JOURNAL OF ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES

Physical Therapy
Medical Technology
Occupational Therapy
Radiologic Technology
Communication Disorders

Volume 50, Number 1, January-April, 2017 E-ISSN: 2539-6056

Journal of Associated Medical Sciences

Focus and scope

The Journal of Associated Medical Sciences 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. Journal of Associated Medical Sciences is published 3 times a year in January, May and September.

The goal of Journal of Associated Medical Sciences 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

Journal of 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 Yankai	Chiang Mai University
Associate Professor Dr. Somporn Sungkarat	Chiang Mai University
Dr.Decha Pinkaew	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. Wichai Eungpinitpong	Khon Kaen University
Associate Prof. Dr. Roongtiwa Vachalathiti	Mahidol University
Assistant Prof. Dr. Raweewan Leksakulchai	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. Pornratchanee Weerapong	Huachiew Chalermprakiat University
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

Webpage Administrative Staff

Mr. Tapapol Comnoi

Mr. Nopporn Phuangsombat

Journal Impact Factor

The journal's 2015 Impact Factor is 1.00

Journal website

Homepage https://www.tci-thaijo.org/index.php/bulletinAMS/index

Journal E-ISSN:

2539-6056

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 Journal of Associated Medical Sciences, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University.

Journal of Associated Medical Sciences

ความครอบคลุมของวารสาร

Journal of Associated Medical Sciences เป็นวารสารวิชาการดำเนินงานโดยคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เผยแพร่บทความที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิคและสาขาวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นเวทีนำเสนอและแบ่งปันองค์ความรู้ทางวิชาการสำหรับนักวิจัย นักวิชาการ และนักวิชาชีพ ประกอบด้วย บทความทั่วไป บทความปริทัศน์ นิพนธ์ต้นฉบับ และ จดหมายถึงบรรณาธิการ วารสารเทคนิค บทความทุกบทจะได้รับการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นจากภายในและภายนอก อย่างน้อย 2 คน Journal of Associated Medical Sciences ตีพิมพ์เผยแพร่ ปีละ 3 ฉบับ ในเดือนมกราคม พฤษภาคม และกันยายน

วัตถุประสงค์

Journal of Associated Medical Sciences เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย ความรู้และความก้าวหน้าทางวิชาการที่มีคุณภาพในด้านเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิคและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ด้วยระบบการตรวจประเมินคุณภาพบทความทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุมิภายในและภายนอกผู้มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นอย่างน้อย 2 คน

ชนิดของบทความ

บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิค และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องในลักษณะต่างๆ 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

บทความที่ขอรับการพิจารณากับ Journal of Associated Medical Sciences ต้องได้รับการประเมินและพิจารณาเนื้อหาทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 คน ที่เห็นพ้อง โดยเป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายในและภายนอกที่เชี่ยวชาญในสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบบำบัด รังสีเทคนิค และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กำหนดการตีพิมพ์

Journal of Associated Medical Sciences มีกาหนดการตีพิมพ์ 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. ธนูศักดิ์ ตาตุ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร. สาคร พรประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ โกทันย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาพร ชินชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อาจารย์ อารยา ญานกาย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร.สมพร สังขรัตน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
อ.ดร.เดชา ปิ่นแก้ว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณ ฟูเจริญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ กุลนภา ฟูเจริญ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เลิศมีมงคลชัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ศาสตราจารย์ พญ. เอมอร ไม้เรียง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ.นันทยา อุดมพาณิชย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยอดชาย บุญประกอบ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย รัตนทองคำ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. วิชัย อึงพินิจพงศ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา วัจฉละฐิติ	มหาวิทยาลัยมหิดล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวีวรรณ เล็กสกุลไชย	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ โตเจริญชัย	มหาวิทยาลัยมหิดล
รองศาสตราจารย์ ดร. รุจพร ชนะชัย	คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประวิตร เจนวรรธนะกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รสลัย กัลยาณพจน์พร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศาสตราจารย์ ดร. เกศรา ณ บางช้าง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กานดา ชัยภิญโญ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรรัชนี วีระพงษ์	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ศาสตราจารย์ พญ. นวพรรณ จารุรักษ์	โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ กรุงเทพมหานคร
คุณสมชัย เจิดเสริมอนันต์	โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์
คุณทัศนีย์ สกุลดำรงค์พานิช	สภากาชาดไทย
คุณพรสวรรค์ โพธิสว่าง	ศูนย์ฟื้นฟูสมรรถภาพแห่งชาติสิรินทร นนทบุรี
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

ผู้จัดทำ

นางจริยา กาทอง

ฝ่ายบัญชีและการเงิน

นางอังศุมาลี ศรีทิเรือน

สารสนเทศ

นายฐปพล คำน้อย

นายนพพร พวงสมบัติ

Journal Impact Factor

อ้างอิงศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (ประจำปี 2558) 1.000

ฝ่ายศิลปกรรม

ฐปพล คำน้อย

เว็บไซต์ของวารสาร

Homepage https://www.tci-thaijo.org/index.php/bulletinAMS/index

รหัสวารสาร

2539-6056

ดำเนินงานจัดทำโดย

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เลขที่ 110 ถนนอินทวโรรส ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

โทรศัพท์ 053 935072 โทรสาร 053 936042

ความรับผิดชอบบทความ

ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใดๆ ที่ปรากฏในวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ เป็นของผู้เขียน หรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ Journal of Associated Medical Sciences คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

วารสาร
Journal of Associated Medical Sciences
ปีที่ 50 ฉบับที่ 1 : มกราคม 2560
Vol. 50 No. 1 : January 2017

Content

1 บทความทั่วไป: การตรวจวินิจฉัยวัณโรค จากความรู้ สู่นวัตกรรมเพื่อชุมชน
Review article: Tuberculosis diagnosis: From knowledge to innovation in public health
*ชญาดา สิทธิเดช ธารินเจริญ**
*Chayada Sitthidet Tharinjaroen**

22 ผลกระทบจากการรับเซลล์เม็ดเลือดแดงต่อการตรวจวิเคราะห์ฮีโมโกลบินของผู้ป่วยโรคเบต้าศูนย์ธาลัสซีเมียฮีโมโกลบินอีและโฮโมไซกัสฮีโมโกลบินอี
The case report: Effect of red blood cell transfusion on hemoglobin (Hb) analysis of β^0-Thalassemia/HbE disease and homozygous HbE
สาคร พรประเสริฐ
Sakorn Pornprasert

27 ผลของสารสกัดบริสุทธิ์บางส่วนจากใบมะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) ที่ความเข้มข้นต่ำเหนี่ยวนำการตายของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Molt4
Low doses of partially purified fraction of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) leaf extract induce cell death in Molt4 cells
วิภาวี อุทธวัง *ชฎารัตน์ อัมพะเศวต* *ศิริพร โอโกโนกิ* *เมธี รุ่งโรจน์สกุล*
Wipavee Utthawang *Chadarat Ampasavate* *Siriporn Okonogi* *Methee Rungrojsakul*
สาวิตรี เจียมพานิชยกุล *สิงห์คำ ธิมา* *ทรงยศ อนุชปรีดา**
Sawitree Chiampanichayakul *Singkome Tima* *Songyot Anuchapreeda**

38 ความสัมพันธ์ระหว่างการประยุกต์ใช้กลยุทธ์การประมวลผลข้อมูล และความสามารถทางสังคมในเด็กไทยที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้
The relationship between information processing strategies application and social competence in Thai children with learning disabilities
สุธินันท์ จันทร *สรินยา ศรีเพชราวุธ* *พีรยา มั่นเขตวิทย์**
Sutinun Juntorn *Sarinya Sriphetcharawut* *Peeraya Munketvit **

54 การพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษา
Development of monitor unit calculation program for integration with radiation therapy information system
ดำรงค์ศักดิ์ ทิพย์ปัญญา *เอกสิทธิ ธราวิจิตรกุล* *สัมพัทธ์ วรรณวิไลรัตน์*
Damrongsak Tippanya *Ekasit Tharavichitkul* *Sumbhat Wanwilairat*
ฐานิตร์ ไชยเวียง *สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์**
Thanit Chaiwiang *Somsak Wanwilairat**

64 ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวและดื้อต่อยาของสารสกัดผลสมอพิเภก
Anti-proliferative activity on drug-sensitive and drug-resistant erythroleukemic cells of Samor Pipek (Terminalia bellirica (Gaertn.) Roxb.) fruit extracts
*วินิจ ช้อยประเสริฐ** *วัชราภรณ์ คำแสน* *พิมพ์ชนก มาละแซม* *บาจรีย์ พิทาคำ*
*Winit Choiprasert** *Watcharaporn Khumsan* *Pimchanok Malasaem* *Bajaree Phithakham*

Content

71 ความน่าเชื่อถือภายในและระหว่างผู้ประเมินในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM)
Intra- and inter-rater reliability of the Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM)

สมพร สังขรัตน์ *สุรีพร อุทัยคุปต์* *มทิตา แก้วสุทธิ*
*Somporn Sungkarat** *Sureeporn Uthaikhup* *Mathita Keawsutthi*
จิตติมา เจริญลิ้มประเสริฐ *สุภาพร แก้วแสนเมือง*
Jitima Charoenlimprasert *Supapon Kaewsanmuang*

87 ผลของการออกกำลังกายความหนักต่ำต่อสมรรถภาพทางกายและคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพในผู้สูงอายุเพศหญิงก่อนภาวะเปราะบาง
Effects of low-intensity exercise on physical fitness and health-related quality of life in pre-frail elderly women

จตุพร เพิ่มทรัพย์ทวี *นฤมล ลีลายุวัฒน์*
*Jatuporn Phoemsapthawee** *Naruemon Leelayuwat*

100 ผลทันทีของการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสต่อความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน
The immediate effects of foot self-massage in combination with exercise using tennis balls on balance performance in community-dwelling older adults

*พนิดา หาญพิทักษ์พงศ์** *สมฤทัย พุ่มสลุด*
*Panida Hanphitakphong** *Somruthai Poomsalood*

114 ผลของการออกกำลังกายแบบพิลาทิสต่อความมั่นคงของแกนกลางลำตัวในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย
Effect of Pilates exercise on spinal stabilization in sedentary subjects with subacute non-specific low back pain

*เบญจมาภรณ์ หาญเจริญกุล**
*Benjamaporn Hancharoenkul**

123 ผลของการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานต่อสมรรถภาพทางกายและการทรงตัวในสตรีที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง
The effect of exercise with bicycle's inner tube on improvement of physical fitness and balance in women with metabolic syndrome

*กนกทิพย์ สว่างใจธรรม** *เบญจมาภรณ์ หาญเจริญกุล* *อรณิช วิมลรัตน์* *สรายุธ มงคล*
*Kanokthip Sawangjaithum** *Benjamaporn Hancharoenkul* *Oranich Vimolratana* *Sarayoot Mongkol*

132 การศึกษาเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่สูบบุหรี่ สูบบุหรี่มือสอง และไม่สูบบุหรี่
Comparison of respiratory muscle strength between cigarettes smokers, second-hand smokers and non-cigarettes smokers

กนกทิพย์ สว่างใจธรรม *เบญจมาภรณ์ หาญเจริญกุล** *สรายุธ มงคล*
Kanokthip Sawangjaithum *Benjamaporn Hancharoenkul** *Sarayoot Mongkol*
อัจฉราภรณ์ คำศรีใจ *ศิวรักษ์ กิจชนะไพบูลย์*
Utcharaporn Kamsrijai *Siwaruk Kitchanapaiboon*

138 การประเมินท่าทางการทำงานและความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อในช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว
Assessment of working posture and work-related musculoskeletal disorders in Dok Kaew broom weaving workers

*อรุณีย์ พรหมศรี**
*Arunee Promsri**

Editorial

New Year's greeting to you all. I wish this occasion will be your starting point to set your work goals and to take responsibility for your duties following the guidance of the late King Rama IX. We have been so lucky to have the great King who devoted himself to solving obstacles and improving and developing the country. He led us to live within our means and to think that it is important to put the country first.

This **Journal of Associated Medical Sciences** (J Assoc Med Sci) is the first issue under this new name. The journal doesn't have a Thai name and uses this name for the first time since its inception 50 years ago.

The editorial board has a commitment to improve the quality of the journal and bring it to an international level. Therefore, any article written in English will have special consideration to be published. In addition, we are willing to review the article not only for content but also for language to make it more complete, so send in your article for our consideration.

And last, I wish you the success for the year, with good health and a strong mind and not giving in to obstacles. Be happy and cheerful for the year to come and forever.

Assoc. Prof. Dr. Preeyanat Vongchan

Editor

ใจดีปีใหม่ รับใช้ผู้คน

ใจ.....เต็มเปี่ยมเตรียมตัวทั่วเริ่มต้น

ดี.....จากตนต่อเติมเสริมสร้างสรรค์

ปี.....เก่าไปเป็นครูรู้แบ่งปัน

ใหม่....ตั้งมั่นมากเกิดเลิศผลงาน

รับ.....หน้าที่ครบพร้อมน้อมอุทิศ

ใช้.....ชีวิตพอเพียงเคียงสุขศานต์

ผู้.....ใดพลั้งอภัยไร้ระราน

คน.....พบผ่านคือมิตรคิดรักกัน

อาจารย์สุรภา เดชะ
ผู้ประพันธ์

บทความทั่วไป: การตรวจวินิจฉัยวัณโรค จากความรู้ สู่นวัตกรรมเพื่อชุมชน

Review article: Tuberculosis diagnosis: From knowledge to innovation in public health

ชญาดา สิทธิเดช ธารินเจริญ*

*Chayada Sitthidet Tharinjaroen**

แขนงวิชาจุลชีววิทยาคลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

Division of Clinical Microbiology, Department of Medical Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand

** ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: chayada.si@cmu.ac.th)*

** Corresponding author (Email: chayada.si@cmu.ac.th)*

Received September 2016

Accepted as revised December 2016

Abstract

Tuberculosis (TB) is a serious global infectious disease caused by inhalation of droplets containing bacterial cells classified as *Mycobacterium tuberculosis* complex (MTBC). Among MTBC, *M. tuberculosis* has been known as the main causal agent of TB. MTBC infection usually exhibits pulmonary tuberculosis, but extrapulmonary tuberculosis can also be detected among TB cases. Acid fast stain, culture method and biochemical tests are standard protocols. However, MTBC is a slow growing organism and sometime generates controversial results of the biochemical tests. These result in inaccurate and delayed diagnosis and treatment that lead to inefficient control of TB. Thus, rapid and accurate TB diagnosis method and drug susceptibility test are essential. Previously, alternative techniques were newly developed, for example, fluorescence stain with increased sensitivity for directly detection MTBC in sputum specimen. The automated liquid culture system with reduced culture time among TB-positive samples. In addition, in order to increase sensitivity and specificity while reducing time of diagnosis, several molecular techniques were developed such as GeneXpert MTB/RIF, Line probe and Urinary LAM. Recently, a novel diagnostic kit so called “IMS-PCR-CTPP” was developed based on the improvement of *Mycobacterium* binding in direct specimen using monoclonal antibody coated immunomagnatic beads prior to bacterial identification using PCR-CTPP targetting the novel target gene, *lepB*. Unlike previously reported techniques, it offers simultaneous determination of MTBC and *Mycobacterium bovis* infection. Obviously, there are various methods currently available for diagnosis of TB, however, they possess distinct advantages and limitations. Therefore, applying the combination of standard and new techniques will significantly improve accuracy and reduce time of TB diagnosis, which is crucial for effective treatment and control of TB.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 1-21. Doi: 10.14456/jams.2017.1

Keywords: *Mycobacterium tuberculosis* complex, tuberculosis, tuberculosis diagnostic

บทคัดย่อ

วัณโรคเป็นโรคติดต่อเรื้อรังที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *Mycobacterium tuberculosis* complex (MTBC) โดยมี *M. tuberculosis* เป็นเชื้อที่พบได้มากที่สุด ติดต่อผ่านการหายใจเอาละอองฝอยที่มีเชื้อปนเปื้อนอยู่เข้าไป สามารถเกิดพยาธิสภาพได้ทั้งที่ปอด และบริเวณอวัยวะอื่นๆ การย้อมสีทนกรด การเพาะเลี้ยงเชื้อ และการทดสอบชีวเคมีนับเป็นวิธีการตรวจวินิจฉัยมาตรฐาน แต่เนื่องจาก MTBC เป็นเชื้อในกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้า และบางครั้งการทดสอบทางชีวเคมีอาจให้ผลไม่แน่นอน ทำให้การวินิจฉัยและการรักษาผิดพลาดและล่าช้า นำไปสู่ปัญหาในการควบคุมการแพร่ระบาดของวัณโรคที่ไม่มีประสิทธิภาพ วิธีการตรวจวินิจฉัย และการตรวจหาความไวต่อยาของเชื้อวัณโรค ที่รวดเร็ว และถูกต้อง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่ผ่านมามีรายงานเทคนิคใหม่ๆ ที่ใช้เป็นทางเลือกในการตรวจวินิจฉัยวัณโรค เช่น การย้อมตัวเชื้อด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ที่ช่วยเพิ่มความไวในการตรวจหาเชื้อโดยตรงจากสิ่งส่งตรวจเสมหะ การเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวโดยอาศัยเครื่องเพาะเลี้ยงเชื้ออัตโนมัติที่ช่วยลดระยะเวลาในการเจริญของเชื้อจากตัวอย่างที่ให้ผลบวก นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มความไวและความจำเพาะ รวมถึงระยะเวลาในการตรวจวินิจฉัย เทคนิคทางชีวโมเลกุลอื่นๆ จึงได้รับการพัฒนาขึ้น เช่น การใช้ GeneXpert MTB/RIF assay การใช้ Line probe assay รวมถึงการตรวจหาโปรตีนของเชื้อจากปัสสาวะ เร็วๆ นี้มีรายงานการใช้ชุดตรวจที่อาศัยเทคนิค IMS-PCR-CTPP ซึ่งเป็นการใช้อนุภาคแม่เหล็กที่เคลือบด้วยแอนติบอดีจำเพาะกับเชื้อในกลุ่ม *Mycobacterium* เพื่อเพิ่มโอกาสในการจับกับเชื้อในสิ่งส่งตรวจ ก่อนนำไปตรวจพิสูจน์เชื้อด้วยวิธี PCR-CTPP ที่มีความจำเพาะกับยีนเป้าหมาย *lepB* วิธีนี้แตกต่างจากเทคนิคที่มีรายงานมาก่อน เพราะสามารถระบุการติดเชื้อ MTBC และ *Mycobacterium bovis* ได้ในคราวเดียวกัน จะเห็นได้ว่าวิธีการที่ใช้ในการวินิจฉัยวัณโรคในปัจจุบันนั้นมีความหลากหลาย มีข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการประยุกต์ใช้วิธีมาตรฐานร่วมกับเทคนิคการตรวจวินิจฉัยแบบใหม่จะช่วยเพิ่มความถูกต้อง และลดระยะเวลาในการวินิจฉัยวัณโรคได้อย่างมาก ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญในการรักษาผู้ป่วย และการควบคุมวัณโรคอย่างมีประสิทธิภาพ

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 1-21. Doi: 10.14456/jams.2017.1

คำสำคัญ: เชื้อมัยโคแบคทีเรีย วัณโรค การวินิจฉัยวัณโรค

บทนำ

วัณโรค (tuberculosis) เป็นโรคติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุขทั่วโลก ประมาณการณ์ว่ามีผู้ติดเชื้อวัณโรคถึงหนึ่งในสามของประชากรทั่วโลก วัณโรคเกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียในกลุ่ม *Mycobacterium tuberculosis* (*M. tuberculosis*) complex (MTBC) โดย *M. tuberculosis* นับเป็นเชื้อที่พบได้มากที่สุด ติดต่อผ่านทางการหายใจเอาละอองฝอยที่มีเชื้อปนเปื้อนอยู่เข้าไป เป็นโรคติดต่อรุนแรงและเรื้อรังที่ก่อโรคได้กับอวัยวะทุกส่วนของร่างกาย แต่ที่พบมากและเป็นปัญหาทางสาธารณสุขอยู่ในขณะนี้ก็คือ วัณโรคปอด (pulmonary tuberculosis) และยังสามารถพบได้บริเวณอื่นๆ (extrapulmonary tuberculosis) เช่น ต่อมน้ำเหลือง กระดูก เยื่อหุ้มสมอง ได้ วัณโรคสามารถก่อโรคได้ในคนทั่วไป แต่มักพบก่อโรคในผู้สูงอายุ ผู้ที่ร่างกายอ่อนแอจากการเป็นโรคอื่น ๆ มาก่อน เช่น หวัด หัด ไอกรน ผู้ติดยาเสพติด ผู้ป่วยโรคเอดส์ รวมถึงผู้ที่มีประวัติใกล้ชิดกับคนที่เป็นโรค เช่น นอนห้องเดียวกัน หรืออยู่บ้านเดียวกัน หนึ่งในสิบของผู้ที่ได้รับเชื้อเท่านั้นที่พัฒนาเป็นวัณโรค ส่วนมากมักอยู่ในระยะแฝง ปัจจุบันมีรายงานการเพิ่มขึ้นของวัณโรคที่เกิดจากเชื้อในกลุ่ม Non-tuberculosis mycobacteria (NTM) ซึ่งมีอาการคล้ายกัน แต่การรักษาแตกต่าง รวมทั้งการติดเชื้อวัณโรคชนิดดื้อยาหลายขนาน (multidrug-resistant *M. tuberculosis* หรือ MDR-TB) ที่พบว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีความรุนแรง และต้องใช้เวลาในการรักษานานกว่าการติดเชื้อวัณโรคปกติ ในปี 2015 องค์อนามัยโลกรายงานว่าพบผู้ติดเชื้อวัณโรค 9.6 ล้านคนทั่วโลก โดยที่ 6 ล้านคนเป็นผู้ติดเชื้อรายใหม่ นอกจากนี้ ยังพบรายงานการเสียชีวิตของผู้ติดเชื้อวัณโรคถึง 1.5 ล้านคน (ในคนทั่วไป 1.1 ล้านคน และเป็นผู้ป่วยโรคเอดส์ 0.4 ล้านคน) สำหรับประเทศไทยพบรายงานผู้ติดเชื้อวัณโรครายใหม่และเป็นกลับซ้ำรวมกันประมาณ 67,722 ราย จากประชากรทั้งสิ้น 67 ล้านคน[1]

