเลือดแบบ double dose ของเครื่องมือทั้ง 2 ระบบ โดยใช้สถิติ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Student's t-test

ผลการศึกษา

ผู้ป่วยบริจาคเกล็ดเลือดเพศชายจำนวน 90 ราย สุ่มเข้ารับเจาะเก็บเกล็ดเลือดด้วยเครื่องมือ 2 ระบบ แยกเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 45 ราย กลุ่มที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® ระบบ intermittent flow มีอายุระหว่าง 40-49 ปี กลุ่มที่ใช้เครื่อง Trima Accel® ระบบ continuous flow มีอายุระหว่าง 30-39 ปี น้ำหนักของผู้บริจาคกลุ่มเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® อยู่ในช่วง 70-85 กิโลกรัม กลุ่มที่ใช้เครื่อง Trima Accel® ส่วนใหญ่มีน้ำหนักน้อยกว่า 70 กิโลกรัม ระดับความเข้มข้นเลือดของผู้บริจาคทั้งเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® และเครื่อง Trima Accel® ส่วนใหญ่มากกว่า 15 กรัม% ปริมาณ pre-count platelets ในผู้ป่วยบริจาคที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® มีค่าอยู่ระหว่าง 250,000-275,000/cu.mm. และกลุ่มที่ใช้เครื่อง Trima Accel® มีค่า pre-count platelets มากกว่า 300,000 /cu.mm. และไม่แตกต่างกัน (p=0.152) (Table 1)

Table 1 Characteristics of donors in this study.

Type (N 45)	Intermittent-flow system		Continuous-flow system		p - value
	Quantity	%	Quantity	%	
Age (years)					
17-29	3	6.6	3	6.7	0.527
30-39	12	26.7	23	51.1	
40-49	22	48.9	8	17.8	
50-59	8	17.8	11	24.4	
mean (±SD)	41.7(±8.5)		40.5(±10.0)		
Body weight (kg)					
55-69	16	35.6	20	44.4	0.156
70-85	19	42.2	18	40.0	
86-100	6	13.3	7	15.6	
101-110	4	8.9	0	0	
mean (±SD)	77.9(±13.5)		74.3(±10.5)		
Hb concentration (gm%)					
13.0-15.0	21	46.7	16	35.6	0.927
15.1-17.0	24	53.3	29	64.4	
mean (±SD)	15.3(±1.1)		15.3(±1.0)		
Systolic blood pressure (mmHg)					
100-120	18	40.0	9	20.0	0.862
121-150	27	60.0	36	80.0	
mean (±SD)	129.9(±15.6)		130.4(±10.6)		
Diastolic blood pressure (mmHg)					
70-100	3	6.7	3	6.7	0.623
60-69	42	93.3	42	93.3	
mean (±SD)	81.3(±7.8)		80.4(±9.2)		
Pre-count platelets (/cu.mm)					
250,000 – 275,000	19	42.2	13	28.9	0.152
275,001 – 300,000	11	24.5	15	33.3	
300,001 – 350,000	15	33.3	17	37.8	
mean (±SD)	291,466.7(±36,179.2)		303,044.4(±39,836.0)		

ค่า hematological values ก่อนและหลังบริจาคเกล็ดเลือดของผู้ที่ใช้เครื่องมือทั้ง 2 ระบบ ได้แก่ค่า WBC count, RBC count, Hct, MCV และ pre/post-count platelets ไม่พบความแตกต่าง ($p>0.05$) (Table 2) การตรวจปริมาณเกล็ดเลือดก่อนและหลังการบริจาคครบ 2 สัปดาห์ พบว่าค่าเฉลี่ย pre-count platelets ของกลุ่มที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus /UPP® และ Trima Accel® เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 291,466.7±36,179.2 และ 303,044.4±39,836.0/cu.mm. ตามลำดับและไม่แตกต่างกัน

($p=0.152$) ค่าเฉลี่ยสองสัปดาห์ post-platelets count ของกลุ่มที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® มีค่าอยู่ระหว่าง 283,488.9±40,800.3/cu.mm. โดยหลังบริจาคสองสัปดาห์ปริมาณเกล็ดเลือดยังไม่เพิ่มขึ้น คือมีน้อยกว่าก่อนบริจาค ส่วนกลุ่มที่ใช้เครื่อง Trima Accel® พบว่ามีค่าเฉลี่ยของเกล็ดเลือดหลังสองสัปดาห์อยู่ระหว่าง 320,733.3±55,957.1/cu.mm. เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนบริจาคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) (Table 3)

Table 2 Comparison of hematological values, predonation and immediately platelet apheresis postdonation between two systems of automate blood cell separators.

Type (N 45)	Intermittent-flow system	Continuous-flow system	p-values
	Mean±SD	Mean±SD	
Wbc. count (K/cu.mm)			
: predonation	7.0±1.9	6.9±1.2	0.851
: immediately postdonation	7.1±2.0	6.9±1.8	0.508
RBC count (M/cu.mm)			
: predonation	5.5±0.4	5.3±0.5	0.055
: immediately postdonation	5.3±0.4	5.4±0.5	0.765
Hct (%)			
: predonation	44.5±2.1	43.6±2.7	0.090
: immediately postdonation	43.6±2.3	43.8±2.8	0.661
MCV (fL)			
: predonation	81.4±5.3	82.6±5.0	0.287
: immediately postdonation	81.6±5.2	82.4±5.0	0.493
Platelet count (/cu.mm)			
: predonation	291,466.7±36,179.2	303,044.4±39,836.0	0.152
: immediately postdonation	193,111.1±29,612.8	197,333.3±35,623.7	0.542

Table 3 Comparison of hematological values, predonation and two weeks platelet apheresis postdonation between two systems of automated blood cell separators.