การวินิจฉัยวัณโรค

การวินิจฉัยวัณโรคระยะลุกลาม (active tuberculosis) เป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก กล่าวคือ หากมีการวินิจฉัยผู้ป่วยวัณโรคที่ถูกต้องและรวดเร็ว จะทำให้การรักษาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถควบคุมการแพร่กระจายของโรคได้

ในการวินิจฉัยผู้ป่วยที่ติดเชื้อวัณโรคนั้น ต้องพิจารณาหลายปัจจัยร่วมกัน[2] เช่น

- ภาวะเสี่ยงในการติดเชื้อ เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ที่ใกล้ชิดกับผู้ป่วยวัณโรค ผู้ติดเชื้อเอดส์ ผู้ได้รับยากดภูมิคุ้มกัน (immunosuppression) เช่น ผู้ป่วยโรคมะเร็งชนิดต่างๆ ผู้ป่วยไตวายระยะสุดท้าย ผู้ป่วยเบาหวาน ซึ่งเป็นกลุ่มบุคคลที่มีโอกาสติดเชื้อวัณโรคมากกว่าคนทั่วไปที่มีร่างกายแข็งแรง
- อาการแสดง เช่น อาการไอเรื้อรัง น้ำหนักลด อ่อนเพลีย
- ผลเอ็กซเรย์ปอด (chest X-ray) ในผู้ป่วยวัณโรคปอด สามารถพบรอยโรคเป็นฝ้าขาวบริเวณปอด
- ผลการตรวจทางจุลชีววิทยา (microbiologic examination) ประกอบด้วย ผลการย้อมเสมหะด้วยสีทนกรด (acid fast stain) เชื้อวัณโรคติดสีแดงเป็นรูปแท่ง ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ (culture) และการทดสอบความไวของเชื้อวัณโรคต่อยารักษาวัณโรค (drug susceptibility testing)
- ผลการตรวจผิวหนัง (tubulin skin test) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายต่อการถูกกระตุ้นด้วยเชื้อวัณโรค กล่าวคือ หากบุคคลได้รับเชื้อวัณโรคเข้าสู่ร่างกาย ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายจะมีการตอบสนองเพื่อทำลายเชื้อ รวมไปถึงมีการพัฒนาเซลล์ที่จดจำเชื้อวัณโรค (memory T cell) เมื่อถูกกระตุ้นด้วยโปรตีน purified protein derivatives (PPD) ซึ่งเป็นโปรตีนที่สกัดจากเชื้อวัณโรค โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนัง จะมีการตอบสนองของร่างกายเกิดขึ้นเป็นลักษณะตุ่มนูนแดง (induration) ตรงบริเวณที่ถูกกระตุ้น โดยต้องอ่านผลการทดสอบภายในเวลา 48-72 ชั่วโมง ซึ่งมีเกณฑ์วิกฤตอยู่ที่ 10 มิลลิเมตร (มม.) (ไม่รวมบริเวณที่เป็นรอยแดง) หากผู้ทดสอบให้ผลเส้นผ่านศูนย์กลางผิวหนังที่นูนหนาขนาดมากกว่า หรือเท่ากับ 10 มม. ถือว่าให้ผลบวกกับการทดสอบ ในผู้ที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง เช่น ผู้ป่วย HIV หรือผู้ที่มีประวัติได้รับยากดภูมิคุ้มกันใช้เกณฑ์วิกฤตที่ 5 มม.[3] วิธีนี้อาจให้ผลบวกปลอมได้ หากมีการเกาบริเวณที่ฉีดทดสอบ หรือ มีการติดเชื้อในกลุ่ม NTM หรือ ผู้ที่เคยได้รับวัคซีนมาก่อน เป็นต้น วิธีนี้เป็นเพียงการทดสอบว่าผู้ป่วยเคยได้รับเชื้อวัณโรคเข้าสู่ร่างกายหรือไม่ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าผู้ป่วยกำลังอยู่ในการติดเชื้อระยะลุกลามหรือไม่

ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความถูกต้องในการวินิจฉัยทางจุลชีววิทยา คือ สิ่งส่งตรวจ โดยที่สิ่งส่งตรวจที่นิยมใช้สำหรับการวินิจฉัยวัณโรค คือ เสมหะ (องค์การอนามัยโลกแนะนำให้เก็บในตอนเช้าอย่างน้อย 2 วันติดต่อกัน[4]) เนื่องจากวัณโรคพบก่อโรคมากที่ปอด เสมหะที่เก็บได้ควรมีลักษณะเหนียวข้น ไม่มีน้ำลายปน แต่มักพบปัญหาการเก็บเสมหะในผู้ป่วยบางประเภท เช่น เด็ก หรือผู้ที่ไม่สามารถขับเสมหะออกมาได้ จึงอาจมีการใช้น้ำล้างปอด (bronchoalveolar lavage) หรือ น้ำในเยื่อหุ้มปอด (pleural effusions) แทนเสมหะในผู้ป่วยกลุ่มนี้ แต่หากผู้ป่วยเป็นวัณโรคชนิดนอกปอด อาจมีการเก็บสิ่งส่งตรวจจากอวัยวะที่มีการติดเชื้อ เช่น เนื้อเยื่อ เมื่อมีการติดเชื้อในอวัยวะต่างๆ ปัสสาวะ เมื่อมีการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ น้ำไขสันหลัง เมื่อมีการติดเชื้อในระบบประสาทหรือสมอง หรือ เลือด เมื่อมีการติดเชื้อในกระแสเลือด (haematogenous TB) เป็นต้น

วิธีมาตรฐาน (gold standard) ในปัจจุบันที่ใช้ในการวินิจฉัยเชื้อวัณโรค ประกอบด้วย วิธีการวินิจฉัยเบื้องต้น คือ การย้อมสีทนกรดจากสิ่งส่งตรวจโดยตรง จากนั้นเพาะเลี้ยงเชื้อจากสิ่งส่งตรวจที่ได้จากผู้ที่สงสัยว่ามีการติดเชื้อวัณโรค โดยที่การวินิจฉัย อาศัยคุณสมบัติทางจุลชีววิทยาของเชื้อแต่ละตัว ด้วยวิธีการทางชีวเคมี เพื่อระบุสายพันธุ์ของเชื้อก่อโรค และในขั้นสุดท้ายเป็นการทดสอบความไวของเชื้อต่อยาที่ใช้ในการรักษา

1. การเตรียมสไลด์และการย้อมสีทนกรด (microscopic examination and acid fast staining)

โดยทั่วไปนิยมทดสอบโดยตรงกับสิ่งส่งตรวจที่เป็นเสมหะก่อน เพื่อช่วยในการวินิจฉัยเชื้อวัณโรคเบื้องต้น ขั้นตอนแรก คือ การเตรียมสไลด์เพื่อใช้ในการเกลี่ยเชื้อ (smear) โดยการใช้ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop) หรือ ไม้ที่ปราศจากเชื้อแล้วนำมาหักเพื่อให้เสมหะเกาะติดดี เขี่ยสิ่งส่งตรวจเสมหะ แล้วนำมาเกลี่ยบนสไลด์ที่สะอาด ปราศจากคราบไขมันหรือฝุ่นละอองต่างๆ จากนั้นทิ้งสไลด์ให้แห้ง ห่วงเขี่ยเชื้อที่นำมาเขี่ยเสมหะแล้ว ให้นำไปทำให้ปราศจากเชื้อโดยการจุ่มลงในขวดที่บรรจุทรายและมีการเติม 70% แอลกอฮอล์ ก่อนนำไปเผาไฟเพื่อฆ่าเชื้อ หากใช้ไม้ที่ปราศจากเชื้อมาเขี่ยเสมหะสามารถทิ้งลงในถุงขยะติดเชื้อก่อนนำไปเผาเพื่อฆ่าเชื้อเช่นกัน เมื่อสไลด์แห้งแล้ว นำสไลด์ไปผ่านเปลวไฟอย่างน้อย 2-3 ครั้งเพื่อตรึงเชื้อให้ติดกับแผ่นสไลด์ก่อนนำไปย้อมสีทนกรด ซึ่งแบ่งเป็น 2 วิธี วิธีที่หนึ่ง เรียกว่า

วิธี Ziehl-Neelsen stain (Z-N stain)[5] วิธีนี้ เชื้อ *M. tuberculosis* ในเสมหะถูกย้อมด้วยสาร Ziehl Carbolic Fuchsin โดยอาศัยความร้อนเพื่อพาสีเข้าไปในเซลล์ วิธีที่สอง เรียกว่า Kinyoun stain วิธีนี้ใช้สีชนิดเดียวกัน แต่เพิ่มความเข้มข้นของสีเป็น 3% และไม่ใช้ความร้อน จึงเพิ่มความปลอดภัย ทั้งสองวิธีเริ่มต้นจากการย้อมเชื้อด้วยสี Carbol fuchsin เชื้อที่อยู่บนสไลด์จะติดสีแดงในขั้นตอนนี้ จากนั้นล้างสีออกด้วย 3% acid alcohol (กรดไฮโดรคลอลิก 3 มิลลิลิตรใน absolute ethanol 97 มิลลิลิตร) เชื้อในกลุ่ม *Mycobacterium* มีผนังเซลล์ที่หนากว่าแบคทีเรียแกรมบวกทั่วไป จึงมีคุณสมบัติทนกรดทำให้สีไม่ถูกชะออกไปหลังการเติมกรด แตกต่างจากแบคทีเรียในกลุ่มที่ไม่ทนกรด สีแดงของ carbol fuchsin จะหลุดออกจากตัวเชื้อ หลังจากนั้นเติมสี methylene blue ที่มีสีน้ำเงินลงไป เชื้อในกลุ่ม *Mycobacterium* มีสีของ carbol fuchsin อยู่แล้วจึงไม่ติดสี methylene blue ส่วนแบคทีเรียในกลุ่มที่ไม่ทนกรดจะรับเอาสี methylene blue เข้าไปในเซลล์ ทำให้ตัวเชื้อติดสีน้ำเงิน ล้างสีส่วนเกินออก ทิ้งสไลด์ให้แห้งแล้วส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า นับจำนวนเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นแท่งติดสีแดง และแปลผลตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกและ International Union Against Tuberculosis and Lung Disease (IUATLD)[6] ดังนี้

AFB count	Report
No AFB in at least 100 fields	0 / negative
1-9 AFB in 100 fields	number count
10-99 AFB in 100 fields	+
1-10 AFB per field (at least 50 fields)	++
>10 AFB per field (at least 20 fields)	+++

Table 1 Summary of advantages and limitations of methods developed for tuberculosis detection.

Methods	Advantages	Limitations
AFB stain	Simple, rapid, cheap, aviable for all laboratory	Low sensitivity, unable to differentiate between MTBC, NTM, live and dead cell
Culture	Standard method, allowing phenotypic DST determination	Time consuming, BSL3 requirement
Biochemical test	Standard method, cheap	Time consuming, controvesy results, BSL3 requirement
Fluorochrome stain	Increased sensitivity compared to AFB stain	Fluorescence microscope and technician skill requirement, expensive
Automated liquid culture system	Decreased labor and time for positive culture report, increased specificity and sensitivity, allowing DST determination	Expensive, restricted culture media and instrument, problem with biological and radioactive waste management
GeneXpert MTB/RIF assay	High sensitivity and specificity, RIF susceptibility, safe, rapid, approved by WHO	Requirement of specifically imported instrument and reagents, expensive and unaffordable in some countries
Line probe assay	High specificity and sensitivity, allowing species identification and/ or genotypic DST determination	Complexicity, requirement of technician skill for interpretation, specifically imported instrument and reagents, expensive
LAMP test	Rapid, high specificity and sensitivity	Requirement of special designed specific primer and thermostabilizer
MODS	Decreased labor and time for positive culture report, high sensitivity and specificity, allowing DST determination	Requirement of medium supplements and technician skill

Table 1 Summary of advantages and limitations of methods developed for tuberculosis detection. (continued)

Methods	Advantages	Limitations
IGRA's	Potential identification of latent TB	Expensive, inefficient to diiferentiate between active and latent TB, unsuitable for treatment monitoring
Urinary LAM	Feasible sample collection in both children and adult, rapid, no need BSL3	Low sensitivity
Flow cytometry	Accuracy, rapid	Requirement of technician skill, BSL3 and specifically imported instrument and reagent, expensive
Mycobacteriophage Assay	Rapid, allowing DST determination	Requirement of technician skill, BSL3, and cell culture
IMS-CTPP	High sensititvity and specificity, allowing simultaneous detection and identification of MTBC and *M. bovis* infection	Requirement of Thermocycler and post PCR assay
MALDI-TOF	Rapid and high accuracy	Requirement of update database and specifically imported instrument and reagent, expensive

ข้อดีของการย้อมสีทนกรด คือ เป็นวิธีที่มีความรวดเร็ว ง่าย ราคาประหยัด และไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ชนิดพิเศษ มีความจำเพาะสูงถึง 98% แต่ข้อเสีย คือ มีความไวต่ำ ต้องมีปริมาณเชื้อ 5,000-10,000 ตัวในปริมาณเสมหะ 1 มิลลิลิตร จึงจะให้ผลบวก[7] วิธีนี้ไม่สามารถแยกเชื้อที่มีชีวิตออกจากเชื้อที่ไม่มีชีวิตได้ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีเชื้ออื่นๆ ที่สามารถให้ผลบวกด้วยการย้อมสีทนกรด เช่น เชื้อในกลุ่ม NTM, *Nocardia* และ *Rhodococcus equi* เป็นต้น ในบางกรณี เช่น ผู้ป่วยเด็ก ผู้สูงอายุ หรือผู้ป่วยบางรายที่ไม่สามารถขับเสมหะออกมาได้ จะทำให้ไม่สามารถทำการวินิจฉัยเบื้องต้นด้วยวิธีนี้ได้ จึงอาจใช้น้ำล้างปอดเป็นตัวอย่างส่งตรวจแทน โดย decontaminate และย้อมสีเช่นเดียวกับตัวอย่างที่เป็นเสมหะ

2. การเพาะเลี้ยงเชื้อและการระบุชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อ (culture and identification)

การเพาะเลี้ยงเชื้อ *M. tuberculosis* มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันว่ามีเชื้อวัณโรคอยู่ในสิ่งส่งตรวจจริง และเพื่อให้ได้เชื้อวัณโรคสำหรับทดสอบหาความไวต่อยาที่ใช้ในการรักษา เมื่อเก็บเสมหะจากผู้ป่วยได้แล้ว เตรียมสไลด์สำหรับย้อมสีทนกรดดังกล่าวข้างต้น เสมหะที่เหลือนำเข้าสู่ขั้นตอน decontamination เนื่องจากในตัวอย่างเสมหะมักพบการปนเปื้อนของเชื้อประจำถิ่น (normal flora) ในระบบทางเดินหายใจปนอยู่กับเชื้อที่เป็นสาเหตุในการเกิดโรควัณโรคซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าเชื้อที่เป็นเชื้อประจำถิ่น การ decontamination จึงเป็นการลดการปนเปื้อนของเชื้อประจำถิ่นที่ปนมากับตัวอย่างเสมหะ มีขั้นตอนดังนี้

1. ละลายเสมหะด้วยสาร N-acetyl-L-cysteine ซึ่งสามารถทำลายเยื่อเมือกต่างๆ ที่ปนมากับเสมหะ จึงช่วยลดความหนืดและเหนียวข้นของเสมหะ และ Decontamination ด้วย 4% โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อประจำถิ่นที่ปนมากับเสมหะ
2. ทำให้เป็นกลาง (neutralization) ด้วยฟอตเฟสบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) หรือน้ำที่ปราศจากเชื้อ (sterile water) เพื่อเปลี่ยนสภาวะของเสมหะจากด่างให้เป็นกลาง
3. ปั่นที่ 3,000 g อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที โดยต้องมีภาชนะใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิดสนิท เพื่อปั่นให้เชื้อตกลงมาอยู่บริเวณก้นหลอด แยกส่วนที่เป็นตะกอน (sediment) ออกจากส่วนที่เป็นน้ำ (supernatant) และเก็บส่วนที่เป็นตะกอนไว้
4. ทดสอบตะกอนที่เก็บได้ ด้วยการย้อมสีทนกรด การเพาะเลี้ยงเชื้อ และการทดสอบความไวต่อยาต่อไป

เชื้อ *M. tuberculosis* สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อหลายชนิด ทั้งแบบที่ผสมไข่ เช่น อาหาร Lowenstein-Jensen (LJ medium), Ogawa หรือ ผสมสารอาหารพิเศษ เช่น Middlebrook เพื่อช่วยการเจริญเติบโตของเชื้อในกลุ่ม Mycobacteria ซึ่งเป็นเชื้อที่เจริญช้า อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อวัณโรคมีทั้งแบบอาหารแข็ง และอาหารเหลว แม้เชื้อวัณโรคสามารถเจริญในอาหารเหลวได้ดีกว่าแต่มีอัตราการปนเปื้อนสูงกว่าการเพาะเชื้อในอาหารแข็ง เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อที่ 35-37 องศาเซลเซียส เชื้อ *M. tuberculosis* จะสามารถสังเกตเห็นโคโลนีได้ภายในประมาณ 4-8 สัปดาห์ ลักษณะโคโลนีของเชื้อในกลุ่ม MTBC แตกต่างจากแบคทีเรียทั่วไป คือ ลักษณะโคโลนีมีผิวขรุขระ คล้ายดอกกะหล่ำ สีขาวครีม หากเป็นเชื้อในกลุ่ม NTM จะมีบางสายพันธุ์ที่ต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตในช่วง 25-37 องศาเซลเซียส ซึ่งจะพบโคโลนีผิวเรียบ เป็นมันวาว มีสีเหลือง สีส้ม (Figure 1) ข้อดีของวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ คือ มีความจำเพาะสูงถึง 99% และมีความไวมากกว่าการย้อมสีทนกรด สามารถให้ผลบวก คือ พบการเจริญเติบโตของเชื้อได้หากในสิ่งส่งตรวจมีปริมาณเชื้อที่ 10-100 ตัวในปริมาตรเสมหะ 1 มิลลิลิตร[7] วิธีนี้สามารถใช้ในการหาความไวต่อยาที่ใช้ในการรักษาเชื้อวัณโรค แต่วิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อยังมีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นวิธีที่ต้องใช้แรงงาน ใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน เนื่องจากเชื้อมีการเจริญเติบโตช้า และใช้ห้องปฏิบัติการที่มีระบบความปลอดภัย

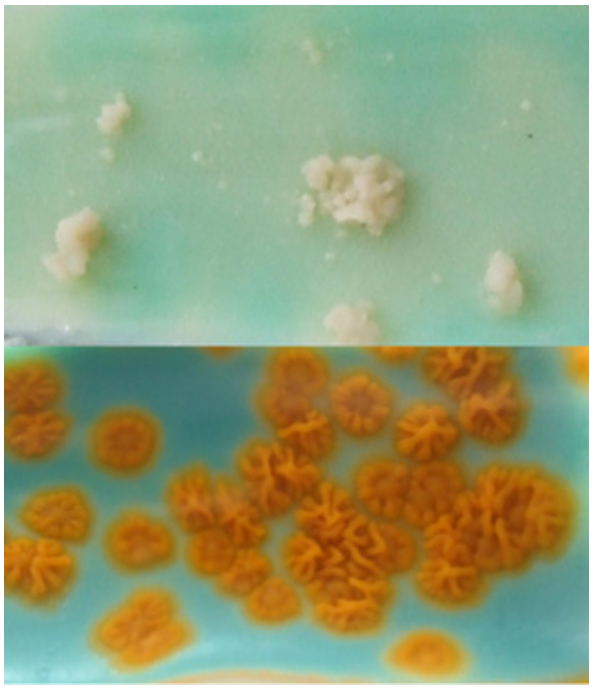


Figure 1. *Colony morphology of Mycobacterium spp. cultured on Lowenstein-Jensen medium. M. tuberculosis colonies are white, rough and cauliflower-like colonies (upper), which is different from the rough orange colonies of Mycobacterium phlei (lower).*

3. การระบุชนิดและสายพันธุ์ของเชื้อ (identification)

หลังจากที่เพาะเลี้ยงเชื้อจนสามารถสังเกตเห็นโคโลนีของเชื้อขึ้นด้วยตาเปล่าแล้ว เบื้องต้นสามารถระบุชนิดของเชื้อ *M. tuberculosis* ได้จากการสังเกตระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต การสร้างเม็ดสี และลักษณะโคโลนีทางกายภาพ กล่าวคือ เชื้อ *M. tuberculosis* เจริญช้ากว่า 7 วัน อยู่ในช่วง 4-8 สัปดาห์ ลักษณะโคโลนีมีผิวขรุขระ คล้ายดอกกะหล่ำ สีขาวครีมคล้ายฟางข้าว เมื่อขูดโคโลนีมาย้อมสีทนกรดมักหลุดง่าย เป็นก้อน แตกตัวยาก ติดสีแดงรูปร่างแท่งโค้งเล็กน้อย ในขณะที่เชื้อในกลุ่ม NTM บางสายพันธุ์มีการเจริญเติบโตภายใน 7 วัน บางสายพันธุ์ใช้เวลาในการเจริญมากกว่า 7 วัน นอกจากนั้น เชื้อในกลุ่ม NTM มักมีผิวโคโลนีเรียบ เป็นมันวาว มีสีเหลืองเข้ม หรือสีส้ม แต่วิธีนี้ต้องอาศัยความสามารถ ความชำนาญ และประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น จึงต้องมีการแยกเชื้อชนิดหรือสายพันธุ์ของเชื้อจากลักษณะทางชีวเคมี ชีวเคมีที่นิยมใช้ในการแยกเชื้อในกลุ่ม Mycobacteria ได้แก่

1. Niacin (Nicotinic acid)[8]

Niacin เป็นสารประกอบที่เกิดจากการเกิดเมแทบอลิซึมในเซลล์ของเชื้อทุกตัวในกลุ่ม Mycobacteria มีเพียงบางชนิดของเชื้อในกลุ่ม Mycobacteria เท่านั้นที่มีความสามารถในการใช้เอนไซม์เพื่อเปลี่ยน niacin ให้เป็น nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) เชื้อ *M. tuberculosis* ขาดคุณสมบัตินี้จึงเกิดการสะสมของ niacin อยู่ในอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อ เมื่อทดสอบกับสาร aniline และ cyanogen bromide จะเกิดสีเหลือง (ผลบวก) ขึ้นกับน้ำยาที่ใช้ทดสอบ พบว่า 98% ของเชื้อ *M. tuberculosis* ให้ผลบวก และเมื่อทดสอบกับเชื้อในกลุ่ม NTM ทุกตัวจะ ให้ผลลบ ยกเว้น *Mycobacterium simiae*