Type (N 45)	Intermittent-flow system	Continuous-flow system	p-values
	Mean±SD	Mean±SD	
Wbc. count (K/cu.mm)			
: predonation	7.0±1.9	6.9±1.2	0.851
: two weeks postdonation	6.9±2.0	7.1±2.0	0.678
RBC count (M/cu.mm)			
: predonation	5.5±0.4	5.3±0.5	0.055
: two weeks postdonation	5.4±0.4	5.4±0.5	0.466
Hct (%)			
: predonation	44.5±2.1	43.6±2.7	0.090
: two weeks postdonation	44.3±3.0	44.0±2.8	0.676

Table 3 Comparison of hematological values, predonation and two weeks platelet apheresis postdonation between two systems of automated blood cell separators. (continued)

Type (N 45)	Intermittent-flow system	Continuous-flow system	p-values
	Mean±SD	Mean±SD	
MCV (fL)			
: predonation	81.4±5.3	82.6±5.0	0.287
: two weeks postdonation	81.8±5.4	82.6±4.8	0.466
Platelet count (/cu.mm)			
: predonation	291,466.7±36,179.2	303,044.4±39,836.0	0.152
: two weeks postdonation	283,488.9±40,800.3	320,733.3±55,957.1	0.001

ปริมาตรเกล็ดเลือดที่ได้จากเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® และเครื่อง Trima Accel® มีค่าเฉลี่ย 385.1±87.1 และ 444.0±41.5 มล. ตามลำดับ จำนวน platelet yield ที่ได้จากเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® มีค่าเฉลี่ย $5.5 \pm 0.7 \times 10^{11}$ cells และเครื่อง Trima Accel® เฉลี่ย

$6.2 \pm 0.6 \times 10^{11}$ cells จำนวนยูนิตเฉลี่ยของเกล็ดโลหิตที่ได้จากเครื่อง Haemonetics MCS plus /UPP® และ Trima Accel® คือ 9.6 ± 2.2 ยูนิต และ 11.4 ± 1.2 ยูนิต ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ลักษณะที่ศึกษามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) (Table 4)

Table 4 Comparison of platelet yields between two systems of automated blood cell separators.

Type (N 45)	Intermittent-flow system	Continuous-flow system	p-values
	Mean±SD	Mean±SD	
Platelet volume (cc)	385.1±87.1	444.0±41.5	0.0002
ACD volume in SDP products (cc)	63.8±14.2	61.4±7.5	0.318
Platelet Yield (x 10¹¹ cells)	5.5±0.7	6.2±0.6	0.0004
Units of SDP products (units)	9.6±2.2	11.4±1.2	0.0004

เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® และ Trima Accel® ใช้เวลาเตรียมเครื่องมือเฉลี่ย 11.1 ± 3.5 และ 10.0 ± 3.5 นาทีตามลำดับ และเวลาทั้งหมดที่ใช้จนเสร็จสิ้นในแต่ละกระบวนการของเครื่อง Haemonetics MCS plus /UPP® เฉลี่ย 85.6 ± 21.6 นาที เครื่อง Trima Accel® ใช้เวลาเฉลี่ย 82.3 ± 13.7 นาที และไม่แตกต่างกัน ($p = 0.160$) ปริมาตรน้ำยา ACD (Acid citrate dextrose) ที่ใช้ต่อครั้งในการทำงานของเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® ใช้ปริมาตรเฉลี่ย 386.0 ± 73.6 มล. เครื่อง Trima Accel® ใช้ปริมาตรเฉลี่ย 319.8 ± 46.3 มล. แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ปริมาตรเลือดหมุนเวียนทั้งหมดต่อ 1 procedure การทำงานของเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® มีปริมาตรเฉลี่ย $3,087.0 \pm 662.2$ มล. และเครื่อง Trima Accel® มีปริมาตรเฉลี่ย $2,810.2 \pm 368.8$ มล. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.016$) เมื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องมืออัตโนมัติ (collection efficiency) พบว่าเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® และ Trima Accel® มีประสิทธิภาพร้อยละ 62.1 ± 7.0 และ 71.8 ± 6.6 ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.042$) (Table 5)

Table 5 Comparison of the operations in two systems of automated blood cell separators.

Type (N 45)	Intermittent-flow system	Continuous-flow system	p-values
	Mean±SD	Mean±SD	
Preparation times (minutes)	11.1±3.5	10.0±3.5	0.160
Total times per 1 procedure : Collection rate (minutes)	85.6±21.6	82.3±13.7	0.384
Total ACD volume per 1 procedure (cc)	386.0±73.6	319.8±46.3	0.0002
Total of blood volume per 1 procedure (cc)	3,087.0±662.2	2,810.2±368.8	0.016
Collection Efficiency : CE (%)	62.1±7.0	71.8±6.6	0.042

ในปี 2556 ค่าใช้จ่ายเวชภัณฑ์รวมค่าตรวจคุณภาพโลหิตต่อ 1 ยูนิต SDP ชนิด single dose มีค่าเฉลี่ย 6,353.48 บาท ในปี 2557 หน่วยงานเพิ่มการเตรียม SDP ชนิด double dose ร้อยละ 23.3 ค่าใช้จ่ายลดลงร้อยละ 18.1 มีค่าเฉลี่ยต่อยูนิต

5,205.25 บาท และในปี 2558 มีการเตรียม double dose เพิ่มขึ้นร้อยละ 34.8 ทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงร้อยละ 24.7 คือมีค่าเฉลี่ยลดลงเป็น 4,782.78 บาท ต่อ 1 ยูนิต (Table 6)

Table 6 Comparison of cost per unit SDP preparation in the department of Blood Bank, Phrae Hospital : 2013-2015

Type	2013		2014			2015		
	SDP	Total Dose	SDP		Total Dose	SDP		Total Dose
	1 dose	SDP	1 dose*	2 dose**	SDP	1 dose*	2 dose**	SDP
Unit of SDP (%)	287 (100)	287	257 (76.7)	78(x2) (23.3)	413	217 (65.2)	116(x2) (34.8)	449
Total Cost of Apheresis set : Baht (1)	287x5,793.48*** = 1,662,728.76		257x5,793.48*** = 1,488,924.36	78x6,067.25**** = 473,245.50	1,962,169.86	217x5,793.48*** = 1,257,185.16	116x6,067.25**** = 703,801.00	1,960,986.16
Cost per Unit for the investigation in transfusion transmitted disease : Baht***** (2)	287x560 = 160,720.00		257x560 = 143,920.00	78x560 = 43,680.00	187,600.00	217x560 = 121,520.00	116x560 = 64,960.00	186,480.00
Total Cost (1) + (2)	1,823,448.76		1,632,844.36	516,925.50	2,149,769.86	1,378,705.16	768,761.00	2,147,466.16
Average Cost per Unit : Baht		6,353.48			5,205.25			
Decreased Cost (%)	-				18.1			24.7

Note * 1 dose SDP : equal to random platelets 6 units ** 2 dose SDP : equal to random platelets 12 units *** Average Cost per set of Platelet Apheresis set : Single dose **** Average Cost per set of Platelet Apheresis set : Double dose ***** Cost per unit for the screening and investigation in transfusion transmitted disease (Serological & NAT test etc.) by National Blood Centre , Thai Red Cross Society.