2. Nitrate reduction[9]

เชื้อในกลุ่ม Mycobacteria มีเอนไซม์ที่ชื่อว่า nitroreductase ที่เปลี่ยน nitrate เป็น nitrite จึงสามารถพบสาร nitrite อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ทดสอบโดยเติมสาร sulfanilamide และ n-naphthylethylendiamine จะเกิดสารประกอบ diazonium สีชมพูแดง โดยความเข้มของสีที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับปริมาณ nitrite ที่พบอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เชื้อ *M. tuberculosis* มีความสามารถในการเปลี่ยน nitrate ไปเป็น nitrite ได้มากกว่าเชื้ออื่นๆ ในกลุ่ม Mycobacteria จึงนิยมใช้

หลักการนี้แยกวินิจฉัยเชื้อ *M. tuberculosis* ส่วน *M. bovis* มักให้ผลบวกอ่อนๆ ในขณะที่ *M. africanum* ให้ผลลบ นอกจากนั้น ยังมีการประยุกต์ใช้หลักการนี้เพื่อตรวจหาความไวของเชื้อต่อยาที่ใช้ในการรักษา วิธีนี้มีค่าความไวและความจำเพาะในการตรวจการดื้อต่อยา Rifampicin (RIF) เท่ากับ 97% และ 100% และมีค่าเท่ากับ 97% และ 99% ในการตรวจหาการดื้อต่อยา Isoniazid (INH)[10] จึงได้รับการแนะนำจากองค์การอนามัยโลกให้ใช้ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานขนาดใหญ่[11]

3. การทดสอบ Catalase[12]

เชื้อในกลุ่ม Mycobacteria มีเอนไซม์ catalase ซึ่งสามารถเปลี่ยนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็น น้ำ (H_2O) และก๊าซออกซิเจน (O_2) ได้ แบ่งเป็น 2 วิธี คือ

3.1 Semiquantitative catalase test เป็นการตรวจหาเอนไซม์ catalase ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส โดยหลักการคือ เชื้อในกลุ่ม Mycobacteria มีเอนไซม์ catalase ที่มีความสามารถทำให้เกิดปริมาณก๊าซออกซิเจนได้แตกต่างกัน โดยเฉพาะเชื้อพวก *M. tuberculosis, M. marinum, M. avium, M. xenopi* และ *M. gastri* ทำให้เกิดก๊าซออกซิเจนได้น้อยกว่า 45 มม. แตกต่างจาก *M. kansansii, M. simiae* และกลุ่ม Scotochromogens ทั้งหมด กลุ่ม nonphotochromogenic ที่ไม่ก่อโรค รวมถึงกลุ่ม rapid growers mycobacteria ที่ให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนมากกว่า 45 มม. การทดสอบนี้ใช้ 30% H_2O_2 และวัดความสูงของก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้นจากผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อในหน่วยมิลลิเมตร

3.2 Heat labile catalase test หลักการคือ Mycobacteria บางตัว เช่น *M. tuberculosis*, *M. bovis, M. gastri* และ *M. haemophilum* จะสูญเสียคุณสมบัติของเอนไซม์ catalase เมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แตกต่างกับเชื้อในกลุ่ม Mycobacteria ตัวอื่นๆ ที่สามารถคงคุณสมบัติของเอนไซม์ catalase เมื่อถูกความร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน การทดสอบนี้ใช้ 30% H_2O_2 เช่นเดียวกับ semiquantitative catalase test แต่ต้องมีการบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ก่อนทดสอบกับน้ำยา 30% H_2O_2 แล้วสังเกตฟองก๊าซออกซิเจนที่เกิดขึ้น

4. Para-nitrobenzoic acid (PNB)[13]

เป็นการทดสอบอย่างง่าย เพื่อใช้แยกเชื้อในกลุ่ม MTBC ออกจาก NTM โดยเพาะเลี้ยงเชื้อ Mycobacteria ลงบนอาหาร Middle brook 7H10 ที่ผสม PNB ความเข้มข้น 500 µg/mL เชื้อในกลุ่ม MTBC ไม่สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีการผสม PNB ในขณะที่เชื้อกลุ่ม NTM สามารถเจริญได้ อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าเชื้อ *M. gastri* และ *M. kansasii* และ *M. marinum* บางสายพันธุ์ไม่สามารถเจริญได้ในอาหารที่มี PNB[14]

5. Tween 80 hydrolysis[15]

เป็นการตรวจหาเอนไซม์ lipase ซึ่งสามารถย่อย oleic acid จาก Tween 80 และเปลี่ยนสีของ indicator (neutral red) จากสีเหลืองส้มไปเป็นสีชมพูแดง ดังนั้น หากให้ผลบวกจะสังเกตอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีแดง ภายใน 5-10 วัน หลังจากบ่มเชื้อไว้ใน Tween 80 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มี 5-10% CO_2 วิธีนี้ใช้แยกเชื้อในกลุ่ม slow growing *Mycobacterium* (Scotochromogen) *M. gordonae* ซึ่งให้ผลบวก ออกจาก *M. scrofulaceum* ที่ให้ผลลบ และยังสามารถแยกเชื้อ *M. kansasii* ที่จะให้ผลบวกภายใน 24 ชั่วโมงได้อีกด้วย

6. Arylsulfatase[16]

Arylsulfatase เป็นเอนไซม์ที่พบได้ในเชื้อ Mycobacteria เกือบทุกสายพันธุ์ เอนไซม์นี้จะย่อย phenolphthalein disulfite ให้เป็น free phenolphthalein ซึ่งทำปฏิกิริยากับ sodium bicarbonate (Na_2CO_3) เกิดเป็นสีชมพูแดงในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยบ่มไว้เป็นเวลา 3 วัน (สำหรับกลุ่ม rapid grower เช่น *M. fortuitum M. chelonae*) หรือ 14 วัน (สำหรับกลุ่ม slow grower เช่น *M. marinum M. szulgai*) ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มี CO_2 หากอาหารปรากฏสีชมพูแสดงว่าให้ผลบวกในการทดสอบ เชื้อในกลุ่ม MTBC จะไม่มีเอนไซม์ Arylsulfatase

7. Urease[17]

เป็นการตรวจหาเอนไซม์ urease ที่สร้างจากเชื้อ เอนไซม์ urease ย่อย urea เป็น ammonia และ carbon dioxide ทดสอบโดยบ่มตัวเชื้อกับ urea broth เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มี CO_2 ในอาหารที่มี phenol red เป็น pH indicator ในสภาวะที่อาหารเลี้ยงเชื้อมีสภาวะเป็นกรดจะทำให้สีของ phenol red เปลี่ยนเป็นสีเหลือง แตกต่างจากในสภาวะด่างที่จะทำให้สีของ phenol red มีสีชมพูแดง หากเชื้อสามารถผลิตเอนไซม์ urease จะย่อย urea ในอาหารเลี้ยงเชื้อเกิด ammonia ทำให้ pH สูงขึ้น สีของ phenol red เปลี่ยนเป็นสีแดง แสดงว่าให้ผลบวก

8. Pyrazinamidase[18]

เป็นการตรวจวัดเอนไซม์ pyrazinamidase ที่ย่อย pyrazinamide เป็น pyrazinoic acid และ ammonia การทดสอบทำโดยบ่มเชื้อไว้ในอาหาร LJ slant ที่มีสภาวะเป็นกรดเป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภุมิ 37 องศาเซลเซียส หลังจากครบ 4 วัน เติม 1% ferric ammonium sulphate และบ่มไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นอ่านผล หากให้ผลบวกจะเห็นแถบสีชมพูบริเวณส่วนบนของอาหารเลี้ยงเชื้อ หากส่วนบนของอาหารเลี้ยงเชื้อยังคงใสให้บ่มอาหารดังกล่าวไว้ที่ 2-8 องศาเซลเซียส ต่ออีกเป็นเวลา 4 ชั่วโมง และตรวจสอบแถบสีส่วนบนของอาหารอีกครั้ง หากยังใสอยู่แสดงว่าผลการทดสอบเป็นลบ เชื้อในกลุ่ม MTBC ส่วนใหญ่ให้ผลเป็นบวก ยกเว้น *M. bovis* ซึ่งพบรายงานการดื้อต่อยา pyrazinamide โดยธรรมชาติอยู่แล้ว ส่วนเชื้อในกลุ่ม NTM ที่ให้ผลเป็นลบ ได้แก่ *M. kansasii, M. simiae, M. szulgai, M. gastri* และที่ให้ผลเป็นบวก ได้แก่ *M. marinum, M. avium, M. intracellulare, M. xenopi, M. malmoense, M. flavescens* ดังนั้นจึงสามารถใช้ผลการทดสอบ pyrazinamidase จำแนกเชื้อ *Mycobacterium* บางสปีชีส์ ได้

9. Iron uptake[19]

เชื้อ Mycobacteria บางสปีชีส์สามารถดูดซึมเหล็ก (iron) จาก ferric ammonium citrate และเปลี่ยนกลายเป็น iron oxide ได้ การทดสอบ iron uptake ช่วยวินิจฉัยเชื้อ *M. fortuitum* โดยบ่มเชื้อที่สงสัยไว้บน LJ slant ที่ผสมสาร ferric ammonium citrate เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส ผลบวกจะเห็นสีบนอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม

ข้อดีของวิธีการทดสอบทางชีวเคมี คือ สามารถระบุชนิดของเชื้อได้ถึงระดับสปีชีส์ และถือเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน แต่มักพบปัญหาความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่เชื้อวัณโรคในแต่ละสายพันธุ์มีการใช้อาหารชีวเคมีที่แตกต่างกัน และใช้ระยะเวลานานในการออกผล เนื่องจากต้องอาศัยโคโลนีของเชื้อเป็นตัวทดสอบ นอกจากนั้นสารเคมีบางตัวที่ใช้เป็นสารอันตรายและมีราคาแพง ดังนั้นห้องปฏิบัติการในโรงพยาบาลทั่วไปจึงไม่นิยมทำการทดสอบ

3. การทดสอบความไวต่อยาของเชื้อวัณโรค

หลังจากกระบวนการย่อยและฆ่าเชื้อปนเปื้อนในเสมหะ ตะกอนที่ได้จะถูกนำไปเพาะเลี้ยงเชื้อ รวมทั้งทดสอบความไวต่อยาของเชื้อวัณโรค โดยทั่วไปนิยมใช้วิธีที่เรียกว่า “Proportion method” เริ่มจากปรับเชื้อ *Mycobacterium* ในน้ำกลั่นที่ปราศจากเชื้อให้มีความขุ่นเท่ากับ McFarland No.1 ซึ่งมีปริมาณเชื้อเท่ากับ 10^7 CFU/mL จากนั้นเจือจางเชื้อให้มีปริมาณเท่ากับ 10^4 และ 10^2 CFU/mL นำเชื้อที่เจือจางปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในอาหาร LJ medium ที่ผสมยาดังนี้ Streptomycin 2.0 µg/mL, INH 0.2 µg/mL, INH 1.0 µg/mL, RIF 1.0 µg/mL, Ethambutol 5.0 µg/mL[20] และอาหาร LJ medium ที่ไม่ผสมยา นำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 4-8 สัปดาห์ อ่านและบันทึกผล โดยพิจารณาจากจำนวนโคโลนีของเชื้อระหว่างอาหารที่มีและไม่มียา หากพบว่าจำนวนโคโลนีของเชื้อในอาหารที่มียาผสมอยู่ มีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 1 เมื่อเทียบกับอาหารที่ไม่มียาผสมอยู่ ถือว่าเชื้อ Mycobacteria นั้นดื้อต่อยาชนิดที่ทดสอบ และผลของเชื้อที่ไวต่อยาเมื่อยาสามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อได้มากกว่า 99% (หรือเชื้อเติบโตได้น้อยกว่า 1%) วิธีนี้ยังคงใช้ในประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากง่ายและมีราคาถูก แต่มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้ระยะเวลานานในการออกผล[21] และต้องการห้องปฏิบัติการที่มีระบบความปลอดภัย เนื่องจากต้องสัมผัสกับเชื้อปริมาณสูงมาก

วิธีการตรวจวินิจฉัยแบบใหม่

จากคุณสมบัติเฉพาะของเชื้อ *M. tuberculosis* ที่ต้องอาศัยเวลาในการเจริญและวิธีตรวจมาตรฐานตามที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ทำให้การตรวจวินิจฉัยวัณโรคล่าช้า ส่งผลต่อการรักษาและการควบคุมโรค อีกทั้งมีความต้องการวิธีตรวจใหม่ๆ ที่มีความสะดวก รวดเร็ว สามารถแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากวิธีเดิมที่ใช้อยู่ เช่น แยก *M. tuberculosis* จาก NTM ได้ สามารถตรวจวินิจฉัยในผู้ติดเชื้อ HIV และผู้ป่วยเด็กได้ สามารถตรวจการดื้อยาพร้อมกันในคราวเดียวและสามารถตรวจในกรณีที่เป็นการติดเชื้อแบบ extrapulmonary tuberculosis อีกทั้งวิธีเดิมบางวิธีนั้นไม่สามารถแยกระหว่างวัณโรคในระยะลุกลามหรือวัณโรคในระยะแฝง ซึ่งมีความสำคัญด้านการป้องกันและควบคุมไม่ให้กลุ่มวัณโรคในระยะแฝงพัฒนาไปเป็นวัณโรคในระยะลุกลามได้[22,23]

ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาวิธีการตรวจวินิจฉัยวัณโรคขึ้นมาจำนวนมากและมีหลักการแตกต่างกันไป ดังต่อไปนี้

1. Fluorochrome stain[23]

เป็นวิธีตรวจคัดกรองแบบรวดเร็วเพื่อหา acid-fast bacteria (AFB) ในสิ่งส่งตรวจ โดยย้อมตัวเชื้อ Mycobacteria ในเสมหะโดยตรงด้วยสี Auramine-O หรือ Rhodamine B สีจะเข้าไปจับกับ mycolic acid ของตัวเชื้อทำให้ติดสีเหลืองสะท้อนแสงเมื่อดูภายใต้กล้องฟลูออเรสเซนต์ วิธีนี้มีความไวกว่าการย้อมด้วยวิธีมาตรฐาน Z-N stain แต่ความจำเพาะเท่ากับวิธีตรวจด้วยกล้องธรรมดา จึงทำให้วิธีนี้เป็นวิธีที่ความถูกต้องแม่นยำเพิ่มมากขึ้นและมี turnaround time สั้นกว่าวิธีมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดที่ต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานเนื่องจากไขมันหรือเศษผงอาจติดสีคล้ายตัวเชื้อ นอกจากนั้นต้องใช้สี และเครื่องมือพิเศษ ได้แก่ กล้องฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีราคาแพง และอายุการใช้งานหลอด Mercury vapor ที่สั้น (ประมาณ 200 ชั่วโมง) จึงเหมาะกับห้องปฏิบัติการเฉพาะทางที่วิเคราะห์สิ่งส่งตรวจเป็นจำนวนมากและควรมีการควบคุมคุณภาพเพื่อทดสอบความถูกต้อง อย่างไรก็ตาม สิ่งส่งตรวจที่ให้ผลบวกด้วยวิธีนี้ควรย้อมซ้ำด้วย carbol fuchsin staining methods เพื่อยืนยันผลบวก นอกจากนี้มีการประยุกต์ใช้กล้อง Light-Emitting Diodes (LEDs) ที่มีราคาถูกกว่ากล้องฟลูออเรสเซนต์ทดแทนได้ ร่วมกับอายุการใช้งานของ LEDs ที่มากกว่า 50,000 ชั่วโมง จึงเหมาะสมกับการใช้งานในเขตพื้นที่ห่างไกล (peripheral area)[24-27]

2. Automated liquid culture system

เป็นการเพาะเลี้ยงเชื้อด้วยเครื่องเพาะเลี้ยงเชื้อระบบอัตโนมัติ อาศัยการตรวจจับการเจริญเติบโตของเชื้อภายในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถศึกษาความไวต่อยาของเชื้อได้ โดยเปรียบเทียบการเจริญของเชื้อในหลอดที่มียาเทียบกับหลอดที่ไม่มียา (growth control) ซึ่งได้รับการแนะนำจากองค์การอนามัยโลกให้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับตรวจหาการดื้อยาของ first line drug[10, 27] และ second line drug[28] ระบบเครื่องเพาะเลี้ยงเชื้ออัตโนมัติมีหลักการที่แตกต่างกัน เช่น เครื่อง BACTEC 460 system และ BACTEC MGIT 960 system เป็นต้น

2.1 เครื่อง BACTEC 460 system

เป็นวิธีการเพาะเชื้อในอาหารเหลวแบบกึ่งอัตโนมัติ (semi-automated culture system) โดยอาศัยหลักการ Radiometric detection ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1969 โดย Deland และ Wagner[29] สิ่งส่งตรวจจะถูกฉีดในหลอดเพาะเลี้ยงที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว (Middle brook 7H9 broth base) ซึ่งมีสารกัมมันตภาพรังสี ^{14}C ในรูปของเกลือ palmitate และ PANTA antibiotic mixture (P: polymyxin B, A: amphotericin B, N: nalidixic acid, T: trimethoprim, A: azlocillin) ซึ่งเป็นส่วนผสมของยาปฏิชีวนะที่ใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ที่ปนเปื้อนในสิ่งส่งตรวจ หากในสิ่งส่งตรวจมีเชื้อ mycobacteria เชื้อจะใช้เกลือ palmitate ในการเจริญเติบโตและเกิด decarboxylation กับ ^{14}C ปล่อย $^{14}CO_2$ ออกมา[30] ตัวเครื่องสามารถวัดและแสดงเป็นค่า growth index (GI) ค่า GI ที่เพิ่มขึ้น แสดงถึงอัตราการเติบโตของเชื้อในอาหารที่เพิ่มขึ้น ข้อดีของการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวด้วยเครื่อง BACTEC 460 นี้ คือ มีความจำเพาะ (99.9%) และมีความไว (85.8%) สูงต่อเชื้อ mycobacteria

สามารถทดสอบ primary isolation และทดสอบการดื้อยา (drug susceptibility test) จากสิ่งส่งตรวจได้ (clinical specimen) ให้ผลทดสอบรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับการเพาะเชื้อด้วย solid media (สามารถออกผลภายใน 10 ถึง 18 วัน ในขณะที่ผลจากการเพาะเลี้ยงด้วย solid media เช่น LJ medium จะใช้เวลา 3 ถึง 5 สัปดาห์)[31] นอกจากนี้ด้วยการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารเหลวยังเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ Mycobacteria สายพันธุ์ที่ขึ้นได้ดีในอาหารเหลว ได้แก่ *Mycobacterium genavense*[32] ข้อด้อยคือมีราคาแพงและเป็นอันตรายจากการใช้สารกัมมันตภาพรังสี รวมทั้งการควบคุมและกำจัดขวดเพาะเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการใช้งานแล้ว

2.2 เครื่อง BACTEC MGIT 960 system

เป็นระบบอัตโนมัติที่พัฒนามาจาก BACTEC 460 system โดยใช้หลักการ non-radiometric technique สิ่งส่งตรวจทั้งจาก pulmonary และ extra-pulmonary tuberculosis (ยกเว้นเลือด) จะถูกเพาะเลี้ยงในหลอด Mycobacteria Growth Indicator Tube (MGIT) ซึ่งมีอาหาร Middlebrook 7H9 broth base ผสมกับ OADC enrichment (O: oleic acid สำหรับกระตุ้น metabolic, A: albumin สำหรับจับ free fatty acid, D: dextrose เป็นแหล่งพลังงาน, C: catalase สำหรับทำลาย peroxides ที่เกิดขึ้นในอาหาร) และ PANTA antibiotic mixture เพื่อยับยั้งการปนเปื้อนของเชื้ออื่นๆ โดยมีสารฟลูออเรสเซนต์ที่ไวต่อออกซิเจน (O_2: oxygen-quenched fluorochrome) อยู่ก้นหลอด เมื่อเชื้อใช้ออกซิเจนเพื่อการเจริญเติบโต สารฟลูออเรสเซนต์ในหลอดจะถูกวัดด้วย sensors (UV transilluminator lamp) โดยผลฟลูออเรสเซนต์ที่ได้แปรผันตรงกับปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้เพื่อการเจริญเติบโต ผลการเจริญของเชื้อในหลอดจะถูกวัดทุกๆ 60 นาที เมื่อค่าการเรืองแสงถึงเกณฑ์ตามกำหนดแสดงถึงการเพิ่มจำนวนของเชื้อมีจำนวนประมาณ 10^5 ถึง 10^6 CFU/mL ภายในหลอด เครื่องจะส่งสัญญาณเตือนเป็นผลบวกจึงสามารถติดตามผลได้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระยะแรกและทุกชั่วโมง ทำให้ออกผลทดสอบได้รวดเร็วกว่าระบบ BACTEC 460 system สามารถให้ผลที่รวดเร็วภายใน 3-10 วัน ลดปัญหาแรงงานเพราะใช้ระบบคอมพิวเตอร์ควบคุม และยังมีความจำเพาะและความไวสูง (ความจำเพาะเท่ากับ 99.6% และความไวเท่ากับ 81.5%[31] นอกจากนี้ยังสามารถทดสอบการดื้อยาได้เช่นเดียวกัน

3. Polymerase chain reaction (PCR) & Gene probe

มีหลักการเพิ่มจำนวนสารพันธุกรรมของเชื้อที่สงสัย (nucleic acid amplification (NAA) assays) โดยออกแบบ primer ที่มีความจำเพาะกับสารพันธุกรรม (DNA หรือ RNA) ของเชื้อที่ต้องการตรวจหา เช่น 16S rDNA ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นแรก (denaturation) เป็นขั้นตอนที่ใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 95-97 องศาเซลเซียส เพื่อแยกสาย DNA ออกจากกันให้เป็นเส้นเดี่ยว ขั้นตอนที่ 2 (annealing) เป็นขั้นตอนที่ใช้อุณหภูมิประมาณ 55-65 องศาเซลเซียส ซึ่งเหมาะสมในการให้ primer ไปเกาะที่ตำแหน่งจำเพาะ และขั้นที่สาม (extension) เป็นขั้นตอนที่ใช้อุณหภูมิประมาณ 70-72 อาศาเซลเซียส เพื่อต่อสายของ DNA คู่สม ในขั้นตอนนี้มีการใช้เอนไซม์ DNA polymerase เป็นตัวช่วยในปฏิกิริยา ในการทำ PCR จะมีการวนรอบซ้ำของ 3 ขั้นตอนนี้ จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นจำนวน 2^n เมื่อ n คือจำนวนรอบของปฏิกิริยา การตรวจสอบ PCR product ที่เกิดขึ้น ใช้วิธี gel electrophoresis วิธี PCR นี้เป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็ว ใช้ได้ดีแม้มีปริมาณเชื้อน้อย แต่เป็นวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องมือ Thermocycler ซึ่งมีราคาแพง ปัจจุบันมีนักวิจัยพัฒนาเทคนิคการตรวจหาเชื้อวัณโรคโดยอาศัยหลักการนี้ แต่มีรายละเอียดของวิธีการที่แตกต่างกัน

ยกตัวอย่างเช่น

3.1 GeneXpert MTB/RIF assay[22, 23, 33]

เป็นเครื่องอัตโนมัติใช้หลักการ Real-time PCR เช่นเดียวกับการทำ PCR แต่มีวิธีการตรวจหา PCR product ด้วยสารฟลูออเรสเซนต์ และสามารถตรวจหาได้ในทันทีที่มีการเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมโดยไม่ต้องเสียเวลาในการทำ gel electrophoresis วิธีนี้ใช้ในการตรวจหาสารพันธุกรรมของเชื้อ *M. tuberculosis* ในตัวอย่างได้โดยตรง โดยใช้ *rpoB* เป็นยีนเป้าหมาย ซึ่งเป็นยีนที่พบจำเพาะในกลุ่มของเชื้อ MTBC พร้อมทั้งยังสามารถตรวจการดื้อต่อยา RIF ในตัวอย่างได้ โดยออกแบบ primer เพื่อตรวจหาการกลายพันธุ์บนยีน *rpoB* ในตำแหน่งที่ 81-bp (81-bp rifampin resistance-determining region) พบว่า 95% ของการดื้อยา RIF สัมพันธ์กับการเกิดการกลายพันธุ์ที่ตำแหน่งดังกล่าว[34] จากการศึกษาพบว่า ในสิ่งส่งตรวจที่ให้ผลการย้อมสีทนกรดเป็นบวก (smear positive) และให้ผลการเพาะเชื้อเป็นบวก การทดสอบมีค่าความไวเท่ากับ 98.2% และในสิ่งส่งตรวจที่ให้ผลการย้อมสีทนกรดเป็นลบ (smear negative) แต่ให้ผลการเพาะเชื้อเป็นบวก การทดสอบมีค่าความไวเท่ากับ 72.5% มีค่าความจำเพาะเท่ากับ 99.2%[35] ข้อดีของการตรวจด้วยวิธีนี้ คือ มีความไวและความจำเพาะสูง ใช้งานง่าย เป็นวิธีที่มีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานเนื่องจากเป็นระบบปิด กล่าวคือ ผู้ปฏิบัติงานเพียงนำสิ่งส่งตรวจเสมหะที่ได้จากผู้ป่วยมาผสมกับน้ำยาที่ใช้ในการย่อยเสมหะ จากนั้นจึงนำไปหยอดลงในตลับเพื่อทดสอบต่อโดยอาศัยเครื่องอัตโนมัติ วิธีนี้ให้ผลรวดเร็วทั้งการวินิจฉัยและผลการดื้อต่อยา RIF (สามารถรายงานผลได้ภายใน 2 ชั่วโมง) เป็นวิธีที่องค์การอนามัยโลกยอมรับ แต่อย่างไรก็ตาม วิธีนี้สามารถตรวจหาการดื้อต่อยา RIF ได้เพียงชนิดเดียวเท่านั้น อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องอัตโนมัติที่จำเป็นต้องได้รับการบำรุงรักษาและใช้น้ำยาเฉพาะซึ่งมีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

3.2 Line probe assays

เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้ตรวจหาสารพันธุกรรมของเชื้อ *M. tuberculosis* และตรวจหาการดื้อยา โดยใช้หลักการของ PCR และ hybridization วิธีการหลักๆ คือ ขั้นตอนแรกเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของเชื้อ *M. tuberculosis* ด้วยเทคนิค PCR โดยใช้ primer ที่ติดฉลากด้วย biotin (biotinylated primer) จากนั้น นำ PCR product ที่ได้ไปทดสอบกับแถบที่ตรึงด้วย probes จำเพาะในการตรวจหาสารพันธุกรรมหรือยีนที่กำหนดการดื้อยาของเชื้อด้วยเทคนิค hybridization หากมีสารพันธุกรรมของเชื้อในสิ่งส่งตรวจ จะมีการจับอย่างจำเพาะของ PCR product และ probe (hybridization) บนแถบ หลังจากนั้นตรวจสอบด้วยวิธี colorimetric development สังเกตแถบสีที่เกิดขึ้นและแปลผลตามคำแนะนำของบริษัท ตัวอย่างชุดทดสอบที่ใช้หลักการนี้ ได้แก่ INNO-LiPA®kit (Innogenetics, เบลเยี่ยม) และ GenoType® assay (Hain Lifescience, เยอรมัน) ชุดตรวจ INNO-LiPA® MYCOBACTERIA v2 kit สามารถวินิจฉัยแยกเชื้อ Mycobacteria ในระดับ สปีชีส์ ได้ดังนี้ *M. tuberculosis complex, M. kansasii, M. xenopi, M. gordonae, M. genavense, M. simiae, M. marinum and M. ulcerans, M. celatum, M. avium-M. intracellulare complex* (MAIS), *M. avium, M. intracellulare, M. rofulaceum, M. haemophilum, M. chelonae complex, M. fortuitum* complex และ *M. smegmatis* ตรวจหายีนในส่วน 16S-23S ribosomal rRNA spacer region ของเชื้อ[36] นอกจากนี้ยังมีชุดทดสอบ INNO-LiPA Rif. TB ที่สามารถตรวจวินิจฉัย MTBC และการดื้อยา RIF โดยตรวจหาตำแหน่งการกลายพันธุ์บนยีน *rpoB* ไปพร้อมกัน[37] วิธีนี้เหมาะสำหรับการตรวจวินิจฉัยเชื้อที่ผ่านการเพาะเลี้ยงเชื้อมาแล้ว แต่ยังไม่แนะนำให้ใช้กับสิ่งส่งตรวจโดยตรง สำหรับชุดตรวจ GenoType® assay สามารถ

วิเคราะห์แยกเชื้อ MTBC และเชื้อในกลุ่ม NTM ได้[38] ชุดทดสอบ GenoType® MTBDRplus สามารถตรวจหา MTBC ควบคู่ไปกับการดื้อต่อยา RIF และ INH ได้ โดยตรวจหาการกลายพันธุ์บนยีน *rpoB* การกลายพันธุ์บนยีน *katG* (ส่งผลให้เชื้อดื้อต่อยาในระดับ high-level isoniazid resistance) และการกลายพันธุ์บนยีน *inhA* (ส่งผลให้เชื้อดื้อยาในระดับ low-level isoniazid resistance) ชุดตรวจนี้สามารถใช้ได้กับเชื้อที่ผ่านการเพาะเลี้ยงเชื้อมาก่อนรวมถึงจากสิ่งส่งตรวจโดยตรง วิธีการนี้ได้รับการแนะนำจากองค์การอนามัยโลกให้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับตรวจการดื้อยาของ first line drug[10,26] ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ผลรวดเร็ว (ให้ผลภายใน 3-4 ชั่วโมง) และยังมีความไว และความจำเพาะสูงอีกด้วย (ปริมาณเชื้อในเสมหะที่ตรวจพบได้ 1-10 bacilli/mL) เร็วๆ นี้ มีการพัฒนาชุดตรวจเพื่อใช้วิธีนี้ในการทดสอบความไวต่อยาในกลุ่ม second line drug เช่น ยาในกลุ่ม fluoroquinolones, aminoglycoside และ cyclic peptide เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีราคาแพง บางชุดทดสอบสามารถนำมาใช้ได้กับตัวอย่างที่ให้ผลบวกในการเพาะเชื้อเท่านั้น และยังต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานในการแปลผล

3.3 Loop mediated isothermal amplification (LAMP)

เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพและใช้เวลาน้อยกว่าเทคนิค PCR อาศัยการเพิ่มจำนวนของสารพันธุกรรมโดยใช้ primer จำนวน 6 เส้น ที่มีความจำเพาะกับ 16S rDNA ใน 6 ตำแหน่งของเชื้อวัณโรค ได้แก่ outer primers (F3 และ B3), forward inner primer (FIP(F1c และ F2)), backward inner primer (BIP(B1 และ B2c)), และ loop primers (loop F และ loop B)[39] ร่วมกับเอมไซม์ *Bst* DNA polymerase ที่ทำหน้าที่แยกสายคู่ของ DNA และเติม dNTPs ได้ที่อุณภูมิคงที่ระหว่าง 60-65 องศาเซลเซียส กระบวนการเพิ่มจำนวนมี 2 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นคือ initial และ cycling step ขั้นตอนนี้จะเกิดการแยกของสาย DNA เพื่อให้ outer และ inner primer จะเข้าจับ DNA เป้าหมายอย่างจำเพาะ จากนั้นเติมเบสคู่สมตามแม่แบบ DNA บริเวณปลายมีส่วน hanging ซึ่งโค้งเข้ามาเกิดเป็นปลาย loop ทั้งสองข้างและเกิดโครงสร้างคล้ายดัมเบลขึ้น (dumbbell-shaped DNA structures) โครงสร้างดัมเบลนี้จะถูกใช้เป็นต้นแบบเพื่อเพิ่มจำนวน จนมีลักษณะเป็นลูกโซ่เป็นจำนวนมากในขั้นตอน elongation และ recycling ทำให้สามารถดูผลบวกได้ด้วยตาเปล่า หรือตรวจวัดด้วยสารฟลูออเรสเซนต์ เช่น SYBR Green จุดเด่นของวิธีการนี้คือ เป็นการเพิ่มสารพันธุกรรมของเชื้อแบบใช้อุณหภูมิเดียว (isothermal) จึงเป็นเทคนิคที่ไม่ต้องอาศัยเครื่อง Thermocycler นอกจากนี้ ยังตรวจวัดสารพันธุกรรมที่เกิดขึ้น (PCR product) ได้หลายวิธี ทำให้วิธีนี้มีความไวและความจำเพาะสูงถึง 97% และ 99% ตามลำดับ ให้ผลตรวจที่รวดเร็ว (ภายใน 1 ชั่วโมง) และสามารถทดสอบจากสิ่งส่งตรวจโดยตรง เช่น เสมหะ มีรายงานว่าให้ผลการทดสอบสอดคล้องกับการทดสอบจากการเพาะเลี้ยงเชื้อ[39] อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ยังต้องอาศัยเครื่องมือที่สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการทดสอบ

4. Microscopic observation broth drug susceptibility (MODS)[40]

อาศัยการสังเกตการเจริญเติบโตของเชื้อ *M. tuberculosis* กล่าวคือ การเกิด Micro-colony และการสร้าง cord and tangle formation ที่จำเพาะของเชื้อ *M. tuberculosis* (Figure 2) ใน microtitre plates ที่มีอาหารเพาะเลี้ยงประกอบด้วย Middlebrook 7H9 broth, OADC enrichment และ PANTA antibiotic mixture ซึ่งช่วยเพิ่มความไวและทำให้เชื้อสามารถเติบโตได้เร็วกว่าในอาหารแข็ง[41] วิธีการ คือ นำสิ่งส่งตรวจที่ผ่านการ decontaminate แล้วมาเพาะเลี้ยงในหลุมทดสอบ (24-well plate) ที่ประกอบด้วยหลุมที่มีอาหารเลี้ยงเชื้ออย่างเดียวและหลุมที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อผสมยาอยู่ด้วย ได้แก่ RIF และ INH ปิดฝา นำใส่ถุง zip-lock และบ่มที่อุณหภูมิ

37 องศาเซลเซียส จากนั้นดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์หัวกลับ สังเกตการสร้าง cord และ tangle formation ที่เกิดขึ้นในอาหารเหลว วิธีนี้สามารถตรวจ *M. tuberculosis* จากสิ่งส่งตรวจเสมหะในเวลาเฉลี่ย 9 วัน มีค่าความไวอยู่ที่ 92%[42] วิธีนี้ได้รับการแนะนำจากองค์การอนามัยโลกให้ใช้ในห้องปฏิบัติการมาตรฐานขนาดใหญ่[10] มีความไว 98% และความจำเพาะ 99% ในการตรวจหาการดื้อยา RIF ของเชื้อ *M. tuberculosis* และมีความไว 91% เมื่อตรวจหาการดื้อยา INH แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่ต้องมีการเติมสารอาหารและยาเพิ่มซึ่งมีราคาแพง ต้องทดสอบในห้องปฏิบัติการที่มีระบบชีวนิภัยระดับ 3 (Biosafety level 3: BSL3) และยังต้องอาศัยผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญในการสังเกตลักษณะ cord formation จึงทำให้วิธีนี้ไม่ค่อยนิยมอย่างใช้แพร่หลายมากนัก เป็นที่น่าสนใจว่าในปี 2015 ได้มีการพัฒนาวิธี MODS ในรูปแบบอัตโนมัติ (Auto-MODS Assay)[43] โดยการใช้ 2.0-mL screw-cap tubes แทนการใช้ 24 well-plate เพื่อลดความเสี่ยงในการสัมผัสเชื้อและป้องกันการปนเปื้อนเชื้ออื่นในการทดสอบ นอกจากนี้ยังเพิ่มการทดสอบที่มีการผสมสาร PNB ลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อใช้แยกเชื้อ *M. tuberculosis* และ NTM ออกจากกัน โดย *M. tuberculosis* ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีการผสมสารนี้ บันทึกการสังเกตการเจริญของเชื้อด้วยกล้องอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความปลอดภัย และลดการใช้แรงงานบุคลากรในการอ่านผล วิธีนี้มีค่าความไวและความจำเพาะเท่ากับ 95.9% และ 97.1% ตามลำดับ

5. Interferon-gamma release Assays (IGRA's)[23]

เป็นวิธีตรวจเลือดเพื่อวินิจฉัยผู้ที่ติดเชื้อวัณโรคระยะแฝง (latent tuberculosis infection) หรือผู้ที่สงสัยว่าเคยมีประวัติได้รับเชื้อวัณโรค อาศัยการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของผู้ติดเชื้อโดยวัดระดับ interferon-gamma (IFN-γ) ที่หลั่งมาจากเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด T-cell lymphocyte โดยมีหลักการคือ หากผู้ที่สงสัยอยู่ในระยะแฝงหรือเคยมีประวัติได้รับเชื้อวัณโรค เมื่อได้รับการกระตุ้นซ้ำด้วยแอนติเจนจำเพาะของเชื้อ *M. tuberculosis* ได้แก่ early secretory antigenic target-6 (ESAT-6), culture filtrate protein 10 (CFP-10), tuberculosis 7.7 antigen[44,45] จะมีการหลั่งสาร IFN-γ จากลิมโฟซัยท์ที่เคยมีการตอบสนองต่อเชื้อ จึงช่วยบ่งชี้บอกว่าผู้ป่วยรายนี้เคยได้รับเชื้อวัณโรคมาก่อนหรืออยู่ในระยะแฝง ปัจจุบันมีชุดสำเร็จรูปจำหน่ายใช้ทดสอบ IGRA's เช่น QuantiFERON®TB Gold Test (Cellestis/Qiagen, ออสเตรเลีย) และ T-SPOT®.TB Test (Oxford Immunotec, อังกฤษ) วิธี QuantiFERON®TB Gold อาศัยหลักการ enzyme-linked immunosorbent assay กล่าวคือ นำเลือดครบส่วนมากระตุ้นการหลั่ง IFN-γ ด้วย ESAT-6, CFP-10 และ TB7.7 antigen ปั่นเก็บส่วนใสตรวจวัดปริมาณ IFN-γ ด้วยวิธี ELISA รายงานค่า IFN-γ ในหน่วยของ international units (IU) per milliliter (IU/mL) ส่วนวิธี T-SPOT®.TB อาศัยหลักการ enzyme-linked immunosorbent spot (ELISPOT) assay นำเลือดของผู้ทดสอบมาปั่นแยก peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) และเพาะเลี้ยงบน Tissue culture plate ที่ติดด้วย anti- IFN-γ จากนั้นกระตุ้น PBMCs ด้วย ESAT-6 และ CFP-10 antigen และตรวจวัด IFN-γ โดยนับ spot-forming cells ที่เกิดขึ้น รายงานผลเป็นจำนวนของเม็ดเลือดขาวที่หลั่ง IFN-γ (IFN-γ-producing T cells) ความ

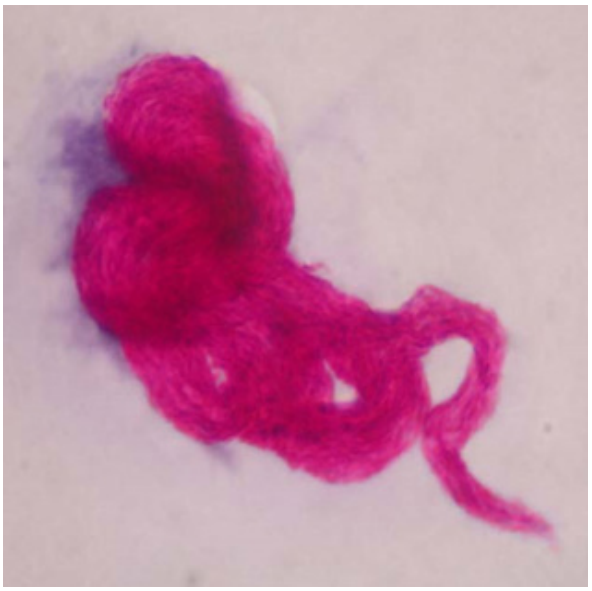


Figure 2. *Acid fast stain of cord formation of Mycobacterium tuberculosis under microscope (x100).*

จำเพาะของวิธี IGRA's ต่อการวิเคราะห์ผู้ที่ติดเชื้อวัณโรคระยะแฝงมีค่ามากกว่า 95% ความไวของวิธี T-SPOT®.TB มีค่าเท่ากับ 90% และของวิธี QuantiFERON®TB Gold มีค่าเท่ากับ 80% แต่หากทดสอบตัวอย่างเลือดเป็นผู้ป่วยติดเชื้อ HIV และเด็ก พบว่า ความไวของชุดทดสอบลดลง[46] ข้อดีของวิธี IGRA's คือ สามารถตัดปัญหาผลบวกปลอมจากการได้รับวัคซีน BCG หรือการติดเชื้อในกลุ่ม NTM ได้ ให้ผลรวดเร็วภายใน 24-48 ชั่วโมง แต่ไม่สามารถใช้แยกความแตกต่างระหว่างผู้ที่มีการติดเชื้อแบบลุกลาม หรืออยู่ในระยะแฝงได้ โดยเฉพาะในประเทศที่พบการระบาดของเชื้อสูง ซึ่งมักพบผู้ป่วยระยะแฝงจำนวนมาก อีกทั้งไม่สามารถใช้ในการติดตามผลการรักษาได้[47] วิธีนี้เป็นวิธีที่ต้องอาศัยเครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะราคาแพง ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญ มักใช้เป็นการทดสอบเพื่อวินิจฉัยผู้ที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดโรค นิยมตรวจในประเทศที่มีอุบัติการณ์ของวัณโรคต่ำถึงปานกลาง เช่น เพื่อตรวจคัดกรองคนเข้าเมือง[48]

6. Urinary lipoarabinomannan (LAM)[23]

อาศัยการตรวจหา Lipoarabinomannan (LAM) ซึ่งเป็น glycolipid ในส่วนประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อในกลุ่ม Mycobacteria ที่ปนออกมากับปัสสาวะของผู้ป่วย LAM เป็น lipopolysaccharide ที่ถูกหลั่งออกมาเป็นปริมาณมากจาก infected alveolar macrophages และจากบริเวณรอยโรคในผู้ป่วยที่อยู่ในระยะติดเชื้อ และแพร่เข้าสู่กระแสเลือด (systemic circulation) ได้ และเนื่องจากมีขนาดเล็ก (17.3 kD) ใกล้เคียงกับ myoglobin ทำให้สามารถผ่านระบบปัสสาวะออกมาได้ นอกจากนี้ LAM ยังมีคุณสมบัติทนความร้อน (heat-stable) ทำให้ไม่สลายง่ายในสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วย วิธีนี้จึงสามารถใช้บ่งชี้ในการแยกผู้ที่มีการติดเชื้อแบบลุกลามกับผู้ที่มีการติดเชื้อในระยะแฝงได้ ชุดตรวจที่มีการวางขายในปัจจุบัน เช่น Alere Determine™ TB LAM Ag test ('TB LAM' test, Alere, Waltham, MA) ซึ่งอาศัยหลักการ lateral flow immunochromatographic assay วิธีการคือ หยดตัวอย่างปัสสาวะลงบนแถบทดสอบที่ติดฉลากด้วย anti-LAM ในส่วนของ test band หากในปัสสาวะมี LAM อยู่ทำปฏิกิริยาเกิดเป็นแถบสีขึ้นเทียบกับ Reference scale card นอกจากนี้ยังมีวิธี MTB ELISA (Chemogen Inc, สหรัฐอเมริกา) และ Clearview(R) TB (Inverness, สหราชอาณาจักร) ซึ่งอาศัยหลักการ ELISA ในการตรวจหา LAM ในปัสสาวะ แต่ไม่เป็นที่นิยมเพราะก่อนการทดสอบต้องเตรียมปัสสาวะก่อนด้วยการให้ความร้อน (heating) ที่ 90-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และปั่นที่ 10,000 rpm เป็นเวลา 15 นาที จึงนำเอาส่วน supernatant ไปทดสอบด้วยวิธี ELISA วิธีนี้เป็นวิธีที่มีความจำเพาะค่อนข้างสูง (96-100%) แต่มีความไวต่ำ (74-81%)[49] ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถใช้ตัวอย่างปัสสาวะซึ่งเป็นสิ่งส่งตรวจที่เก็บง่าย สะดวกทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ การทดสอบไม่ต้องอาศัยผู้ชำนาญและไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรือตู้ชีวนิรภัยในการปฏิบัติงาน มีราคาถูก ให้ผลที่รวดเร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าให้ผลการทดสอบที่ดีในผู้ติดเชื้อ HIV ที่พบร่วมกับการติดเชื้อวัณโรค[50] แต่วิธีที่มีความไวต่ำ ไม่เหมาะสำหรับใช้ในการวินิจฉัยผู้ติดเชื้อวัณโรคที่ไม่พบการติดเชื้อ HIV ร่วมด้วย วิธีนี้จึงถูกแนะนำโดยองค์การอนามัยโลกให้ใช้เป็นชุดตรวจคัดกรองหาผู้ป่วยที่อยู่ในระยะลุกลาม หรือในผู้ป่วยที่ติดเชื้อ HIV ร่วมด้วย[51]