จากการศึกษาผู้บริจาคเกล็ดเลือดชนิด double dose 2 กลุ่มที่ใช้เครื่องมืออัตโนมัติ 2 ระบบซึ่งมีหลักการทำงานของเครื่องแตกต่างกัน พบว่าลักษณะทั่วไปของผู้บริจาคเกล็ดเลือดที่สุ่มเข้าทำการศึกษามีความเหมาะสม ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 1) หลังบริจาคเกล็ดเลือดเสร็จสิ้นพบว่าค่า hematological values ก่อนและหลังการบริจาคไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) (Table 2) รายงานการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าค่า hematological values จากการเปรียบเทียบในเครื่องมืออัตโนมัติที่เจาะเก็บชนิด single dose มีปริมาณ post-count platelet หลังการบริจาคด้วยเครื่องระบบ continuous-flow มากกว่าเครื่องระบบ intermittent-flow อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$)⁴ ใกล้เคียงกับรายงานนี้ที่พบว่าหลังจากบริจาคครบ 2 สัปดาห์ กลุ่มผู้บริจาคที่ใช้เครื่อง Trima Accel® ระบบ continuous-flow มีปริมาณ post-count platelet มากกว่ากลุ่มที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® ซึ่งเป็นระบบ intermittent-flow อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) (Table 3) ซึ่งอาจเป็นผลจากกลุ่มที่บริจาคด้วยเครื่อง Trima Accel® มีค่าเฉลี่ยของปริมาณเกล็ดเลือดก่อนบริจาคที่มากกว่าแม้พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้มีการศึกษาที่พบว่าค่าเกล็ดเลือดก่อนการบริจาคถือเป็นปัจจัยหลักที่มีความสัมพันธ์และเป็นตัวทำนายปริมาณเกล็ดเลือดที่ได้รับหรืออาจเพราะระบบการทำงานของเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ทำให้ใช้เหตุผลนี้เป็นข้อมูลสนับสนุนการลดระยะเวลาบริจาคซ้ำให้เร็วขึ้นจาก 4 สัปดาห์ เป็น 2 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามอาจทำการศึกษาเพิ่มเติมในการเจาะเก็บเกล็ดเลือดเป็นชนิด triple dose ในผู้บริจาคกลุ่มที่ใช้เครื่อง Trima Accel® ดังกล่าวเพื่อเพิ่มปริมาณเกล็ดเลือดสำรองให้มีเพียงพอใช้สำหรับผู้ป่วยมากขึ้น

มีรายงานการศึกษาผลของความถี่ในการบริจาคเกล็ดเลือดพบว่าผู้ที่บริจาคเฉลี่ย 24 ครั้งต่อปี มีปริมาณเฉลี่ย post-count platelet คงเหลือมากกว่า 150,000/cu.mm. ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดของ American Association of Blood Banks (AABB) โดยไม่พบการเกิดภาวะ thrombocytopenia ในผู้บริจาค และมีระดับ protein, albumin ปกติ โดยกลุ่มที่บริจาค double dose สามารถบริจาคซ้ำได้หลัง 7 วัน และกลุ่มที่บริจาค triple dose สามารถบริจาคซ้ำได้หลังครบ 14 วัน^{7,10} ทั้งนี้ FDA (Food and Drug Administration)¹¹ กำหนดความถี่ของการบริจาคเกล็ดเลือดไว้ไม่เกิน 24 ครั้งต่อปี ผลิตภัณฑ์เกล็ดเลือดที่เตรียมได้จากเครื่องมือทั้ง 2 ระบบมีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน¹² กล่าวคือ ในยุโรปและสหรัฐอเมริกา กำหนดให้ double dose ที่เตรียมได้ควรมี platelet yield ไม่น้อยกว่า 5.0×10^{11} cells (ทุกยูนิต) และ 6.5×10^{11} cells

(มากกว่าร้อยละ 75) ตามลำดับ จากการศึกษานี้ ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากเครื่อง Trima Accel® มี platelet yield ไม่น้อยกว่า 5.0×10^{11} cells ทุกยูนิต ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® ที่มี platelet yield มากกว่า 5.0×10^{11} cells คิดเป็นร้อยละ 73.3 ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดของยุโรป และยังพบว่าผลิตภัณฑ์ที่เตรียมได้จากเครื่อง Trima Accel® มีปริมาตร และจำนวนยูนิตของเกล็ดเลือดมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.0002$ และ $p=0.0004$ ตามลำดับ) (Table 4) สอดคล้องกับรายงานที่ศึกษาการเตรียม SDP ชนิด single dose จากเครื่องมือทั้ง 2 ระบบ พบว่าเครื่องระบบ continuous-flow ให้ platelet yield มากกว่าเครื่องระบบ intermittent-flow อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ^{13,14} เช่นกัน และการศึกษาพบว่าการใช้เครื่อง Trima Accel® ที่ใช้มีประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง (collection efficiency: %CE) สูงกว่าเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® โดยมี ค่า CE ร้อยละ $71.8 \pm 6.6\%$ และ $62.1 \pm 7.0\%$ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.042$) (Table 5) โดยทั้ง 2 เครื่องมีประสิทธิภาพการใช้งานตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้เครื่อง blood cell separator ที่ดีควรมีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าร้อยละ 60¹⁴ มีรายงานว่าประสิทธิภาพของเครื่อง Trima Accel® และเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® เท่ากับ 62.9 % และ 59.4% ตามลำดับ¹³ ร้อยละ 62.6 ของผู้บริจาคเกล็ดเลือดด้วยเครื่อง Trima Accel® มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเมื่อใช้งาน มากกว่ากลุ่มผู้บริจาคที่ใช้เครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® ใกล้เคียงกับรายงานที่พบความพึงพอใจของการใช้เครื่องมือในระบบ continuous-flow (ร้อยละ 61.0) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเครื่องระบบ intermittent-flow¹⁰ แต่มีบางรายงานที่พบค่าเฉลี่ยความพึงพอใจของผู้บริจาคที่ใช้เครื่องมือเจาะเก็บเกล็ดเลือดทั้ง 2 ระบบใกล้เคียงกัน¹³

เมื่อพิจารณาลักษณะการทำงานของเครื่องมือ 2 ระบบในการศึกษานี้พบว่าใช้เวลาเฉลี่ยในการเจาะเก็บโดยรวมใกล้เคียงและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีรายงานค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานที่แตกต่างกันของเครื่องมือ 2 ระบบ ดังกล่าวในการเจาะเก็บ SDP ชนิด single dose⁵ ที่ระบุว่าเครื่องที่ใช้ระบบ continuous-flow ใช้เวลาทำงานน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการศึกษานี้เป็นการเตรียมเกล็ดเลือดชนิด double dose และเครื่องมือระบบ intermittent-flow ที่เลือกใช้เป็นเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP® มีการพัฒนา protocol การใช้งานเครื่องมือแบบ UPP (Universal Platelet Protocol)¹⁵ ทำให้สามารถควบคุมปริมาณเลือดที่ออกนอกร่างกาย