7. Flow cytometry assay

อาศัยการตรวจคุณลักษณะของเซลล์ที่ต้องการศึกษาในแต่ละเซลล์ โดยยิงแสงเลเซอร์ไปยังเซลล์ สามารถบอกได้ทั้งขนาดและองค์ประกอบภายในเซลล์ ทำให้สามารถจำแนกชนิดของเซลล์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจหาเครื่องหมาย (marker) บนผิวเซลล์ได้โดยการย้อมด้วยสีฟลูออเรสเซนต์ที่ติดกับแอนติบอดีที่มีความจำเพาะกับโปรตีนบนผิวเซลล์ที่ต้องการทดสอบ จากหลักการดังกล่าวจึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยผู้ป่วยวัณโรค โดยตรวจหา marker บนผิว T-cell ที่มีตอบสนองอย่างจำเพาะต่อ *M. tuberculosis* ซึ่งพบรายงานการใช้ marker ต่างๆ เช่น CD3, CD4, CD8, interleukin 2 (IL-2), tumor necrosis factor alpha (TNF-α), interferon gamma (IFN-γ), MHC class I และ MHC class II tetramer complex[52] Streitz และคณะ[53] ศึกษา T-cell lymphocyte ของผู้ป่วยวัณโรคที่ถูกกระตุ้นด้วย *M. tuberculosis* specific

ESAT-6 protein แล้วตรวจหา CD27 และระดับ IFN-γ ด้วยวิธีการ flow cytometry พบว่า T-cell ของผู้ป่วยลดการแสดงออกของ CD27 และมีการสร้าง IFN-γ เพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าความจำเพาะและความไวของการทดสอบเท่ากับ 100% และจากการศึกษาของ Harari และคณะ[54] ที่เปรียบเทียบ IL-2, IFN-γ และ TNF-α ในผู้ป่วยวัณโรคชนิดลุกลามและแบบแฝง พบการเพิ่มขึ้นของระดับ TNF-α ในผู้ป่วยวัณโรคชนิดลุกลามอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 101 ตัวอย่าง ให้ค่าความไว ความจำเพาะ ค่าทำนายผลบวก และค่าทำนายผลลบเท่ากับ 67%, 92%, 80% และ 92.4% ตามลำดับ นอกจากนี้ Rozot และคณะ[55] ตรวจวัด CD3, CD4, CD8, IFN-γ, TNF-α, และ IL-2 บน PBMCs ของผู้ป่วยวัณโรคที่ถูกกระตุ้นด้วย *M. tuberculosis* specific ESAT-6 หรือ CFP protein พบว่าหากตรวจวัด *M. tuberculosis*-specific CD4 T cells producing TNF-α ร่วมกับ *M. tuberculosis* -specific CD8 T-cell responses ได้ค่าสูง บ่งบอกได้ว่าผู้ป่วยอยู่ในระยะลุกลามโดยมีค่าความไวและความจำเพาะเท่ากับ 81.1% และ 86.5% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี flow cytometry นี้เป็นวิธีที่ให้ผลถูกต้อง แม่นยำ สามารถใช้ประยุกต์หา biomarker เพื่อช่วยในการตรวจวินิจฉัยได้ อย่างไรก็ตาม ยังต้องอาศัยเครื่องมือและน้ำยาเฉพาะที่มีราคาแพง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเนื่องจากเป็นการทดสอบกับเชื้อที่ยังมีชีวิตอยู่ จึงต้องปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการชีวนิรภัยระดับ 3 อีกทั้งต้องอาศัยความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน

8. Mycobacteriophage assay

อาศัยหลักการของ phage virus ที่จำเพาะต่อเชื้อในกลุ่ม *Mycobacterium* (mycobacteriophage) เพื่อใช้วินิจฉัยเชื้อวัณโรคที่ยังมีชีวิตในสิ่งส่งตรวจ แบ่งได้เป็นสองแบบ ได้แก่ phage-amplified biological assay (PhaB) และ luciferase reporter phages (LRPs) วิธี PhaB อาศัยการใช้ Mycobacteriophage ที่จำเพาะกับ *M. tuberculosis* ในสิ่งส่งตรวจเสมหะที่ผ่านการ decontaminate แล้ว เพื่อให้เกิดการติดเชื้อ phage ใน *M. tuberculosis* จากนั้นกำจัด phage ที่เหลืออยู่ด้านนอก แล้วเก็บ phage ที่ถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ที่ติดเชื้อ ตรวจโดยนำ phage ที่ได้ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี detector cell เช่น *M. smegmatis* (ซึ่งเป็นเชื้อที่ไม่ก่อโรคและมีการเจริญเติบโตเร็วภายใน 24 ชั่วโมง) หากในสิ่งส่งตรวจมีเชื้อ *M. tuberculosis* อยู่ phage จะทำให้เกิดการติดเชื้อใน *M. smegmatis* ได้เช่นกัน เมื่อ phage เพิ่มจำนวนทำให้เกิดการแตกของเซลล์แบคทีเรียเกิดเป็นจุดใสในอาหารเลี้ยงเชื้อ ชุดตรวจที่อาศัยหลักการนี้ ได้แก่ FASTPlaqueTB™ (Biotec Laboratories Ltd., Ipswich, สหราชอาณาจักร) วิธีนี้สามารถบอกได้ว่าในสิ่งส่งตรวจเสมหะมีเชื้อที่มีชีวิตปนเปื้อนอยู่ ให้ผลรวดเร็ว สามารถออกผลภายใน 2 วัน และยังสามารถตรวจการดื้อยาได้ แต่ก็สามารถพบการปนเปื้อนสูงจนบางครั้งไม่สามารถสรุปผลได้ ส่วนวิธี LRPs อาศัย Mycobacteriophage ที่มียีน fflux (firefly luciferase) อยู่ภายใน ที่สามารถเปล่งแสงได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วย luciferin และ cellular ATP เมื่อในสิ่งส่งตรวจมี *M. tuberculosis* อยู่ Mycobacteriophage จะทำให้เกิดการติดเชื้อ และเมื่อกระตุ้นด้วย luciferin เชื้อ *M. tuberculosis* ดังกล่าวจะเกิดการเปล่งแสงและตรวจวัดได้ ทั้งสองวิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์หาการดื้อต่อยาของเชื้อได้โดยเพิ่มขั้นตอนในการเพาะเลี้ยงเชื้อร่วมกับยาที่ต้องการทดสอบก่อนที่นำไปบ่มร่วมกับ Mycobacteriophage เพื่อทดสอบว่ามีการติดเชื้อหรือไม่[56] วิธี Mycobacteriophage นี้มีค่าความจำเพาะประมาณ 99% และค่าความไวประมาณ 98%[57]

9. การใช้ Immunomagnetic ร่วมกับ PCR with confronting two pair primers (IMS-PCR-CTPP)[58]

วิธีนี้อาศัยเทคนิคทางภูมิคุ้มกันวิทยาร่วมกับเทคนิคทางอณูชีววิทยา โดยเคลือบผงแม่เหล็กด้วยโมโนโคลนอล แอนติบอดี ที่มีความจำเพาะกับโปรตีน mycobacterial antigen 85B (Ag85B) ของเชื้อในกลุ่ม *Mycobacterium* เพื่อช่วยเพิ่มโอกาสการพบเชื้อจากสิ่งส่งตรวจ โมโนคอลนอล แอนติบอดี สามารถจับได้ทั้งเชื้อในกลุ่ม MTBC และ NTM หลังจากนั้นจึงนำไปทดสอบต่อเพื่อวินิจฉัยเชื้อในกลุ่ม MTBC โดยนำไปเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมของเชื้อด้วยวิธี PCR with confronting two-pair primers (PCR-CTPP) ที่ออกแบบ primer ให้มี

ความจำเพาะกับยีนเป้าหมายใหม่คือ ยีน *lep*B ซึ่งมีความจำเพาะต่อเชื้อในกลุ่ม MTBC เท่านั้น นอกจากนี้ primer ยังสามารถระบุการติดเชื้อ *M. bovis* ได้อีกด้วย (Figure 3) การศึกษาของ Tharinjaroen และคณะ[59] พบว่า ยีน *lep*B สามารถพบได้ในแบคทีเรียทั้งชนิดแกรมบวกและแกรมลบ *lep*B กำหนดการสร้างโปรตีน Type I signal peptidase ที่เป็นเอนไซม์ที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการมีชีวิตอยู่ของแบคทีเรียชนิดต่างๆ รวมทั้งเชื้อในกลุ่ม Mycobacteria ด้วยเช่นกัน จากการศึกษาเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อในกลุ่ม MTBC พบว่า ยีน *lep*B มีความคล้ายคลึงกันมาก แต่เป็นที่น่าสนใจว่า ในเชื้อ *M. bovis* ลำดับเบสตำแหน่งที่ 766 ของยีนนี้มีความแตกต่างจากเชื้อตัวอื่นๆ ในกลุ่ม MTBC กล่าวคือมีการเปลี่ยนจากเบสกัวนีน (guanine) เป็นอะดีนีน (adenine) (G766A) จึงสามารถประยุกต์ใช้วิธี PCR-CTPP ในการตรวจพิสูจน์เชื้อกลุ่ม MTBC และระบุการติดเชื้อ *M. bovis* ได้ในคราวเดียวกัน วิธี PCR-CTPP สามารถตรวจพบเชื้อวัณโรคได้อย่างน้อยที่สุด 12-120 ตัว และเมื่อทดสอบวิธีนี้กับสารพันธุกรรมที่สกัดได้จากโคโลนีที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเชื้อจากสิ่งส่งตรวจ พบว่ามีค่าความไวเท่ากับ 95% ความจำเพาะเท่ากับ 100% ค่าทำนายผลบวกเท่ากับ 100% และค่าทำนายผลลบเท่ากับ 95% นอกจากนี้ เมื่อประเมินวิธีนี้กับสิ่งส่งตรวจเสมหะโดยตรงเทียบกับวิธีมาตรฐาน พบว่ามีค่าความไว 84% ความจำเพาะ 76% ค่าทำนายผลบวก 90% และค่าทำนายผลลบเท่ากับ 67% จะเห็นว่าวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย ราคาถูก ให้ผลที่ถูกต้อง รวดเร็ว มีค่าความไวและความจำเพาะสูง เมื่อนำมาพัฒนาต่อยอดร่วมกับการใช้ผงแม่เหล็กที่มีการเคลือบโมโนโคลนอลแอนติบอดีที่มีความจำเพาะกับเชื้อในกลุ่ม *Mycobacterium* (IMS-PCR-CTPP) จึงเกิดเป็นชุดตรวจวินิจฉัยวัณโรครูปแบบใหม่ขึ้น จากการทดสอบวิธี IMS-PCR-CTPP โดยใช้สิ่งส่งตรวจเสมหะทั้งสิ้น 133 ตัวอย่าง ที่ให้ผลการย้อมสี AFB เป็นลบจนถึง 3+ เทียบกับวิธีมาตรฐาน พบว่ามีความไว และความจำเพาะเท่ากับ 89.9% และ 88.6 % ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าวิธี IMS-PCR-CTPP นี้เป็นวิธีที่มีความถูกต้อง ความไว และความจำเพาะสูงกว่าเมื่อเปรียบกับการย้อมสี AFB ให้ผลการตรวจวินิจฉัยที่รวดเร็วเมื่อเทียบกับวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อ ราคาถูก สามารถลดการนำเข้าชุดตรวจสำเร็จรูปที่มีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยการติดเชื้อวัณโรคและระบุการติดเชื้อ *M. bovis* โดยไม่ต้องอาศัยการทดสอบทางชีวเคมีที่ต้องการสภาวะที่เป็นกรดจึงไม่เป็นที่นิยมทำกันในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั่วไป

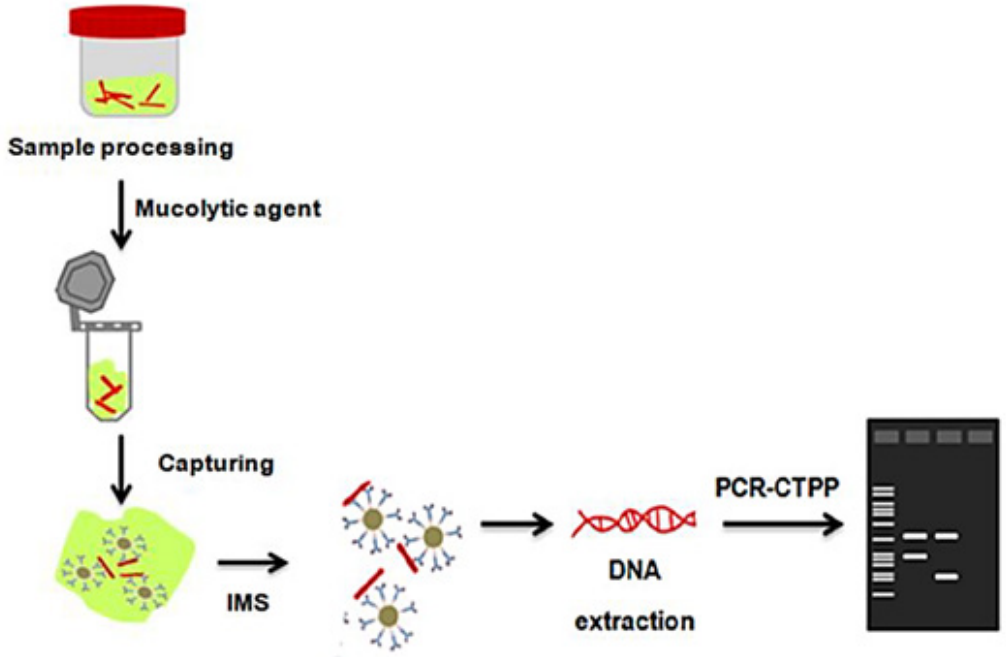


Figure 3. *Principle of immunomagnetic combined with PCR with confronting two pair primers (IMS-PCR-CTPP). Anti-Mycobacteria antibody coated magnetic beads were used to increase binding of Mycobacterium spp. presenting in clinical sample prior to detection and identification of M. tuberculosis complex and M. bovis using PCR-CTPP.*

10. Matrix assisted laser desorption/ionization time of flight mass spectrometry (MALDI-TOF)[60]

เป็นเครื่องมือวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของสาร โดยการทำให้สารที่ต้องการทดสอบแตกตัวเป็นไอออนด้วยแสงเลเซอร์ ไอออนของสารจะเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องวัดมวลโมเลกุล (mass spectrometer) ซึ่งเป็นท่อสุญญากาศที่มีสนามไฟฟ้าไปตกกระทบกับตัวตรวจจับ (detector) ระยะเวลาที่ไอออนเคลื่อนที่ไปตกกระทบกับตัวตรวจจับ เรียกกว่า time-of-flight (TOF) ซึ่งแปรผันตรงกับมวลโมเลกุลของสาร สารโมเลกุลเล็กเคลื่อนที่ไวกว่าสารโมเลกุลใหญ่จึงใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่า แสดงผลออกมาเป็นกราฟ mass/charge ratio (m/z) เรียกว่า peptide mass fingerprint (PMF) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันตามชนิดของสารนั้นๆ นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลในระบบ จากความรู้ดังกล่าวจึงมีการนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้ในการตรวจเพื่อระบุชนิดของเชื้อจุลชีพต่างๆ รวมถึงเชื้อ *Mycobacterium* เช่น ในปี 2010 Lotz และคณะ[61] ทดสอบเชื้อ Mycobacteria ทั้งสิ้น 311 ตัวอย่างที่มีการเพาะเลี้ยงทั้งในอาหารแข็ง (LJ) และอาหารเหลว (MGIT) พบว่าสามารถให้ผลได้ถูกต้องคิดเป็น 97% และ 77% จากเชื้อที่เพาะเลี้ยงบน LJ และ MGIT ตามลำดับ นอกจากนั้น ยังมีการใช้ MALDI-TOF ร่วมกับการทำ sequencing เพื่อนำผลที่ได้ไปเป็นฐานข้อมูลในระบบเพื่อใช้ระบุเชื้อ *Mycobacterium* ที่ดื้อต่อยาที่ใช้ในการรักษา[62] วิธีนี้ช่วยลดระยะเวลาในการระบุชนิดของเชื้อ *Mycobacterium* ได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน เป็นวิธีที่ให้ผลที่ถูกต้องรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบยังขึ้นกับฐานข้อมูลที่มีอยู่ในระบบซึ่งต้องมีการปรับฐานข้อมูลให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อให้การวินิจฉัยเป็นไปอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อ *Mycobacterium* เป็นเชื้อที่มีผนังเซลล์หนา จึงต้องมีการใช้สารเคมีรวมถึงวิธีการเฉพาะเพื่อเตรียมเชื้อก่อนทดสอบด้วยเครื่อง MALDI-TOF ซึ่งมีราคาแพง จึงอาจยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก

บทสรุป

การติดเชื้อวัณโรคเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบรายงานการติดเชื้อเพิ่มขึ้นของวัณโรคดื้อยาหลายขนาน ร่วมกับยังไม่พบรายงานยาชนิดใหม่ที่ใช้ในการรักษาวัณโรค การวินิจฉัยที่ถูกต้อง และรวดเร็วจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรค วิธีที่ใช้ในการวินิจฉัยวัณโรคมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน การประยุกต์ใช้วิธีใหม่ๆ ที่เริ่มจากการศึกษาวิจัยนำไปสู่การพัฒนาชุดตรวจรูปแบบใหม่ในห้องปฏิบัติการจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวินิจฉัยผู้ติดเชื้อวัณโรค วิธีย้อม AFB เป็นวิธีที่ง่าย สามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการทั่วไป แต่มีค่าความไวต่ำ ส่วนการเพาะเลี้ยงเชื้อซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน ต้องอาศัยระยะเวลานาน รวมทั้งผลการทดสอบทางชีวเคมีบางครั้งให้ผลไม่แน่นอน ทำให้การวินิจฉัยผิดพลาด ล่าช้า ส่งผลให้การควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ วิธีทางอณูชีววิทยาจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เป็นตัวช่วยประกอบการวินิจฉัยเบื้องต้นได้ เนื่องจากให้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง รวดเร็ว ดังนั้นการเลือกใช้วิธีวินิจฉัยจึงไม่ควรเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงวิธีเดียว เพราะอาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัย ส่งผลทั้งต่อผู้ป่วย และสาธารณสุขของประเทศโดยรวม ทั้งนี้การตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับแต่ละห้องปฏิบัติการนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น กลุ่มผู้ป่วย ความคุ้มค่าต่อการวินิจฉัยรักษา หรือ ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากวิธีที่เลือกใช้ในการวินิจฉัยแล้ว การเลือกสิ่งส่งตรวจที่เหมาะสมเพื่อเป็นตัวแทนจากบริเวณที่ติดเชื้อ จะช่วยให้การวินิจฉัยวัณโรคมีความถูกต้อง รวดเร็วยิ่งขึ้น นำไปสู่การควบคุมการแพร่ระบาดของเชื้อวัณโรคอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Global tuberculosis report [Internet]. World Health Organization. 2016 [cited 9 September 2016]. Available from: http://www.who.int/tb/publications/global_report/en/
2. McNerney R, Maeurer M, Abubakar I, Marais B, McHugh TD, Ford N, et al. Tuberculosis diagnostics and biomarkers: needs, challenges, recent advances, and opportunities. J Infect Dis 2012; 205 Suppl 2: S147-58
3. Cobelens FG, Egwaga SM, van Ginkel T, Muwinge H, Matee MI, Borgdorff MW. Tuberculin skin testing in patients with HIV infection: limited benefit of reduced cutoff values. Clin Infect Dis 2006; 43: 634-9.
4. Revision of the case definition for sputum smear positive pulmonary TB Background document [Internet]. World Health Oraganization. 2016 [cited 11 November 2016]. Available from: http://www.who.int/tb/laboratory/proposal_for_a_revision_of_the_case_definition_of_sputum.pdf
5. Weldu Y, Asrat D, Woldeamanuel Y, Hailesilasie A. Comparative evaluation of a two-reagent cold stain method with Ziehl-Nelseen method for pulmonary tuberculosis diagnosis. BMC Res Notes 2013; 6: 323
6. Reider HL, Deun AV, Kam KM, Kim SJ, Chonde TM, Trébucq A, et al. Table II.3. Grading scales for bright field (Ziehl-Neelsen) and fluorescence microscopy. In: Priorities for Tuberculosis Bacteriology Services in Low-income countries. 2nd ed. Paris: International Union Against Tuberculosis and Lung Disease (The Union); 2007.
7. Vignesh R, Balakrishnan P, Shankar EM, Murugavel KG, Hanas S, Cecelia AJ, et al. Value of single acid-fast bacilli sputum smears in the diagnosis of tuberculosis in HIV-positive subjects. J Med Microbiol 2007; 56: 1709-10.
8. Simner P, Stenger S, Richter E, Brown-Elliott B, Wallace R, Wengenack N. Mycobacterium: Laboratory Characteristics of Slowly Growing Mycobacteria*. In: Jorgensen J, Pfaller M, Carroll K, Funke G, Landry M, Richter S, Warnock D editors. Manual of Clinical Microbiology. 11th ed. Washington, ASM Press, 2015. p. 570-94.
9. Martin A, Cubillos-Ruiz A, Von Groll A, Del Portillo P, Portaels F, Palomino JC. Nitrate reductase assay for the rapid detection of pyrazinamide resistance in *Mycobacterium tuberculosis* using nicotinamide. J Antimicrob Chemother 2008; 61: 123-7.
10. Non-commercial culture and drug-susceptibility testing methods for screening of patients at risk of multi-drug resistant tuberculosis [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2011 [cited 23 December 2016]. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44601/1/9789241501620_eng.pdf
11. New laboratory diagnostic tools for tuberculosis control [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2008 [cited 23 December 2016]. Available from: http://www.stoptb.org/assets/documents/global/retooling/Diagnostic_Brochure_Print_2009_Jan_29.pdf
12. Wayne LG, Diaz GA, Doubek JR. Acquired isoniazid resistance and catalase activity of myobacteria. Am Rev Respir Dis 1968; 97: 909-13.
13. Wang G, Yu X, Liang Q, Chen S, Wilson S, Huang H. Evaluation of a simple in-house test to presumptively differentiate *Mycobacterium tuberculosis* complex from nontuberculous mycobacteria by detection of p-nitrobenzoic acid metabolites. PloS one 2013; 8: e80877
14. Standard Operating Procedure (SOP) Growth on PNB medium [Internet]. Stoptb.org. 2016 [cited 1 November 2016]. Available from: http://www.stoptb.org/wg/gli/assets/documents/36_growth_on_pnb_fin.doc
15. Pradhan P. Tween 80 hydrolysis test [Internet]. Microbiology and Infectious Diseases. 2016 [cited 9 September 2016]. Available from: http://microbesinfo.com/2015/03/tween-80-hydrolysis-test/