ผู้บริจาค (ECV :Extracorporeal volume) ไม่เกิน 15% ของ blood volume โดยเครื่องจะคืน plasma กลับสู่ผู้บริจาคขณะที่มีการปั่นแยกเก็บเกล็ดโลหิต จึงลดระยะเวลาการทำงานของเครื่องและช่วยลดภาวะแทรกซ้อนจาก citrate reaction ที่อาจเกิดขึ้นขณะบริจาค^{5,16,17} การศึกษานี้ไม่พบภาวะแทรกซ้อนในผู้บริจาคทั้ง 2 กลุ่ม ขณะรับบริจาคมีการไหลเวียนโลหิตเป็นปกติทุกราย ไม่พบการหยุดทำงาน หรือการขัดข้องของเครื่องปั่นแยกเกล็ดเลือด และไม่มีสัญญาณเตือนให้ต้องหยุดการทำงานของเครื่อง มีรายงานการศึกษาที่พบว่าการทำ multicomponent collection จาก apheresis พบการเกิดภาวะแทรกซ้อนชนิด vasovagal reaction น้อยกว่าการบริจาคโลหิตแบบปกติทั่วไป^{12,18,19,20}

อย่างไรก็ตาม นอกจากคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ในการพิจารณาเลือกใช้เครื่องมือแต่ละชนิดหรือแต่ละระบบนั้นสำหรับการเตรียมเกล็ดเลือดให้ผู้ป่วยที่ต้องได้รับเกล็ดโลหิตเป็นประจำ เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาว หรือผู้ป่วยปลูกถ่ายอวัยวะ จำเป็นต้องเตรียมเกล็ดเลือดที่มีการปนเปื้อนเม็ดเลือดขาวน้อยที่สุด เพื่อลดภาวะไม่พึงประสงค์เช่น febrile non-hemolytic transfusion reaction (FNHTR), refractoriness และการติดเชื้อไวรัส Cytomegalovirus และ Human T-cell lymphotropic virus (HTLV)²¹ ซึ่งอาจเกิดอันตรายถึงชีวิตผู้ป่วยได้ การเตรียมเกล็ดเลือดที่ลดปริมาณเม็ดเลือดขาวมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไม่ว่าเป็นเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP[®] ที่มี filter ใช้เตรียมแบบ pre-storage ชนิด in-line filtration แต่ทำให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงขึ้น หรือการเตรียมแบบ post-storage ที่มีราคาถูกกว่า และอาจเลือกใช้เฉพาะผู้ป่วยบางรายได้นั้น แม้ช่วยลดปริมาณเม็ดเลือดขาวได้มากกว่า 99.9% แต่อาจสูญเสียปริมาณเกล็ดเลือดใน filter ที่ใช้กรองถึง 10-20% จึงทำให้ platelet yield ลดลง และยังพบว่าในวิธีการปั่นแยกระหว่างกระบวนการเตรียมเกล็ดเลือดสำหรับเครื่องอัตโนมัติที่ใช้ integrated leukoreduction system (LRS) ของ Trima Accel[®] ทำให้ได้เกล็ดเลือดและปริมาณเม็ดเลือดขาวลดลงโดยไม่ต้องใช้ filter เพิ่มในกระบวนการเตรียม จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งสำหรับเป็นอีกทางเลือกของการใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า ลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการได้เหมาะสมยิ่งขึ้น⁴

เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเวชภัณฑ์ชุดเจาะเก็บเกล็ดเลือดรวมค่าตรวจคุณภาพการติดเชื้อต่อการเตรียม SDP 1 ยูนิตพบว่าในปี 2556 หน่วยงานมีการเตรียมเกล็ดเลือดสำหรับผู้ป่วยชนิด single dose ชนิดเดี่ยว จำนวน 287 ยูนิต มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อ dose คือ 6,353.48 บาท ในปี 2557 เพิ่มการเตรียม double dose ร้อยละ 23.3 ของจำนวนเกล็ดเลือดทั้งหมด ทำให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยลดลงร้อยละ 18.1 มีราคาเฉลี่ยต่อ dose 5,205.25 บาท และในปี 2558 เตรียม double dose เพิ่มขึ้น

ร้อยละ 34.8 ทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงร้อยละ 24.7 มีราคาเฉลี่ยต่อ dose ลดลงเหลือ 4,782.78 บาท (Table 6) แสดงถึงความคุ้มค่าของการเตรียม SDP ชนิด double dose สำหรับใช้กับผู้ป่วย เพราะนอกจากเพิ่มปริมาณเกล็ดเลือดสำรองคงคลังให้มีเพียงพอใช้มากขึ้นแล้ว ยังทำให้ค่าใช้จ่ายต้นทุนการเตรียมต่อ 1 ยูนิต SDP ลดลง ทำให้ประหยัดงบประมาณของโรงพยาบาล ถือเป็นการพัฒนาศักยภาพงานประจำของการให้บริการโลหิตในงานธนาคารเลือด โดยนำปัจจัยข้อมูลพื้นฐานในบริบทของตนเองมาประกอบการคิด วิเคราะห์ และวางแผนระบบบริหารจัดการในห้องปฏิบัติการ จัดเป็นศักยภาพพื้นฐานอันพึงประสงค์ของบุคลากรในสายวิชาชีพเทคนิคการแพทย์²² ที่ควรมีความสามารถในการวางแผนพัฒนางาน การเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมมีคุณภาพประสิทธิภาพ ปลอดภัย อีกทั้งยังมีความสอดคล้องและเป็นไปตามนโยบายด้านการบริการโลหิตของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย

สรุปผลการศึกษา

เกล็ดเลือดชนิด double dose ที่เตรียมได้จากเครื่อง Trima Accel[®] มีคุณภาพ ปริมาณผลิตภัณฑ์มากกว่าเกล็ดเลือดที่เตรียมได้จากเครื่อง Haemonetics MCS plus/UPP[®] ทั้ง 2 เครื่องมีระยะเวลาการทำงานของเครื่องไม่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ หลังบริจาคเกล็ดเลือดครบ 2 สัปดาห์พบว่ากลุ่มที่บริจาคด้วยเครื่อง Trima Accel[®] มีปริมาณเกล็ดเลือดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากกว่า จึงแนะนำให้กลับมาบริจาคซ้ำได้ก่อนครบ 4 สัปดาห์ การเจาะเก็บเกล็ดโลหิตชนิด double dose ทำให้เพิ่มปริมาณเกล็ดโลหิตสำรองคงคลังและช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายเวชภัณฑ์ของโรงพยาบาล

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลแพร์ คณะกรรมการวิจัยโรงพยาบาลแพร์ที่สนับสนุนทุนการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ ศ.ดร.นพ.ชยันตร์ธร ปทุมานนท์ ภาควิชาโรคโลหิตวิทยาและสรีรศาสตร์คลินิก คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ รศ.ชไมพร ทวีขศรี และ ดร.สุรางค์รัตน์ พ้องพาน ที่ปรึกษาการวิจัย และเจ้าหน้าที่งานธนาคารเลือด กลุ่มงานพยาธิวิทยาคลินิก โรงพยาบาลแพร์ ที่ช่วยเก็บรวบรวมและบันทึกข้อมูล

1. American Association of Blood Banks. Standards for Blood Banks and Transfusion Services. 13th ed. Bethesda: Maryland; 1999.
2. Eerisse JG, Brand A. Prevention of platelet refractoriness due to HLA antibodies by administration of leukocytes-poor blood components. *Exp Hematol* 1981; 9: 77-83.
3. American Association of Blood Banks. Standards for Blood Banks and Transfusion Services. 24th ed. Bethesda: Maryland; 2006.
4. Kongruksa R. Study of the reduced white blood cells Single Donor Platelet preparation by the automate blood cell separator [thesis]. Bangkok: Mahidol University; 2005.
5. Bueno JS, Garcia F, Castro E, Barea L, Gonzalez R. A randomized crossover trial comparing three plateletpheresis machines. *Transfusion* 2005; 45: 1373-81.
6. Suresh B, Arun R, Yashovardhan A, Deepthi K, Sreedhar Babu KV, Jothibai DS. Changes in pre- and post-donation haematological parameters in plateletpheresis donors. *Clin Sci Res* 2014; 3: 85-9.
7. Katz L, Palmer K, McDonnell E, Kabat A. Frequent plateletpheresis does not clinically significantly decrease platelet counts in donors. *Transfusion* 2007; 47: 1601-6.
8. National Blood Centre, Thai Red Cross Society. Standards for Blood Banks and Transfusion Services. 4th ed. Bangkok; 2015.
9. Guerrero-Rivera S, Gutiérrez-Espíndola G, Talavera JO, Meillón-García LA, Pedraza-Echevarría M, Pizzuto-Chávez J. Hemoglobin and platelet count effect on platelet yields in plateletpheresis. *Arch Med Res* 2003; 34: 120-3.
10. Richa E, Krueger P, Burgstaler EA, Bryant SC, Winters JL. The effect of double- and triple-apheresis platelet product donation on apheresis donor platelet and white blood cell counts. *Transfusion* 2008; 48: 1325-32.
11. U.S. Food and Drug Administration, Center for Biologicals Evaluation and Research (CBER) [Internet]. Rockville (MD); c 1988 [updated 2005] (Cited Jan 2015). Available from: <http://www.fda.gov/cber/gdlns/plateletauto.htm/>
12. Popovsky MA. Multicomponent apheresis blood collection in the United States: Current status and future directions. *Transfus Apher Sci* 2005; 32: 299-304.
13. Kongruksa R, Kupatawintu P, Sombatnimitsakul S, Nathalang S. Comparison of Apheresis Platelets Leukocytes Reduced Prepared with Trima Accel and Haemonetics MCS Plus Cell Separator. *Hematol Transf Med* 2008; 18: 199-205.
14. Murphy S. Preservation and Clinical use of Platelets. In: Beutler E, Lichtman MA, Coller BS, Kipps TJ, editors. *Williams Hematology*. 6th ed. New York: McGraw-Hill; 2001. p. 1905-16.
15. Burkhardt T, editor. Validation of UPP Protocol introducing 17G needles for Platelets in Plasma collection in German Red Cross. Kuala Lumpur; 2013.
16. Patidar GK, Sharma RR, Marwaha N. Frequency of adverse events in plateletpheresis donors in regional transfusion centre in North India. *Transfus Apher Sci* 2013; 49: 244 -8.
17. Philip J, Sarkar RS, Pathak A. Adverse events associated with apheresis procedures: Incidence and relative frequency. *Asian J Transfus Sci* 2013; 7: 37-41.
18. Picker SM, Radojska SM, Gathof BS. Prospective evaluation of double RBC collection using three different apheresis system. *Transfus Apher Sci* 2006; 35: 197-205.

19. Moog R. Feasibility and safety of triple dose platelet collection by apheresis. Clin Apher 2009; 24: 238-40.
20. Van der Meer PF. Apheresis versus whole-blood-derived platelets: pros and cons. ISBT Sci Ser 2012; 7: 112-6.
21. Bowden RA, Slichter SJ, Sayers M, Weisdorf D, Cays M, Schoch G, et al. A comparison of filtered leukocyte-reduced and cytomegalovirus (CMV) seronegative blood products for the prevention of transfusion associated CMV infection after
bonemarrow transplant. Blood 1995; 86: 3598-603.
22. Prachayasittikul V, Plabplueng (Daosukho) C, Treeratanapiboon L, Jangpatarapongsa K, Phopin K, Nuchnoi P, et al. Challenging trends of Medical Technologist toward health caring in the 21st Century. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 49: 1-9.

List of the reviewers, Volume 49, Issue 1-3, 2016

Assoc. Prof. Dr. Wanna Poomeechokchai	Srinakharinwirot University
Assoc. Prof. Dr. Parin Chaivisuthangkura	Srinakharinwirot University
Dr. Anan Jongkaewwattana	National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC)
Dr. Suwimol Jetawattana	Virology and Cell Technology Laboratory
Assoc. Prof. Dr. Jitbanjong Tungpong	Pathum Thani, Thailand
Asst. Prof. Dr. Netsajee Nuankaew	Khon Kaen University
Prof. Dr. Navapan Charuruks, MD	Bumrungrad International Hospital
Assoc. Prof. Nataya Chanarat	Retired reviewer
Assoc. Prof. Nongnuch Settasatian	Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Orathai Tangvarasittichai	Naresuan University
Asst. Prof. Dr. Yuttana Mundee	University of Phayao
Chawadi Nopparat, MT	Prince of Songkla University
Assoc. Prof. Dr. Varaporn Akkarapatumwong	Mahidol University
Dr. Anusak Kerdsin	Research Information Repository, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health
Dr. Suwimol Jetawattana	Thailand Institute of Nuclear Technology (Public Organization)
Dr. Suwanna Semsri	Huachiew Chalermprakiet University
Asst. Prof. Dr. Nungruthai Nilsri	Naresuan University
Asst. Prof. Dr. Chuda Chittasupho	Srinakharinwirot University
Asst. Prof. Dr. Sorasak Intorasoot	Chiang Mai University
Dr. Ponrut Phunpae	Chiang Mai University
Kaneungnit Toongkum, MT	Hematology Unit, Phayao Hospital
Tiemjan Keowkarnkah, MT	Hematology Unit, Lampang Hospital
Dr. Visissak Suksa-ardwasu	AMS Clinical Service Center, CMU.
Dr. Khanittha Punturee	Chiang Mai University
Dr. Wannapa Suwonkerd	Disease Prevention Control, Chiang Mai, Department of Disease Control, Ministry of Public Health
Asst. Prof. Dr. Damrongpan Thongwat	Naresuan University
Asst. Prof. Dr. Nophawan Bunchu	Naresuan University
Nipapan Leetrakool, MT	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Amornrat Romphruk	Khon Kaen University
Asst. Prof. Poonsub Palacajornsuk	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Wasin Charentantanakul	Maejo University
Asst. Prof. Dr. Sirilak Teeraputon	Naresuan University
Asst. Prof. Dr. Wilaiwan Maneechak Snow	Chiang Mai University