16. Acharya T. Key biochemical methods used to distinguish Mycobacterial group [Internet]. www.microbeonline.com. 2013 [cited 9 September 2016]. Available from: http://microbeonline.com/key-biochemical-methods-used-to-distinguish-mycobacterial-group/
17. Urease Test [Internet]. Austincc.edu. 2016 [cited 9 September 2016]. Available from: http://www.austincc.edu/microbugz/urease_test.php
18. Wayne LG. Simple pyrazinamidase and urease tests for routine identification of mycobacteria. Am Rev Respir Dis 1974; 109: 147–51.
19. Winn W, Allen S, Janda W, Koneman E, Procop G, Schreckenberger P, et al. Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
20. CLSI. Susceptibility Testing of Mycobacteria, Nocardia, and Other Aerobic Actinomycetes; Approved Standard–2nd ed. CLSI document M24–A2. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute; 2011.
21. O'Grady J, Maeurer M, Mwaba P, Kapata N, Bates M, Hoelscher M, et al. New and improved diagnostics for detection of drug-resistant pulmonary tuberculosis. Curr Opin Pulm Med 2010; 17: 134-41.
22. McNerney R, Maeurer M, Abubakar I, Marais B, McHugh TD, Ford N, et al. Tuberculosis diagnostics and biomarkers: needs, challenges, recent advances, and opportunities. J Infect Dis. 2012; 205 Suppl 2: S147-58.
23. Gazi MA, Islam MR, Kibria MG, Mahmud Z. General and advanced diagnostic tools to detect *Mycobacterium tuberculosis* and their drug susceptibility: a review. Eur J Clin Microbiol Infect Dis 2015; 34: 851-61
24. Desikan P. Sputum smear microscopy in tuberculosis: is it still relevant? Indian J Med Res 2013; 137: 442-4.
25. Steingart KR, Henry M, Ng V, Hopewell PC, Ramsay A, Cunningham J, et al. Fluorescence versus conventional sputum smear microscopy for tuberculosis: a systematic review. Lancet Infect Dis 2006; 6: 570-81.
26. Rawat J, Biswas D, Sindhwani G, Masih V. An alternative 1-day smear microscopy protocol for the diagnosis of pulmonary tuberculosis. Respirology 2010; 15: 1127-30.
27. Strategic and technical advisory group for tuberculosis: Report of the 9th meeting [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2009 [cited 23 December 2016]. Available from: http://www.who.int/tb/advisory_bodies/stag_tb_report_2009.pdf.
28. Lin SY, Desmond E, Bonato D, Gross W, Siddiqi S. Multicenter evaluation of Bactec MGIT 960 system for second-line drug susceptibility testing of *Mycobacterium tuberculosis* complex. J Clin Microbiol 2009; 47: 3630-4.
29. DeLand FH, Wagner HN, Jr. Early detection of bacterial growth, with carbon-14-labeled glucose. Radiology 1969; 92: 154-5.
30. Roberts GD, Goodman NL, Heifets L, Larsh HW, Lindner TH, McClatchy JK, et al. Evaluation of the BACTEC radiometric method for recovery of mycobacteria and drug susceptibility testing of *Mycobacterium tuberculosis* from acid-fast smear-positive specimens. J Clin Microbiol 1983; 18: 689-96
31. Cruciani M, Scarparo C, Malena M, Bosco O, Serpelloni G, Mengoli C. Meta-analysis of BACTEC MGIT 960 and BACTEC 460 TB, with or without solid media, for detection of mycobacteria. J Clin Microbiol 2004; 42: 2321-5.
32. Siddiqi SH, Laszlo A, Butler WR, Kilburn JO. Bacteriologic investigations of unusual mycobacteria isolated from immunocompromised patients. Diagn Microbiol Infect Dis 1993; 16: 321-3.

33. Ferrara G, O'Grady J, Zumla A, Maeurer M. Xpert MTB/RIF test for tuberculosis. Lancet 2011; 378: 482-3.

34. Blakemore R, Story E, Helb D, Kop J, Banada P, Owens MR, et al. Evaluation of the analytical performance of the Xpert MTB/RIF assay. J of Clin Microbiol 2010; 48: 2495-501.

35. Boehme CC, Nabeta P, Hillemann D, Nicol MP, Shenai S, Krapp F, et al. Rapid molecular detection of tuberculosis and rifampin resistance. N Engl J Med 2010; 363: 1005-15.

36. INNO-LiPA MYCOBACTERIA v2 from Fujirebio Europe. A line probe assay for the simultaneous detection and identification of the genus *Mycobacterium* and 16 different mycobacterial species [Internet]. Fujirebio-europe.com. 2016 [cited 9 September 2016]. Available from: https://www.fujirebio-europe.com/products-services/product-browser/inno-lipar-mycobacteria-v2

37. MOLECULAR LINE PROBE ASSAYS FOR RAPID SCREENING OF PATIENTS AT RISK OF MULTI-DRUG RESISTANT TUBERCULOSIS (MDR-TB) [Internet]. www.who.int. 2008 [cited 9 September 2016]. Available from: http://www.who.int/tb/features_archive/expert_group_report_june08.pdf

38. GenoType *Mycobacterium* CM | Detection and differentiation of clinically relevant NTM [Internet]. Hain-lifescience.de. 2016 [cited 9 September 2016]. Available from: http://www.hain-lifescience.de/en/products/microbiology/mycobacteria/ntm/genotype-mycobacterium-cm.html

39. Iwamoto T, Sonobe T, Hayashi K. Loop-mediated isothermal amplification for direct detection of *Mycobacterium tuberculosis* complex, M. avium, and M. intracellulare in sputum samples. J Clin Microbiol 2003; 41: 2616-22.

40. Brady MF, Coronel J, Gilman RH, Moore DA. The MODS method for diagnosis of tuberculosis and multidrug resistant tuberculosis. J Vis Exp 2008; 18. e845. PubMed PMID: 19066507.

41. Moore DA, Evans CA, Gilman RH, Caviedes L, Coronel J, Vivar A, et al. Microscopic-observation drug-susceptibility assay for the diagnosis of TB. N Engl J Med 2006; 355: 1539-50.

42. Caviedes L, Lee TS, Gilman RH, Sheen P, Spellman E, Lee EH, et al. Rapid, efficient detection and drug susceptibility testing of *Mycobacterium tuberculosis* in sputum by microscopic observation of broth cultures. The Tuberculosis Working Group in Peru. J Clin Microbiol 2000; 38: 1203-8.

43. Wang L, Mohammad SH, Chaiyasirinroje B, Li Q, Rienthong S, Rienthong D, et al. Evaluating the Auto-MODS assay, a novel tool for tuberculosis diagnosis for use in resource-limited settings. J Clin Microbiol 2015; 53: 172-8.

44. Wallis RS, Pai M, Menzies D, Doherty TM, Walzl G, Perkins MD, et al. Biomarkers and diagnostics for tuberculosis: progress, needs, and translation into practice. Lancet 2010; 375: 1920-37.

45. Lawn SD, Zumla AI. Tuberculosis. Lancet 2011; 378: 57-72.

46. Pai M, Denkinger CM, Kik SV, Rangaka MX, Zwerling A, Oxlade O, et al. Gamma interferon release assays for detection of *Mycobacterium tuberculosis* infection. Clin Microbiol Rev 2014; 27: 3-20.

47. Cattamanchi A, Smith R, Steingart KR, Metcalfe JZ, Date A, Coleman C, et al. Interferon-gamma release assays for the diagnosis of latent tuberculosis infection in HIV-infected individuals: a systematic review and meta-analysis. J Acquir Immune Defic Syndr 2010; 56: 230-8.

48. Denkinger CM, Dheda K, Pai M. Guidelines on interferon-gamma release assays for tuberculosis infection: concordance, discordance or confusion? Clin Microbiol Infect 2011; 17: 806-14.

49. Lawn SD. Point-of-care detection of lipoarabinomannan (LAM) in urine for diagnosis of HIV-associated tuberculosis: a state of the art review. BMC Infect Dis 2012; 12: 103. PubMed PMID: 22536883.

50. Shah M, Variava E, Holmes CB, Coppin A, Golub JE, McCallum J, et al. Diagnostic accuracy of a urine lipoarabinomannan test for tuberculosis in hospitalized patients in a High HIV prevalence setting. J Acquir Immune Defic Syndr 2009; 52: 145-51

51. The use of lateral flow urine lipoarabinomannan assay (LF-LAM) for the diagnosis and screening of active tuberculosis in people living with HIV [Internet]. Apps.who.int. 2015 [cited 9 September 2016]. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/193633/1/9789241509633_eng.pdf?ua=1&ua=1

52. Harari A, Rozot V, Enders FB, Perreau M, Stalder JM, Nicod LP, et al. Dominant TNF-alpha+ *Mycobacterium tuberculosis*-specific CD4+ T cell responses discriminate between latent infection and active disease. Nat Med 2010; 17: 372-6.

53. Streitz M, Tesfa L, Yildirim V, Yahyazadeh A, Ulrichs T, Lenkei R, et al. Loss of receptor on tuberculin-reactive T-cells marks active pulmonary tuberculosis. PLoS One 2007; 2: e735. PubMed PMID: 17710135.

54. Harari A, Rozot V, Bellutti Enders F, Perreau M, Stalder JM, Nicod LP, et al. Dominant TNF-alpha+ *Mycobacterium tuberculosis*-specific CD4+ T cell responses discriminate between latent infection and active disease. Nat Med 2011; 17: 372-6 .

55. Rozot V, Patrizia A, Vigano S, Mazza-Stalder J, Idrizi E, Day CL, et al. Combined use of *Mycobacterium tuberculosis*-specific CD4 and CD8 T-cell responses is a powerful diagnostic tool of active tuberculosis. Clin Infect Dis 2015; 60: 432-7.

56. Mole RJ, Maskell TWOC. Phage as a diagnostic – the use of phage in TB diagnosis. J Chem Technol Biotechnol 2001; 76: 683-8.

57. Fu X, Ding M, Zhang N, Li J. Mycobacteriophages: an important tool for the diagnosis of *Mycobacterium tuberculosis* (review). Mol Med Rep 2015; 12: 13-9.

58. Intorasoot S, Tharinjaroen CS, Phunpae P, Butr-Indr B, Anukool U, Intachai K, et al. Novel potential diagnostic test for *Mycobacterium tuberculosis* complex using combined immunomagnetic separation (IMS) and PCR-CTPP. J Appl Microbiol 2016; 121: 528-38.

59. Tharinjaroen CS, Intorasoot S, Anukool U, Phunpae P, Butr-Indr B, Orrapin S, et al. Novel targeting of the lepB gene using PCR with confronting two-pair primers for simultaneous detection of *Mycobacterium tuberculosis* complex and *Mycobacterium bovis*. J Med Microbiol 2016; 65: 36-43.

60. Carroll K and Patel R. Manual of clinical microbiology. 11th ed. Washington: ASM Press; 2015.

61. Lotz A, Ferroni A, Beretti J, Dauphin B, Carbonnelle E, Guet-Revillet H et al. Rapid identification of mycobacterial whole cells in solid and liquid culture media by matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry. J Clin Microbiol 2010; 48: 4481-6.

62. Ikryannikova L, Afanas'ev M, Akopian T, Il'ina E, Kuz'min A, Larionova E, et al. Mass-spectrometry based minisequencing method for the rapid detection of drug resistance in *Mycobacterium tuberculosis*. J Microbiol Methods 2007; 70: 395-405.

ผลกระทบจากการรับเซลล์เม็ดเลือดแดงต่อการตรวจวิเคราะห์ฮีโมโกลบิน ของผู้ป่วยโรคเบต้าศูนย์ธาลัสซีเมียฮีโมโกลบินอี และโฮโมไซกัสฮีโมโกลบินอี

The case report: Effect of red blood cell transfusion on hemoglobin (Hb) analysis of β^0-Thalassemia/HbE disease and homozygous HbE

สาคร พรประเสริฐ

Sakorn Pornprasert

แขนงวิชาจุลทรรศนศาสตร์คลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

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

** ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: sakornmi001@gmail.com)*

** Corresponding author (Email: sakornmi001@gmail.com)*

Received November 2016

Accepted as revised December 2016

บทคัดย่อ

การให้เลือดเป็นการรักษาหลักในผู้ป่วยธาลัสซีเมียและผู้ที่มีฮีโมโกลบินผิดปกติชนิดรุนแรง อย่างไรก็ตาม การให้เลือดมีผลกระทบต่อการตรวจวิเคราะห์ฮีโมโกลบิน บทความนี้รายงานการปรากฏของฮีโมโกลบินเอ บนอิเล็กโทรโฟรีแกรมของการตรวจด้วยวิธีแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซิส ในผู้ป่วยโรคเบต้าศูนย์ธาลัสซีเมียฮีโมโกลบินอี และผู้ป่วย โฮโมไซกัสฮีโมโกลบินอีที่ได้รับเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งทำให้การแปลผลการตรวจวินิจฉัยผิดพลาดเป็นเบต้าบวกธาลัสซีเมียฮีโมโกลบินอี และเฮเทอโรไซกัสฮีโมโกลบินอี ตามลำดับ ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการแปลผลที่ผิดพลาด จึงควรตรวจวินิจฉัยชนิดของฮีโมโกลบินก่อนการรับเลือดหรือภายหลังได้รับการรับเลือดแล้วอย่างน้อย 3 เดือน และหากมีความจำเป็นที่จะต้องตรวจวิเคราะห์ภายในระยะเวลา 3 เดือน ควรมีประวัติการได้รับเลือดประกอบการวินิจฉัย นอกจากนี้ ควรตรวจวิเคราะห์ทางอณูวิทยาร่วมด้วยเพื่อวินิจฉัยชนิดของธาลัสซีเมีย

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 22-26. Doi: 10.14456/jams.2017.2

คำสำคัญ: การรับเลือด เบต้าศูนย์ธาลัสซีเมีย ฮีโมโกลบินอี การแปลผลผิดพลาด

Abstract

Red blood cell (RBC) transfusion is a medical therapy in patients with severe thalassemia and hemoglobinopathy. However, it also affects the hemoglobin (Hb) analysis. We report here the presentation of HbA peak on capillary electrophoresis (CE) electrophoregrams of β^0-thalassemia/HbE and homozygous HbE patients who received RBC transfusions. The misinterpretations of β^+-thalassemia/HbE and heterozygous HbE, respectively, were occurred. Therefore, to avoid misdiagnosis, hemoglobin analysis should be determined prior to or after 3 months of blood transfusion. When hemoglobin typing is needed within the 3 month period mentioned, history of transfusion is required to accompany the diagnosis. Moreover, molecular analysis for identification of thalassemia genotype should be performed.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 22-26. Doi: 10.14456/jams.2017.2

Keywords: Blood transfusion, β^0-thalassemia, HbE, misinterpretation

Case Report

Case 1

A 23-year-old Thai female was found fatigue and dizziness by the physician at a private hospital in Chiang Mai, Thailand. On physical examination, she had hepatosplenomegaly and anemia. Her RBC counts, hemoglobin (Hb), hematocrit (Hct), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and red blood cell distribution width (RDW), measured by automated blood cell counter (Sysmex KX-21, Sysmex Corporation, Kobe, Japan) at the hospital, were $3.9x10^{12}$ cells/L, 77 g/L, 25%, 62 fL, 19.4 pg, 29.1%, respectively. Two units of RBCs were given at the day of initial admission. Four days after transfusion, her blood sample was collected and sent for thalassemia investigation at the Associated Medical Sciences (AMS) Clinical Service Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. In the thalassemia laboratory, hemoglobin typing, which included HbA_2 (for β-thalassemia detection) and hemoglobinopathies, was analyzed by the capillary electrophoresis (CE, Capillarys™ 2 Flex Piercing, Sebia, Norcross, Georgia, USA). At the same time, molecular analysis for α-thalassemia-1 is carried out. Genomic DNA was extracted from whole blood sample using the NucleoSpin® kit (Macherey-Nagel, KG., Duren, Germany) according to manufacturer's instructions. Real-time PCR with SYBR Green1 and high resolution melting (HRM) analysis for detection of the α-thalassemia-1 South-East Asian (SEA) and Thai type deletion was performed.[5,6] The results showed that her HbA, HbF, HbE and HbA_2 were 38.4, 18.0, 39.5 and 4.1%, respectively (Figure 1). DNA analysis was negative for α-thalassemia-1 SEA and Thai type deletions. She was, therefore, diagnosed as β^+-thalassemia/HbE. Since she received the red blood cell transfusions, the β^0-thalassemia/HbE was doubted. Thus, the β^0-thalassemia codons 71/72(+A) and 41/42(-TCTT) mutations, IVSI-nt1 (G>T) and codon 17(A>T) mutations which are commonly found in Thai population were analyzed by multiplex amplification refractory mutation system (MARMS)-PCR as previously described protocol.[7] The 439 bp amplified fragment of β^0-thalassemia codons 41/42 mutation was observed (Figure 2). Therefore, she was finally diagnosed as β^0-thalassemia/HbE disease. The peak of HbA on CE electrophoregram was due to RBC transfusions.

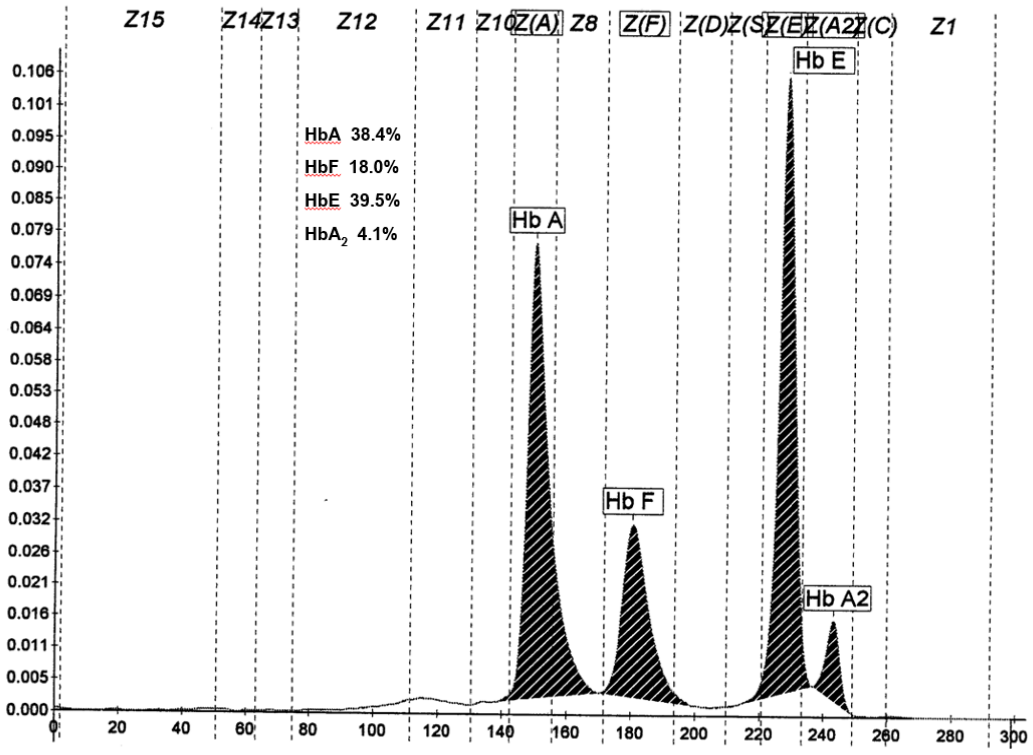


Figure 1. *CE electrophoregram of patient 1.*

Case 2

EDTA blood sample of 39-year-old Thai male was sent from the private hospital in Lamphun, Thailand, to the AMS Clinical Service Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand for thalassemia diagnosis. His RBC counts, Hb, Hct, MCV, MCH and RDW, measured by automated blood cell counter (Sysmex KX-21, Sysmex Corporation, Kobe, Japan) at the hospital, were $4.2x10^{12}$ cells/L, 105 g/L, 32%, 77 fL, 25.0 pg and 15.9%, respectively. In the laboratory, hemoglobin analysis was performed by CE and found that HbA, HbE and HbA_2 levels were 49.2, 47.1 and 3.7%, respectively (Figure 3). DNA analysis for α-thalassemia-1 SEA and Thai type deletion, which is routinely performed at the same time the hemoglobin analysis was carried out, showed negative result. His HbE/A_2 (50.8%) was higher than HbA (49.2%) and it was not in the ranges which normally found in HbE trait (25-30%).[8] His blood transfusion history was verified and found that 5 days prior to drawing a blood for thalassemia diagnosis, he was admitted to the emergency room because of car accident that caused a severe blood loss. He received 2 units of RBCs. Therefore, he was finally diagnosed as homozygous HbE. The presentation of a peak of HbA on CE electrophoregram was resulted from RBC transfusions. The amplification refractory mutation system (ARMS)-PCR for characterization of HbE genotype was also performed according to the previously described protocol.[7] PCR product from HbE mutant allele with a size of 267 bp but not from wild type allele was observed (data not shown). Moreover, the MARMS-PCR for detection of β^0-thalassemia codons 71/72(+A) and 41/42(-TCTT) mutations, IVSI-nt1 (G>T) and codon 17(A>T) mutations and the real-time PCR with SYBR Green1 and HRM analysis for detection of β^0-thalassemia 3.4 kb deletion were also performed, according to protocols described previously.[7,9] The amplified fragments from these β^0-thalassemia mutations were not found (data not shown). Thus, these results insisted that the patient had homozygous HbE.