List of the reviewers, Volume 49, Issue 1-3, 2016

Assoc. Prof. Dr. Nuntanee Satiansukpong	Chiang Mai University
Pornsawan Posawang	Sirindhorn National Medical Rehabilitation Center
Inthira Atama	Galrayajanagarindra Institute
Asst. Prof. Dr. Wilaiwan Maneechak Snow	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Phuanjai Rattakorn	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Supalak Khemthong	Mahidol University
Porntippa Thimayom	Prasat Neurological Institute
Asst. Prof. Nantaya Udompanich	Khon Kaen University
Asst. Prof. Dr. Padchanee Sangthong	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Suchart Kothan	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Montree Tungjai	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Rujaporn Chanachai	Mahidol University
Assoc. Prof. Dr. Chiraporn Tocharoenchai	Mahidol University
Assoc. Prof. Dr. Petcharakorn Hanpanich	Khon Kaen University
Dr. Suwit Saekho	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Yodchai Boonprakob	Khon Kaen University
Asst. Prof. Dr. Phuanjai Rattakorn	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Sainatee Pratanaphon	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Peanchai Khamwong	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Raweewan Leksakulchai	Mahidol University
Asst. Prof. Dr. Suwit Ariyachaikul	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Sureeporn Uthaikup	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Patraporn Silitertpisan	Chiang Mai University
Asst. Prof. Dr. Sugalya Amatachaya	Khon Kaen University
Asst. Prof. Dr. Patima Silsupadol	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Somporn Sungkarat	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Vimonwan Hiengkaew	Mahidol University
Assoc. Prof. Dr. Wichai Eungpinichpong	Khon Kaen University
Asst. Prof. Dr. Pornratchanee Weerapong	Huachiew Chalermprakiat University
Asst. Prof. Dr. Samatchai Chamnongkich	Chiang Mai University
Assoc. Prof. Dr. Jirakrit Leelarungrayub	Chiang Mai University
Dr. Mujalin Prasannarong	Chiang Mai University

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งบทความต้นฉบับ

นิพนธ์ต้นฉบับสามารถส่งผ่านระบบออนไลน์เว็บไซต์ <http://journal.ams.cmu.ac.th/index.php> หรือ ส่งต้นฉบับจำนวน 2 ชุด พร้อมแผ่นบันทึกข้อมูล (CD) ที่ระบบโปรแกรมที่ใช้พิมพ์มายัง

บรรณาธิการวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เลขที่ 110 ถนนอินทวิโรด ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

โทรศัพท์ : (053) 935080 ต่อ 17

โทรสาร : (053) 936042

E-mail : preeyanat.v@cmu.ac.th

ข้อมูลทั่วไป

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ เป็นวารสารทางวิชาการของคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ยินดีพิจารณาบทความที่มีคุณภาพด้านเทคนิคการแพทย์ รังสีเทคนิค กิจกรรมบำบัด กายภาพบำบัด และด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สุขภาพ โดยผ่านระบบการตรวจประเมินและได้รับการยอมรับจากผู้ทรงคุณวุฒิภายในหรือภายนอก ผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นๆ อย่างน้อย 2 ท่าน บทความที่เสนอขอรับการพิจารณาต้องไม่เคยตีพิมพ์ หรืออยู่ในระหว่างการเสนอต่อวารสารอื่นใด บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารนี้แล้ว ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประเภทของบทความที่ลงตีพิมพ์

1. นิพนธ์ต้นฉบับ (Research article) เป็นรายงานผลงานวิจัยในด้านที่เกี่ยวข้องโดยที่บทความนั้นยังไม่เคยตีพิมพ์ หรืออยู่ในระหว่างการตีพิมพ์ในวารสารอื่นใด
2. รายงานเทคนิคทางห้องปฏิบัติการ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด และรังสีเทคนิค (Short technical report) เป็นรายงานการประยุกต์ใช้เทคนิคการตรวจในห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด และรังสีเทคนิค โดยแสดงรายละเอียดทั้งวิธีการและผลการใช้เทคนิคนั้น เปรียบเทียบกับวิธีเดิม รวมถึงการวิจารณ์และสรุปผล
3. นิพนธ์ปริทัศน์ (Review article) เป็นบทความที่รวบรวมเอาผลงานในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งเคยลงตีพิมพ์แล้วนำมาวิเคราะห์วิจารณ์เปรียบเทียบเพื่อให้เกิดความกระจ่างในเรื่องนั้นยิ่งขึ้น
4. บทความทั่วไป (General article) เป็นบทความที่มีวิชาการเฉพาะด้านรวมอยู่ด้วยค่อนข้างน้อย เขียนเพื่อให้บุคคลทั่วไปสามารถอ่านเข้าใจตลอด
5. บันทึก (Note) เป็นบทความหรือรายงานผลการวิจัยคล้ายข้อ 1 และข้อ 2 แต่มีความกะทัดรัดกว่าทั้งในเนื้อหาและรายละเอียด
6. ปกิณกะ (Miscellany) เป็นบทความทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ เช่น การวิจารณ์ผลเวชศาสตร์ชั้นสูง การตอบปัญหาทางด้านเวชศาสตร์ชั้นสูง เป็นต้น
7. จดหมายถึงบรรณาธิการ (Letter to editor) เป็นบทความทางวิชาการหรืออื่นๆ ที่เป็นบันทึกสั้นๆ ในรูปของจดหมายถึงบรรณาธิการ เพื่อแสดงความคิดเห็นและประสบการณ์ในทางวิชาการ
8. การออกความเห็น (Commentaries) และ รายงานการประชุม (Meeting report) การแสดงออกความเห็นสามารถแสดงความสนใจ ความสำคัญและความถูกต้องแท้จริง อย่างไรก็ตามยังสามารถแสดงความไม่เห็นด้วยได้เช่นกัน ในส่วนของรายงานการประชุมจะถูกพิจารณาในลักษณะเดียวกับการแสดงออกความเห็น

คำแนะนำสำหรับการเตรียมต้นฉบับ

1. ภาษาที่ใช้ มี 2 ภาษาคือ ภาษาไทย และ/หรือภาษาอังกฤษ ใช้อักษร Browallia New 14 สำหรับตัวอักษรและขนาด 12 สำหรับสัญลักษณ์ ต้นฉบับภาษาไทย ควรใช้ถ้อยคำและศัพท์ภาษาไทยให้มากที่สุด โดยใช้พจนานุกรมศัพท์แพทย์อังกฤษ-ไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน เป็นบรรทัดฐาน คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่บัญญัติเป็นภาษาไทยแล้วแต่ยังไม่เป็นที่ทราบกันอย่างแพร่หลายหรือแปลแล้วเข้าใจยาก ให้ใส่ภาษาเดิมกำกับไว้ในวงเล็บหรืออนุโลมให้ใช้ภาษาอังกฤษได้
2. ต้นฉบับ ใช้กระดาษสีขาวขนาด 8.5x11 นิ้ว พิมพ์หน้าเดียว ชิดซ้าย เว้นระยะระหว่างบรรทัด 2 ช่วง (2 spaces) ใช้โปรแกรม และตัวพิมพ์มาตรฐาน มีเลขที่หน้ากำกับทุกหน้า
3. ชื่อเรื่อง ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษเป็นข้อความสั้นๆ และสื่อความหมาย บ่งชี้ให้เห็นสาระสำคัญของเนื้อหาในบทความไม่ควรใช้คำย่อนอกจากคำย่อนั้นเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไป
4. ชื่อผู้แต่ง ให้ใส่ชื่อตัวและชื่อสกุลเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ กรณีที่ผู้แต่งหลายคนให้เรียงตามลำดับความสำคัญในงานนั้นๆ และให้ระบุชื่อและสถานที่ติดต่อพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร หรือ E-mail address ของผู้รับผิดชอบบทความเพื่อการติดต่อได้สะดวก กรณีที่มีผู้วิจัยมากกว่าหนึ่งคน ให้ลำดับด้วยตัวเลขยกไว้ท้ายนามสกุล และเครื่องหมายดอกจันสำหรับผู้รับผิดชอบบทความ
5. บทคัดย่อ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (Abstract) ความยาวไม่เกิน 400 คำ โดยแบ่งเป็น 5 หัวข้อเรียงตามลำดับ ดังนี้ บทนำ/ที่มาของปัญหาวิจัย วัตถุประสงค์ วัสดุและวิธีการ ผลการศึกษา และสรุป ผลการศึกษา ทั้งนี้ให้มีคำรหัส (Keyword) จำนวน 3-5 คำ

6. โครงสร้างของบทความ สำหรับนิพนธ์ต้นฉบับให้เรียงลำดับตามหัวข้อ ดังนี้:-

- บทนำ (Introduction) ซึ่งรวมถึงวัตถุประสงค์หรือสมมติฐานในการศึกษา เนื้อหาที่สำคัญสั้นๆ ความสำคัญของงานปัจจุบันที่ทำพร้อมอ้างอิงงานที่มีการพิมพ์เผยแพร่มาก่อนหน้าและแสดงความคิดเห็นประกอบ
- วัสดุและวิธีการ (Materials and methods) การทดลองสั้นๆ พอที่ผู้อ่านเข้าใจในรายละเอียดของการศึกษา และผู้อ่านอาจสามารถนำไปทดลองต่อได้
- ผลการศึกษา (Results) ผลการศึกษารายละเอียดเฉพาะผลการศึกษาที่ได้รับจากการศึกษานี้ เช่น ข้อมูลจากรูปภาพ ตารางข้อมูล สามารถอธิบายเหตุผลที่เกินกว่าข้อมูลได้ในส่วนของวิจารณ์ผลการศึกษา
- วิจารณ์ผลการศึกษา (Discussion)
- สรุปผลการศึกษา (Conclusion)
- กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) กรณีที่งานวิจัยนั้นได้รับทุนวิจัยให้ระบุแหล่งที่มาของทุนวิจัยนั้นด้วย
- เอกสารอ้างอิง (References) การอ้างอิงเอกสารในเรื่องให้อ้างอิงเรียงตามลำดับเลขที่ของเอกสารอ้างอิงซึ่งอยู่ท้ายเรื่อง โดยใส่ตัวเลขแบบยกต่อท้ายข้อความนั้นๆ

7. ตาราง แผนภูมิ รูปภาพประกอบ

- ตาราง แผนภูมิ รูปภาพประกอบ ให้แยกไว้ต่างหาก หนึ่งไฟล์ ต่อ 1 ตาราง หรือ 1 แผนภูมิ หรือ 1 รูปภาพ บันทึกโดยใช้ นามสกุล .jpg หรือ .tif ให้มีความละเอียดเพียงพอ
- คำอธิบายรูป (Figure legend) ให้พิมพ์แยกไว้ต่างหาก คำอธิบายภายในรูปให้ใช้ภาษาอังกฤษ
- ชื่อตารางและคำอธิบายในตารางให้ใช้ภาษาอังกฤษ

การตรวจทาน (Proof)

บทความที่ได้รับการยอมรับให้พิมพ์จะส่งกลับไปยังผู้วิจัยเพื่อตรวจทานผ่าน E-mail ของผู้วิจัยก่อนการตีพิมพ์

ค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ (Page charge)

ไม่มี

การเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การเขียนเอกสารอ้างอิง ให้ใช้ระบบแวนคูเวอร์ (Vancouver) เท่านั้น
2. เอกสารอ้างอิง ที่เป็นภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ และต่อท้ายด้วย (in Thai)

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

- Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. N Engl J Med 2002 Jul 25; 347(4): 284-7
- Rose ME, Huerbin MB, Melick J, Marion DW, Palmer AM, Schiding JK, et al. Regulation of interstitial excitatory amino acid concentrations after cortical contusion injury. Brain Res 2002; 935(1-2): 40-6
- Geraud G, Spierings EL, Keywood C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. Headache 2002; 42 Suppl 2: S93-9
- Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. Am J Nurs 2002 Jun [cited 2002 Aug 12]; 102(6):[about 1 p.]. Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm> Article
- Forooghian F, Yeh S, Faia LJ, Nussenblatt RB. Uveitic foveal atrophy: clinical features and associations. Arch Ophthalmol. 2009 Feb; 127(2): 179-86. PubMed PMID: 19204236; PubMed Central PMCID: PMC2653214 Who's Certified [Internet]. Evanston (IL): The American Board of Medical Specialists. c2000 - [cited 2001 Mar 8]. Available from: <http://www.abms.org/newsearch.asp> Cancer-Pain.org [Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2002 May 16; cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org/>.
- Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI): Central Michigan University; 2002
- Chanungklang P, Vongchan P. Screening and identification of alloantibodies in blood samples from Community Medical Service Project, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University [Term paper]. Faculty of Associated Medical Sciences: Chiang Mai University; 2012 (in Thai).
- Harnden P, Joffe JK, Jones WG, editors. Germ cell tumours V. Proceedings of the 5th Germ Cell Tumour Conference; 2001 Sep 13-15 ; Leeds, UK. New York: Springer, 2002.
- Portney JG, Watkins MP. Foundation of clinical research applications to practice. 2nd United States of America. Julie Alexandar; 2000.