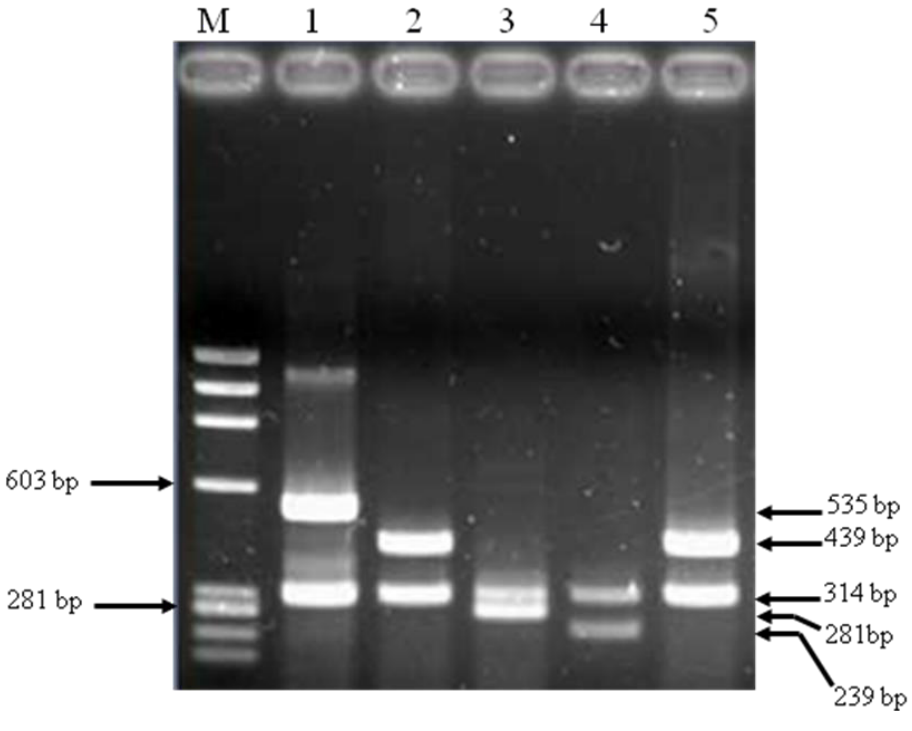


Figure 2. *Multiplex amplification refractory mutation system (MARMS)-PCR for identifying of β^0-thalassemia mutations. The amplified fragments were separated by 2.0% agarose gel electrophoresis and visualized under UV-light after ethidium bromide staining. M represents φX174 size marker DNAs. The 314 bp internal control fragment, 535, 439, 281 and 239 bp amplified fragments from β^0-thalassemia codons 71/72 and 41/42 mutations, IVSI-nt1 and codon 17 mutations, respectively are indicated. Lanes 1-4 show analysis results of control DNA of β^0-thalassemia codons 71/72 and 41/42 mutations, IVSI-nt1 and codon 17 mutations, respectively. Lane 5 shows analysis result of patient 1.*

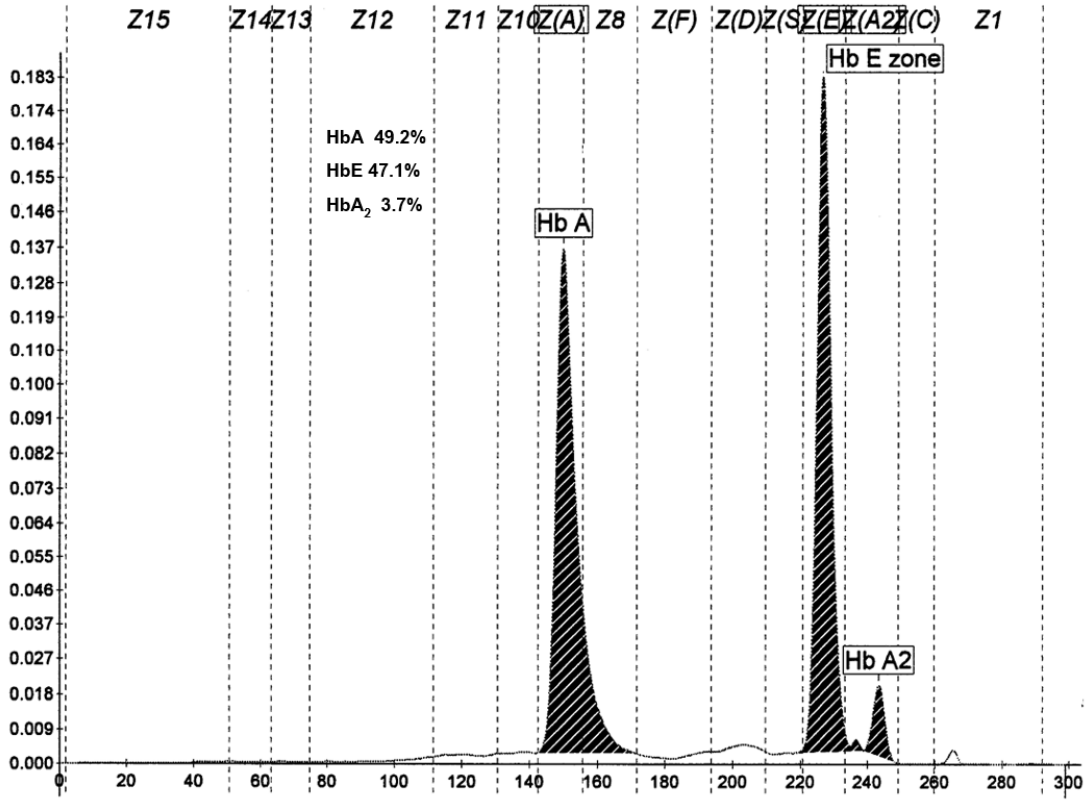


Figure 3. *CE electrophoregram of patient 2.*

Discussion

RBC transfusion is the key therapy in patients with severe thalassemia and hemoglobinopathy. However, it can also affect the hemoglobin analysis. This report demonstrates an effect of HbA from non-thalassemia blood donors on the hemoglobin analysis of patients with β^0-thalassemia/HbE disease and homozygous HbE. In β^0-thalassemia/HbE disease and homozygous HbE, β^A-globin chains are not synthesized and the disease is characterized by the HbE and HbF production with undetectable HbA. HbE level varies from 30% to 70% of total hemoglobins in β^0-thalassemia/HbE disease and >80% in homozygous HbE with the remaining HbF. Whereas, in β^+-thalassemia/HbE, the variable amounts of HbA could be detected besides HbE and HbF.[8] Due to the presentation of HbA, β^+-thalassemia/HbE and HbE trait might be considered in patient 1 and 2, respectively. The previous study reported the CE has a high efficiency to prevent misinterpretation of hemoglobin analysis in patients who received HbE trait blood transfusion.[10] However, in patients receiving normal RBC transfusions, this method cannot differentiate β^+-thalassemia/HbE from β^0-thalassemia/HbE disease or HbE trait from homozygous HbE. To avoid misdiagnosis and unnecessary genetic counseling, hemoglobin analysis should be performed prior to or 3 months after blood transfusion. However, when hemoglobin typing is needed within 3 months of mentioned period, correct interpretation of hemoglobin analysis results requires the information on the patient's age and history of transfusion. Thus, this information should be stated in the requisition form. Moreover, molecular analyses for characterization of thalassemia genotype should be also performed in these cases.

Acknowledgements

The author thanks technicians at Theppanya Hospital and Hariphunchai Memorial Hospital, Thailand for their helps and assistance. We are also grateful to Kallayanee Treesuwan for editing the manuscript.

References

1. Fucharoen G, Fucharoen S, Sanchaisuriya K, Sae-Ung N, Suyasunanond U, Sriwilai P, et al. Frequency Distribution and Haplotypic Heterogeneity of beta(E)-Globin Gene among Eight Minority Groups of Northeast Thailand. Hum Hered 2002; 53(1): 18-22.
2. Fucharoen S, Winichagoon P. Hemoglobinopathies in Southeast Asia. Hemoglobin 1987; 11(1): 65-88.
3. Teawtrakul N, Chansung K, Sirijerachai C, Wanitpongpun C, Thepsuthammarat K. The impact and disease burden of thalassemia in Thailand: a population-based study in 2010. J Med Assoc Thai 2012; 95(Suppl 7): S211-6.
4. Fucharoen S, Winichagoon P. Haemoglobinopathies in southeast Asia. Indian J Med Res 2011; 134(4): 498-506.
5. Pornprasert S, Punyamung M, Treesuwan K. Criteria for detection of alpha-thalassemia-1 Thai type deletion in routine laboratory. Clin Lab 2013; 59(11-12): 1423-7.
6. Pornprasert S, Phusua A, Suanta S, Saetung R, Sanguansermsri T. Detection of alpha-thalassemia-1 Southeast Asian type using real-time gap-PCR with SYBR Green1 and high resolution melting analysis. Eur J Haematol 2008; 80(6): 510-4.
7. Pornprasert S, Moriyama A, Kongthai K, Waneesorn J, Jaiping K, Treesuwan K, et al. Detection of beta-thalassemia/hemoglobin E disease in samples which initially were diagnosed as homozygous hemoglobin E. Clin Lab 2013; 59(5-6): 693-7.
8. Fucharoen S, Weatherall DJ. The hemoglobin E thalassemias. Cold Spring Harb Perspect Med 2012; 2(8). pii: a011734. doi: 10.1101/cshperspect.a011734.
9. Prathomtanapong P, Pornprasert S, Phusua A, Suanta S, Saetung R, Sanguansermsri T. Detection and identification of beta-thalassemia 3.5 kb deletion by SYBR Green1 and high resolution melting analysis. Eur J Haematol 2009; 82(2): 159-60.
10. Pornprasert S, Jaiping K. Blood transfusion from a Hb E trait donor can affect beta-thalassemia diagnosis. Hemoglobin 2014; 38(4): 295-8.

ผลของสารสกัดบริสุทธิ์บางส่วนจากใบมะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) ที่ความเข้มข้นต่ำเหนี่ยวนำการตายของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Molt4

Low doses of partially purified fraction of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) leaf extract induce cell death in Molt4 cells

วิภาวี อุทธวัง[1] ชฎารัตน์ อัมพะเศวต[2] ศิริพร โอโกโนกิ[2] เมธี รุ่งโรจน์สกุล[3]

Wipavee Utthawang[1] Chadarat Ampasavate[2] Siriporn Okonogi[2] Methee Rungrojsakul[3]

สาวิตรี เจียมพานิชยกุล[1] สิงห์คำ ธิมา[1] ทรงยศ อนุชปรีดา[1*]

Sawitree Chiampanichayakul[1] Singkome Tima[1] Songyot Anuchapreeda[1*]

[1]แขนงวิชาจุลทรรศนศาสตร์คลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[1]Division of Clinical Microscopy, Department of Medical Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[2]Department of Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

[3]วิทยาลัยการแพทย์ทางเลือก มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม กรุงเทพมหานคร

[3]Alternative Medical College, Chandrakasem Rajabhat University, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: songyot.anuch@cmu.ac.th)

* Corresponding author (Email: songyot.anuch@cmu.ac.th)

Received September 2016

Accepted as revised December 2016

บทคัดย่อ

บทนำ: มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เป็นสมุนไพรที่ถูกใช้เป็นยาในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากอดีตจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ผลและใบมะกรูดยังใช้ประโยชน์ทั้งทางการแพทย์พื้นบ้านและในตำรับอาหาร

วัตถุประสงค์: การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า สารสกัดบริสุทธิ์บางส่วนจากใบมะกรูด หมายเลข 9 (F9) มีฤทธิ์ต้านมะเร็งเม็ดเลือดขาวที่ดี งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของ F9 ต่อการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวและการพักตัวในวัฏจักรเซลล์ (cell cycle arrest) ของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Molt4 (human acute lymphoblastic leukemia) รวมถึงการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมวัฏจักรเซลล์

วัสดุและวิธีการ: ศึกษาความเป็นพิษของ F9 ต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Molt4 ด้วยวิธีเอ็มทีที (MTT) และวิเคราะห์ผลกระทบต่อวัฏจักรเซลล์โดยวิธีโฟล ไซโตเมทรี ศึกษาผลของ F9 ต่อการแสดงออกของโปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมวัฏจักรเซลล์ โดยวิธีเวสเทิร์น บลอท

ผลการศึกษา: สารสกัดบริสุทธิ์บางส่วน F9 สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวได้ดีโดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 24.5 µg/mL และความเข้มข้นต่ำซึ่งไม่เป็นพิษต่อเซลล์ที่ค่า IC_{20} (2.5 µg/mL) สามารถเหนี่ยวนำให้เซลล์ Molt4 เกิดการตาย (sub-G1) และสารสกัด F9 สามารถเพิ่มการแสดงออกของโปรตีน p53 ในขณะที่ลดการแสดงออกของโปรตีน cyclin A, cyclin B และ cdc2 โดยเป็นไปตามความเข้มข้นและระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการศึกษา: สารสกัดบริสุทธิ์บางส่วน F9 จากใบมะกรูดที่ความเข้มข้นต่ำ สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการตายของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Molt4 รวมถึงยับยั้งการแสดงออกของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมวัฏจักรของเซลล์ องค์ความรู้ใหม่นี้จะนำไปต่อยอดเพื่อศึกษาสารออกฤทธิ์ที่สำคัญต่อไปในอนาคต

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 27-37. Doi: 10.14456/jams.2017.3

คำสำคัญ: *Citrus hystrix* DC. ใบมะกรูด วัฏจักรของเซลล์ เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเพาะเลี้ยงชนิด Molt4

Abstract

Introduction: Kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) is a medicinal plant found in Southeast Asia, both fruit and leaf have been used in Thai traditional medicine and food recipes.

Objectives: Previous report demonstrated that partially purified fraction F9 of kaffir lime has anti-leukemic activity. This study aimed to investigate the anti-proliferative effects of low doses of F9 in Molt4 (human acute lymphoblastic leukemia) cell line. Effects on cell cycle progression as well as cell cycle regulatory proteins at the related phases after treatment were also studied.

Materials and methods: Cytotoxic effect of F9 was studied by MTT assay, and its effect on cell cycle progression in Molt4 cells was further examined by flow cytometry. The effect on regulatory proteins was determined by Western blot analysis.

Results: The F9 showed cytotoxic activity with an IC_{50} value of 24.5 µg/mL and low dose at the concentration of IC_{20} (2.5 µg/mL) of F9 induced cell death (sub-G1) as analyzed by flow cytometry. The F9 also increased p53 level while decreased cyclin A, cyclin B, and cdc2 (regulatory proteins in S and G2/M phases) protein expressions in a time- and dose-dependent manner.

Conclusion: The F9 from kaffir lime leaf at low doses induced cell death. Moreover, it also inhibited cell cycle regulatory proteins. This new knowledge will be further investigated to determine active compounds in the future.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 27-37. Doi: 10.14456/jams.2017.3

Keywords: *Citrus hystrix* DC, kaffir lime leaf, cell cycle, leukemia, Molt4 cells

Introduction

Leukemia is the 11th most common cancer worldwide, with around 352,000 new cases in 2012 (2% of the total).[1,2] It is a hematologic cancer that originates in bone marrow and results in high numbers of abnormal white blood cells. Leukemic cells can build up and crowd out normal blood cells. Low number of normal blood cells can make it harder for body to get oxygen to the tissues, control bleeding, and fight infections. Additionally, leukemia cells can spread to other organs such as lymph nodes, spleen, brain, etc.

Cell cycle or cell-division cycle is the series of events takes place in cells, leading to its duplication (replication) and division. Cell-division cycle is a vital process by which a single-cell fertilized egg develops into a mature organism. This cycle is also the process by which hair, skin, blood cells, and some internal organs are renewed. In eukaryotic cells, cell cycle can be divided into four major phases: G1 is the first gap phase in which the cell prepares for DNA replication; S phase is the period of DNA synthesis during which a second copy of the entire genome is generated; G2 is a second gap phase in which cell prepares for division; and M phase or mitosis is the period during which two copies of DNA segregate and cell divides into two genetically identical daughter cells.[3]

Kaffir lime is in the Citrus genus. The scientific name is *Citrus hystrix* DC and is in the Rutaceae family.[4] Leaves are dark green on top but light green on the underside, appearing as though two leaves are connected to be another leaf. Skin of the leaves is smooth, varicose,

and thick (Figure 1) with fragrant oily glands seen around the leaf. Kaffir lime is commonly used in the Southeast Asian cuisine, especially in Thailand, and it has great potential in research and commercialization.[5] Main chemical constituents in kaffir lime peel are β-pinene (30.6%), limonene (29.2 %), and sabinene (22.6%). Main compound in kaffir lime leaves is citronellal (65.4%).[6] Kaffir lime's peel and leaf are sources of phenolic compounds[7] and antioxidative substances.[8] Present study was focused on the biological effects of active partially purified fraction No. 9 (F9) from hexane extract of kaffir lime leaf on cell cycle arrest in Molt4 cells. The hexane extract was partially purified by reverse phase vacuum column chromatography, yielding a total of 13 fractions (F1-13). Their cytotoxic activity and inhibitory effect on WT1 protein expression were first examined by Tamakaew.[9] Results showed that F9 demonstrated the strongest cytotoxicity and WT1 protein expression inhibition compared to other partially purified fractions in K562 cells. In addition, Cytotoxic effects of all fractional extracts from kaffir lime leaf (ethanol, *n*-hexane, ethyl acetate, and *n*-butanol fraction) on leukemic cells have been reported in previous studies.[4] In order to investigate the most effective fraction of kaffir lime leaf on cell cycle progression, the F9 was studied in Molt4 cells as a leukemic cell line model.

Figure 1. *Kaffir lime (Citrus hystrix DC) botanical appearance. Kaffir lime is a small hard wood with thorns on branches, dark green leaf on top but light green underside, smooth skin, varicose, thick. It looks like two leaves joined to be one leaf.*

Materials and methods

Cell culture and condition

Molt4 cells, a lymphoblastic leukemia (American Type Culture Collection, Rockville, USA), were cultured in RPMI-1640 (GIBCO-BRL) culture medium pH 7.2-7.4 with 100 units/mL penicillin concentration, 100 µg/mL streptomycin, 1 mM L-glutamine, and 10% fetal bovine serum (FBS) in 5% CO_2 incubator, 37 °C, and 80% relative humidity.

Partially purified kaffir lime leaf fractional extracts preparation

Previous study of Chueahongthong *et al.* found that hexane fraction of kaffir lime leaf extracts had the strongest cytotoxic effect against K562, Molt4, U937, and HL60 cells.[4] In the present study, the hexane crude extract (8.0 g) was further purified by reverse phase vacuum column chromatography (VCC). A mobile phase was non-polar and a stationary phase was polar silica gel were utilized for the purification. Gradient elusions with different compositions of mobile phases (*n*-hexene, dichloromethane, and methanol) as a gradient of increasing polarity were used. A total of 13 partially pure fractions were collected and evaporated. In this study, Molt4 cells were selected as a model cell line because they are sensitive to low doses of purified fraction of kaffir lime leaf extract.

MTT assay

Molt4 cells ($1.0x10^4$ cells/well) were seeded into a 96-well plate, and incubated for overnight at 37 °C and 5% of CO_2. Then, cells were treated with various concentrations of F9 (3.125, 6.25, 12.5, 25, 50, and 100 µg/mL) for another 48 hr. DMSO in complete medium was used as a vehicle control (VC). After completion, 15 µL of 0.2 mg/mL MTT dye solution was added into each well and incubated for 4 hr. The formazan crystals was dissolved in 200 µL of DMSO, and absorbance values of the solutions were measured at 578 nm on a microplate reader (Metertech, Taipei, Taiwan), using the wavelength of 630 nm as a reference. Percentage of cell viability was calculated by following equation.

% cells viability = (OD average of tested well x100) /OD average of vehicle control

Results from three experiments were drawn to the average relation graphs between concentrations and

percent cell viability. The inhibitory concentration at 20% growth (IC_{20}) value was also calculated and used for cells cycle arrest study and effects on cell cycle regulatory proteins in Molt4 cells.

Flow cytometry analysis

F9 was analyzed for its effect on cell cycle progression by flow cytometry. After F9 treatments at 3 concentrations at IC_{20} values for 12, 24, 36, and 48 h at 37 °C with 5% of CO_2, cells were collected and centrifuged at 1,500xg for 5 min. Cells were washed 3 times with 10 mL ice-cold PBS. During the last centrifugation, cell pellet was re-suspended in 300 µL of PBS and fixed with 700 µL ice-cold absolute ethanol for 30 min. The cells were then centrifuged at 1,500xg for 5 min, and supernatant was discarded. Finally, PI solution (300-500 µL) was added and cell cycle distribution was analyzed by flow cytometry (Cytomics FC 500, Beckman Coulter). Data was analyzed based on FlowJo V10 program.

Protein extraction and Western blotting

After treatment, leukemic cells were harvested and viability was determined using 0.4% trypan blue dye solution. Thereafter, total protein from treated cells was extracted using RIPA buffer (25 mM Tris-HCl, pH 7.6, 150 mM NaCl, 1% NP-40, 1% sodium deoxycholate, and 0.1% SDS). Protein concentration was measured by Folin-Lowry method.[10] Protein was separated in 12% SDS-PAGE and transferred to PVDF membranes. Membranes were blocked with 5% skimmed milk and probed by anti-polyclonal anti-p53 IgG (Santa Cruz Biotechnology, CA, USA), mouse polyclonal anti-cyclin A IgG (BD Transduction Laboratories™, USA), mouse polyclonal anti-cyclin B IgG (BD Transduction Laboratories™, USA), mouse polyclonal anti-cdc2 (Abcam®, MA, USA), mouse monoclonal anti-cyclin E IgG (EMD Millipore Corporation, MA, USA), and rabbit polyclonal anti-human GAPDH IgG (Santa Cruz, CA, USA) at dilution 1:1,000, 1:400, 1:500, 1:1,000, 1:1,000, and 1:1,000, respectively, The reaction was followed by HRP-conjugated goat anti-rabbit IgG (Invitrogen™, CA, USA) at 1:10,000 dilution and HRP-conjugated anti-mouse IgG (Promega, WI, USA) at 1:10,000 dilution. Signal was visualized by enhanced chemiluminescence detection kit (Thermo Scientific, Miami, USA) and quantified by a scan densitometer (BIO-RAD, USA).

Statistical analysis

The data was expressed as mean±standard deviation (SD) from triplicate samples of three independent experiments. Different values between the means of each experiment were analyzed by One-way ANOVA analysis. The differences were considered significant when the probability value obtained was less than 0.05 (p<0.05).

Results

Cytotoxicity of F9 from kaffir lime leaf in Molt4 cells

After leukemic cells were treated with different concentrations of F9 (3.1 to 100 µg/mL) for 48 hr, cytotoxic effects on Molt4 cells was investigated by MTT assay. Cytotoxicity of F9 was determined by an inhibitory concentration at 50% of growth (IC_{50}). The results showed that F9 had cytotoxic effects on Molt4 cells with the IC_{50} value of 24.4±3.0 µg/mL (Figure 2). Non-cytotoxic concentration (IC_{20}) value was used for cell cycle studies.