Instructions for Authors

How to send original article/thesis

Original article/thesis can be submitted through the on-line system via website <http://www.ams.cmu.ac.th/journal> or by sending 2 original hard copies and CD (please specify the program used to print) to the editorial office at

The Office of Editor of Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences

Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

110 Inthawaroros Rd., T. Sripum, A. Muang, Chiang Mai Thailand 50200

Telephone: (053) 945080 Ext. 17 Fax: (053) 946042

E-mail: preeyanat.v@cmu.ac.th

General Principles

Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences is a scientific journal of the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University. The articles submitted to the bulletin that are relevant to any of all aspects of Medical Technology, Radiologic Technology, Occupational Therapy, Physical Therapy and other aspects related to the health sciences are welcome. Before publication, the articles will go through a system of assessment and acceptance by at least two experts who are specialized in the relevant discipline. All manuscripts submitted to Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences should not have been previously published or under consideration for publication elsewhere. All publications are protected by the Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences' copyright.

Manuscript categories

1. Research article is a research paper that is relevant to any of all aspects described above and must not have been previously published or be under consideration for publication elsewhere.
2. Short technical report is a formal report of a technology innovation in a field of Medical laboratory, Physical Therapy, Occupational Therapy and Radiologic Technology which details method, results, discussion and conclusion.
3. Review article is an article that provides a comprehensive review of a topic having direct relevance to research on the specific topics. It analyzes or discusses research previously published by others.
4. General article is an article that is less technical and permits access by the people in general, compared to a research article.
5. Note is an article or research report similar to a research article but short and limited in scope.
6. Miscellany is an article relating to an article published in the health sciences such as a discussion of the result of laboratory medicine or to answer a research question on laboratory medicine.
7. Letters to the Editor is a technical article or notes or letter sent to a publication about issues of opinions and experiences from authors.
8. Commentaries and Meeting report are a series of comments or annotations of the meeting.

Manuscript Format

1. **Language.** Thai and/or English, Browsers New 14 for text and 12 for all symbols. For an original Thai article, the manuscript should use as many Thai words as possible. Author should use the Royal Institute English-Thai Medical Dictionary as a guideline for translation. For English words that have been formally translated into Thai, but not widely recognized or too difficult to understand, the English words can be placed in parenthesis for those original words.
2. **Format.** Print the original hard copy in A4 paper, size 8.5x11 inch, one-side printing, double spacing. Use standard program and fonts and, add page and line number for all pages.
3. **Title of the article.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
4. **Author names and affiliation.** Where the family name may be ambiguous (e.g. a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with superscript number immediately after author's name and in front of appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the province, country and, if available, the e-mail address of each author.
5. **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication, ensure that telephone and fax numbers (with postal area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author
6. **Abstract.** In Thai and English not exceeding 400 words. The abstract must include background, objectives, methods, results and conclusion, and 3-5 keywords should be included. The manuscripts should be arranged in the following headings: Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, and Conclusion, Acknowledgement and Reference.

7. Article structure. Prepare according to following contents;

- Introduction: State the objectives of work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results..
- Materials and Methods: Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference. Only relevant modifications should be described.
- Results: Results should be clear and concise. Present the new results of the study such as tables and figures mentioned in the main body of the article, and numbered in the order in which they appear in the text or discussion.
- Discussion: This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.
- Conclusions: The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a "Discussion" or "Results and Discussion".
- Acknowledgement: Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g. providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.)
- References: Numbering with superscript is required.

8. Artworks

- Each table, graph and figure should be self-explanatory one page per each. Save the figures as high resolution i.e., .jpg or .tiff files.
- Separate and self-explanatory of figure legend and using English for figure description.
- Title and description of the tables and figures should be in English.

Proof correction

The Proofs of final paper approved for publication are to be returned by e-mail to the corresponding author before publication.

Page charge

No page charge

References Format

1. In details of content of the article; using a superscript number after the text or paragraph to refer to the references.
2. References using the Vancouver reference system.
3. In case of references source from non-English language, translate the title to English and retain "in Thai" in the parentheses.

Examples of References list

- Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. *N Engl J Med* 2002 Jul 25; 347(4): 284-7
- Rose ME, Huerbin MB, Melick J, Marion DW, Palmer AM, Schiding JK, et al. Regulation of interstitial excitatory amino acid concentrations after cortical contusion injury. *Brain Res* 2002; 935(1-2): 40-6
- Geraud G, Spierings EL, Keywood C. Tolerability and safety of frovatriptan with short- and long-term use for treatment of migraine and in comparison with sumatriptan. *Headache* 2002; 42 Suppl 2: S93-9
- Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am J Nurs* 2002 Jun [cited 2002 Aug 12];102(6):[about 1 p.]. Available from: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wawatch.htm> Article
- Forooghian F, Yeh S, Faia LJ, Nussenblatt RB. Uveiticfoveal atrophy: clinical features and associations. *Arch Ophthalmol*. 2009 Feb; 127(2): 179-86. PubMed PMID: 19204236; PubMed Central PMCID: PMC2653214 Who's Certified [Internet]. Evanston (IL): The American Board of Medical Specialists. c2000 - [cited 2001 Mar 8]. Available from: <http://www.abms.org/newsearch.asp> Cancer-Pain.org [Internet]. New York: Association of Cancer Online Resources, Inc.; c2000-01 [updated 2002 May 16; cited 2002 Jul 9]. Available from: <http://www.cancer-pain.org/>.
- Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI):Central Michigan University; 2002
- Chanungklang P, Vongchan P. Screening and identification of alloantibodies in blood samples from Community Medical Service Project, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University [Term paper].Faculty of Associated Medical Sciences: Chiang Mai University; 2012 (in Thai).
- Harnden P, Joffe JK, Jones WG, editors. Germ cell tumours V. Proceedings of the 5th Germ Cell Tumour Conference; 2001 Sep 13-15; Leeds, UK. New York: Springer, 2002.
- Portney JG, Watkins MP. Foundation of clinical research applications to practice. 2nd United States of America. Julie Alexandar; 2000.