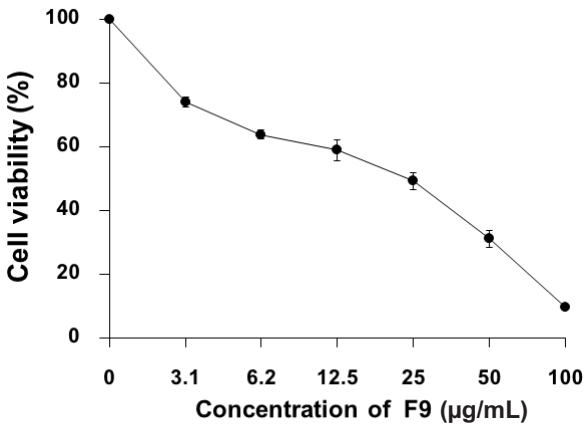


Figure 2. *Cytotoxic effect of F9 on Molt4 cells. Molt4 cells were seeded at a density of 1.0x10^5 cells/mL and treated with various concentrations of F9 for 48 hr. Each point represents the mean value±SD of three independent experiments performed in triplicate.*

Effect of different time point of F9 treatment on cell cycle progression in Molt4 cells

In this experiment, Molt4 cells were cultured in medium containing F9 at the concentration of 2.5 µg/mL (IC_{20} value) and DMSO (vehicle control) for 12, 24, 36, and 48 hr and analyzed by flow cytometry after staining with PI. Flow cytometric data are shown in Figure 3. The cells of vehicle control progressed with normal distribution. After F9 treatments, there were no significant differences of cell cycle arrest between treatments and vehicle control. In addition, the result showed a significant increase in accumulation of cells in sub-G1 population, indicating appearance of dead cells at 12, 24, 36, and 48 hr as shown in Figure 3A, 3B, 3C, and 3D, respectively.

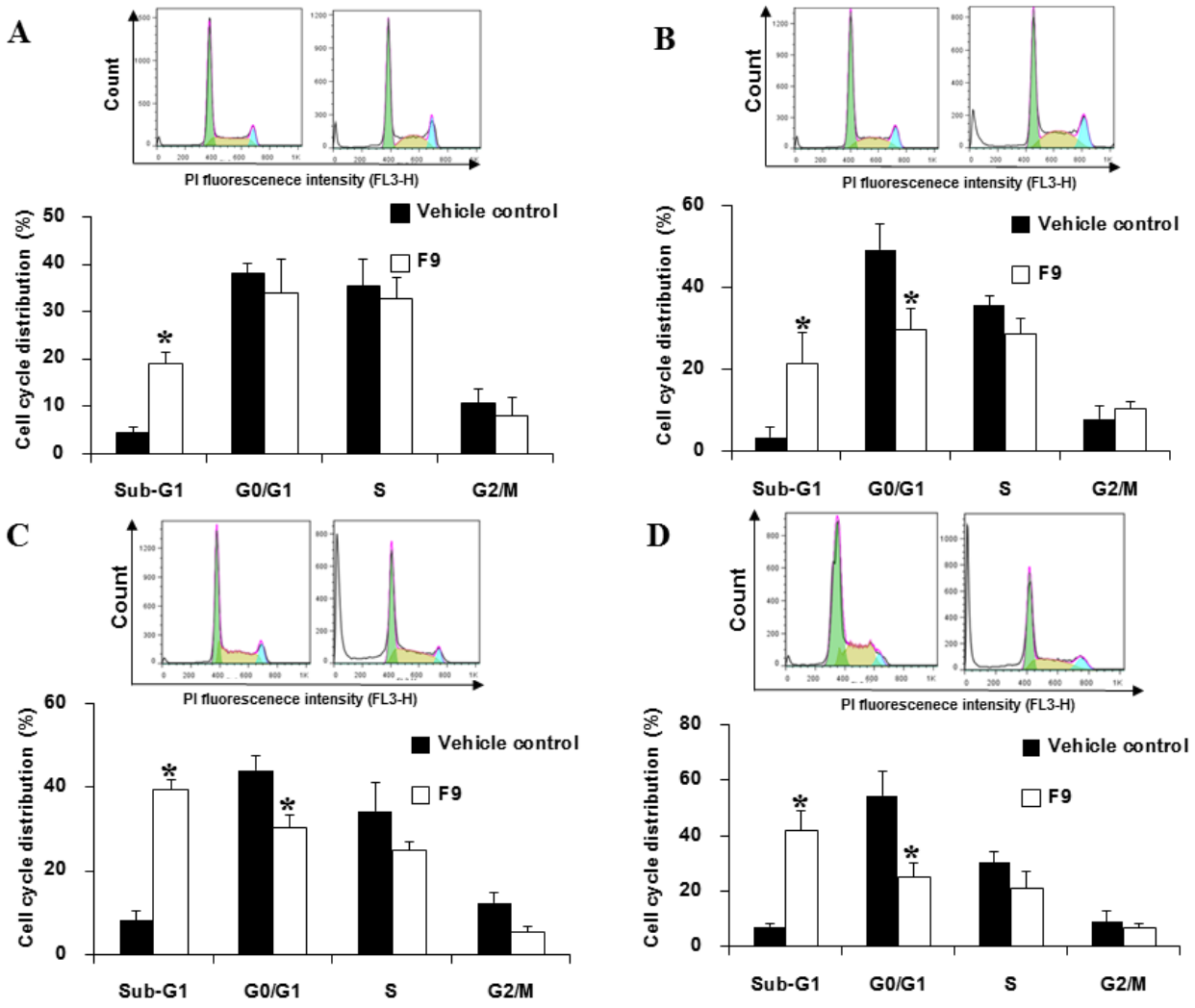


Figure 3. *Effect of incubation time period of F9 on cell cycle progression in Molt4 cells. Cells were treated with F9 at the concentration of 2.5 µg/mL for (A) 12 hr, (B) 24 hr, (C) 36 hr, and (D) 48 hr. Percentage of cells in each cell cycle phases (sub-G1, G0/G1, S, and G2/M) was analyzed by FlowJo V10 program. Data are the mean values±SD of three independent experiments. Asterisks (*) denotes significantly different from vehicle control ($p<0.05$).*

Effect of concentrations of F9 treatment on cell cycle progression in Molt4 cells

Molt4 cells were treated with various non-cytotoxic doses of F9 at concentrations of 1, 2.5, and 5 µg/mL for 24 hr. After F9 treatments, the results showed no cell cycle arrest but rather demonstrated a significant increase of cell population in sub-G1 peak for 13.1, 20.5, and 44.2% in response to that concentration of 1, 2.5, and 5 µg/mL, respectively. The result indicated appearance of dead cells in a dose dependent manner as compared to those of vehicle control (5.0%) at 24 hr. The flow cytometric data are shown in Figure 4A and 4B.

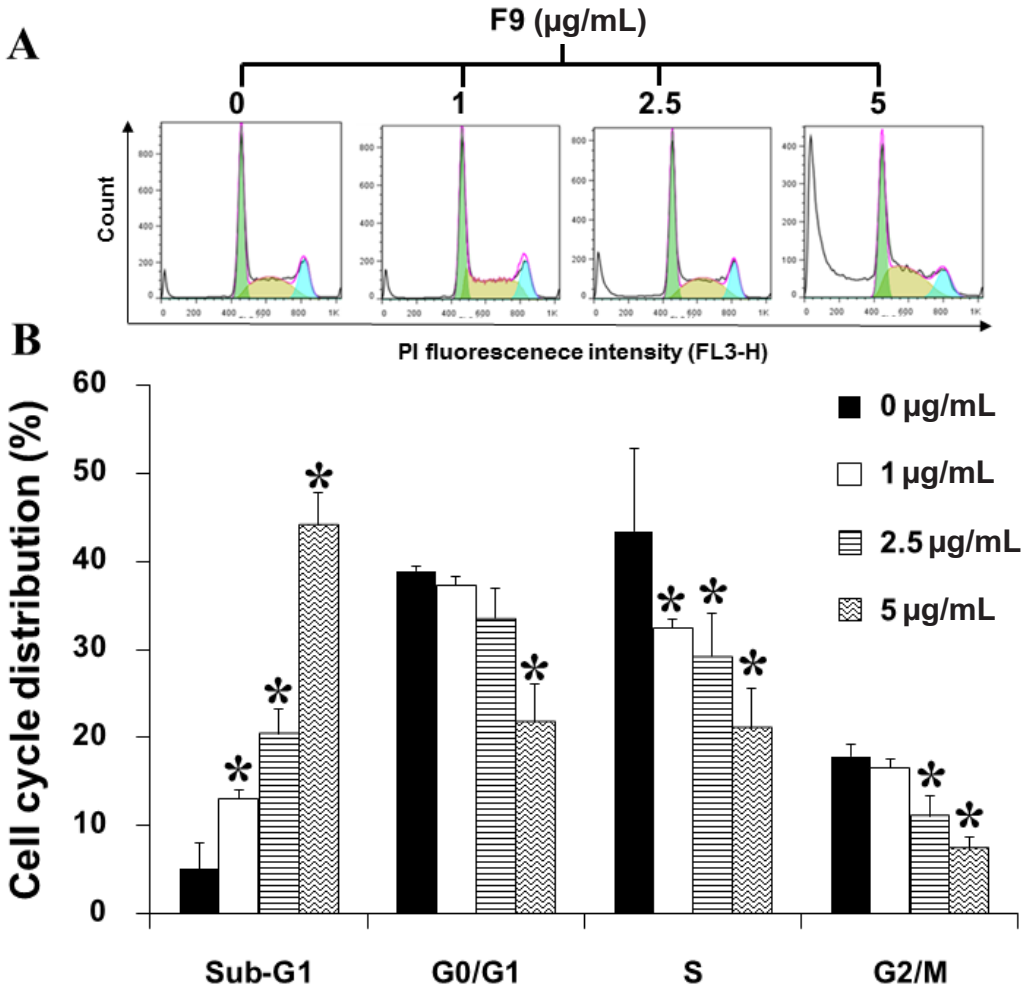


Figure 4. *Effect of various concentrations of F9 on cell cycle progression in Molt4 cells. (A) Molt4 cells were treated with F9 at the concentrations of 1, 2.5, and 5 µg/mL for 24 hr. (B) Percentage of cells in sub-G1, G0/G1, S, and G2/M phases at 24 hr of treatment was analyzed. Data are the mean values±SD of three independent. Asterisk (*) denotes a significant difference from vehicle control group ($p<0.05$).*

Effect of incubation time of F9 treatment on expression level of cell cycle regulatory proteins in Molt4 cells

In this experiment, Molt4 cells were treated with 2.5 µg/mL (IC_{20} value) of F9 and 0.08% DMSO for 12, 24, 36, and 48 hr. Protein level was determined by Western blotting, yielding p53 protein levels of 114.3±12.0, 129.7±11.6, 137.7±9.3, and 153.0±12.5% in response to 12, 24, 36, and 48 hr, respectively. Cyclin A protein levels were 122.6±7.8, 108.0±2.5, 75.6±9.4, and 80.3±3.2%, respectively. Cyclin B protein levels were 74.2±12.1, 59.6±2.8, 34.7±10.2, and 24.8±12.1%, respectively. Cyclin E protein levels were 93.8±5.1, 95.2±8.4, 90.4±5.2, and 81.1±4.2%, respectively. The cdc2 protein levels were 103.6±13.1, 94.8±8.6, 56.3±6.1, and 52.3±10.1%, respectively. All data are shown in Figure 5A and 5B. Taken together, it was shown that F9 induced p53 levels and decreased cyclin A, cyclin B, and cdc2 protein expressions in Molt4 cells.

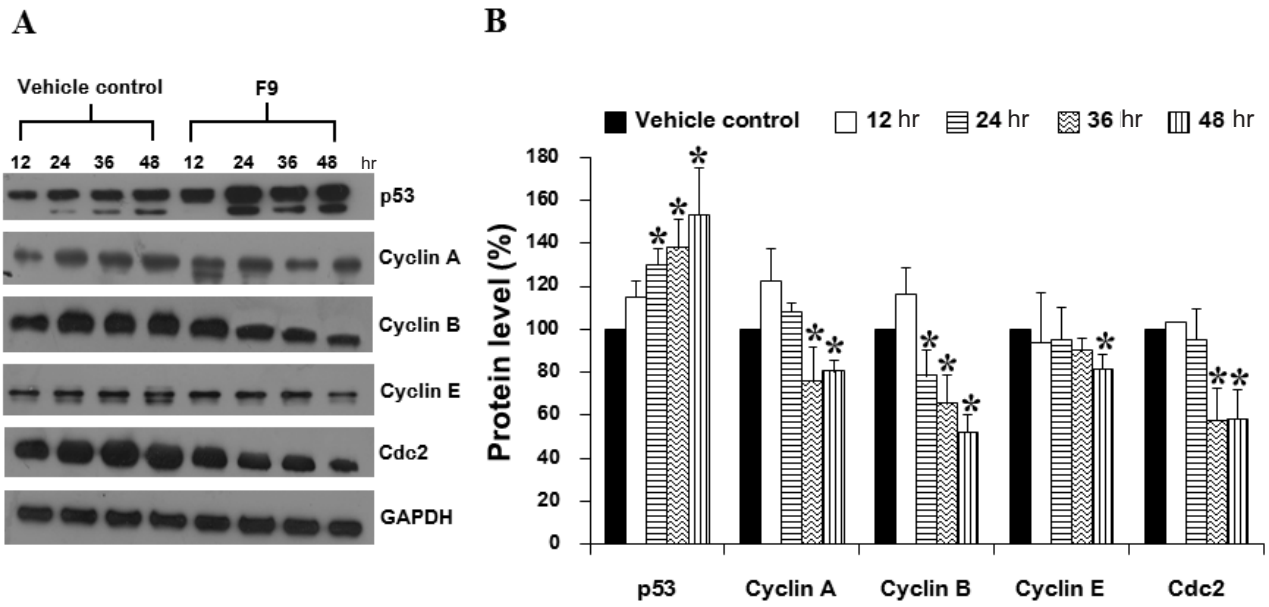


Figure 5. *Effect of incubation time periods of F9 on Molt4 cells. Levels of p53, cyclin A, cyclin B, cyclin E, and cdc2 after 2.5 µg/mL of F9 treatments for 12, 24, 36, and 48 hr were assessed by (A) Western blotting; GAPDH was used as a loading control. (B) Protein levels were analyzed with a scan densitometer and normalized using GAPDH protein. Data are mean values±SD of three independent experiments. Asterisk (*) denotes a significant difference from vehicle control group ($p<0.05$).*

Effect of F9 concentration on expression level of cell cycle regulatory proteins in Molt4 cells

Effect of concentration of F9 on the expression level of cell cycle regulatory proteins was further investigated to confirm the results. Various non-cytotoxic doses of F9 at 1.0, 2.5, and 5.0 µg/mL were examined for their effect on cell cycle regulatory protein expression. Protein levels were determined by Western blotting. After 48 hr of treatment, p53 protein levels were increased by 6.3±4.4, 25.6±3.8, and 34.7±7.5% in the response to 1.0, 2.5, and 5.0 µg/mL, respectively. Cyclin A protein levels were decreased by 4.0±6.9, 18.7±5.6, and 28.3±6.1%. Cyclin B protein levels were decreased by 8.4±5.3, 22.7±1.2, and 30.6±4.8%. In addition, cyclin E protein levels were 2.7±3.1, 13.4±4.4, and 16.0±2.6% and the cdc2 protein levels were 13.7±4.2, 24.7±5.7 and 23.3±2.6% in the response to 1.0, 2.5, and 5.0 µg/mL, respectively. All data are shown in Figure 6A and 6B.

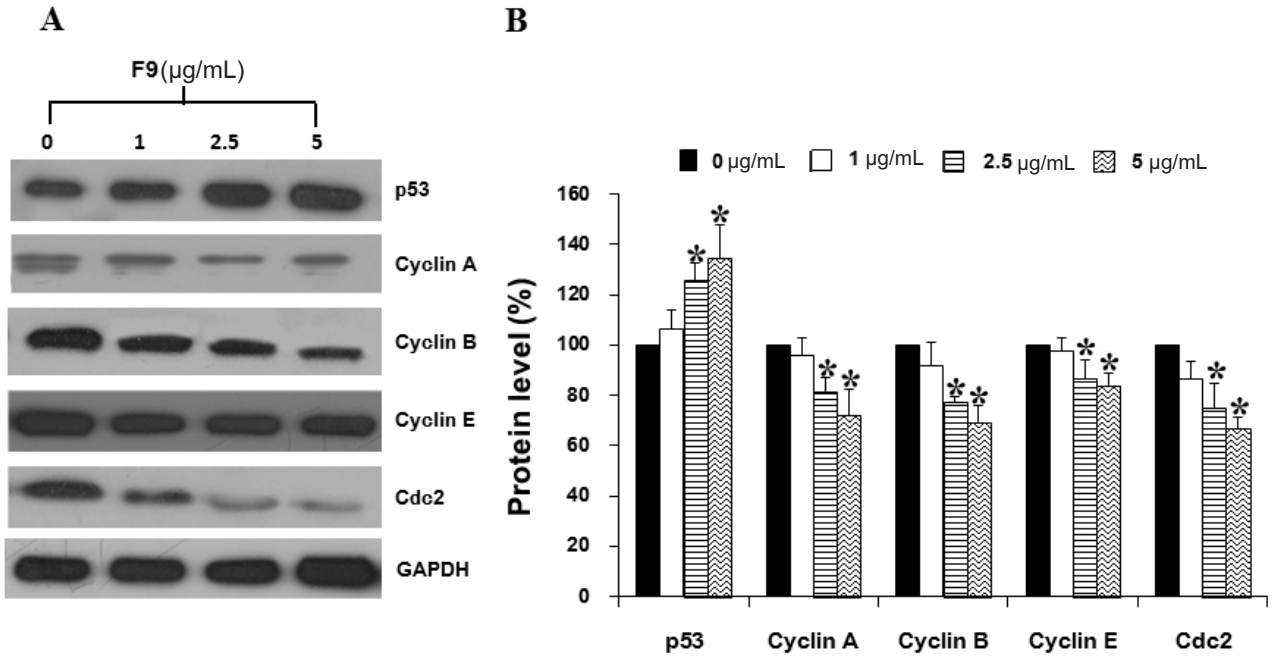


Figure 6. *Effect of concentration of F9 on cell cycle protein control in Molt4 cells. Levels of p53, cyclin A, cyclin A, cyclin E, and cdc2 after F9 treatments (1, 2.5, and 5 µg/mL) for 48 hr were assessed by (A) Western blotting; GAPDH was used as a loading control. (B) Protein levels were analyzed by a scan densitometer and normalized using GAPDH protein. Data are the mean values±SD of three independent experiments. Asterisk (*) denotes a significant difference from vehicle control group ($p<0.05$).*

Discussion

The essential oil from kaffir lime peels and leaves is the main source of chemical components such as β-pinene, limonene, sabinene, and citronellal.[5,11] Previous studies showed that kaffir lime leaf and fruit extracts had antioxidant,[5] free radical scavenging,[12] antimicrobial,[13] and anti-inflammatory activities.[12] Kaffir lime essential oil has previously been shown to have an anti-proliferative activity on human mouth epidermal carcinoma (KB) and murine leukemia (P388) cell lines.[14] Furthermore, purified fractional extracts from hexane of kaffir lime leaf showed cytotoxic effects against HL60, K562, Molt4, and U937 cell lines.[9] Kaffir lime leaf extract also showed its ability to induce cell cycle arrest at G2/M phase and inhibit cell cycle checkpoint proteins such as cyclin B1, cdc2, cdc25c, and p21WAF1/CIP1.[15] To study the cytotoxic effects of F9 on Molt4 cells, cells were treated and assessed by MTT assay. The IC_{20} value (non-cytotoxic dose) was used for studying cell cycle arrest and proteins that control cell cycle progression. Chueahongthong *et al*. previously reported that ethyl acetate and hexane fractions of kaffir lime leaf extracts demonstrated the strongest cytotoxic effect on K562, Molt4, U937, and HL60 cells.[4] Tamakaew previously showed that F9 had inhibitory effect on WT1 protein expression by 37.8%.[9] The most effective F9 with IC_{20} value was further studied for its effects on cell cycle progression and cell cycle regulatory proteins by Flow cytometry and Western blotting, respectively. Cell cycle control is an important process in cell proliferation and growth. The regulatory proteins that control cell cycle are divided into 2 groups which are cyclin and cyclin-dependent kinase (Cdks).[16] Some natural compounds have been reported for their effect on cancer cell inhibition, apoptosis, and/or cell cycle arrest.[16] F9 showed only a sub-G1 peak and did not show cell cycle arrest. Results showed the new finding that low doses of F9 could induce cell death in Molt4 cells in a short time period.

To determine effects of F9 on regulatory proteins of cell cycle in Molt4 cells, non-cytotoxic doses at IC_{20} values were used. The result showed that F9 decreased

cyclin A, cyclin B, cyclin E, and cdc2 protein expression at 48 hr of treatment. Moreover, F9 up-regulated p53 levels in Molt4 cells at 48 hr. Tumor suppressor p53 is a regulatory protein in cell cycle and increases after DNA damage. This result indicated that low doses of F9 could induce Molt4 cell cycle arrest in short time period. The activity of F9 is in dose-dependent manner. Cell cycle control plays an important role in the regulatory mechanisms that ensure proper execution of cell cycle events. This study revealed that F9 decreased the expression of G2/M phase regulatory proteins, cyclin B and cdc2. The other regulatory proteins involved in G2/M phase are p53 and cyclin A proteins. The G2/M checkpoint blocks entry into mitosis when DNA is damaged.[16] Increasing of p53 protein level was detected after F9 treatment.

Protein p53 plays an important role in preventing cancer development, by arresting or killing potential tumor cells. Mutations within p53 gene, leading to the loss of p53 activity, are found in about half of all human cancers. Moreover, p53 can regulate G1 arrest and also contributes to G2/M phase arrest in the cell cycle via induction of p21 protein. The p21 protein is an inhibitor of cyclin/cyclin-dependent kinase complexes and interacts with other regulators of signal transduction.[17] In G2/M arrest, p53 acts by inhibiting cdc2 or by inhibiting binding of cdc2 with cyclin B.[18] Previous study showed that natural compounds had inhibitory effects on cancer cell proliferation by blocking of cell proliferation at the G2/M checkpoint of cell cycle progression. Park *et al*. investigated curcumin from turmeric, a strong anti-cancer agent, and it was shown to inhibit cell proliferation by decreasing cdc2 kinase activity with a concomitant increase in p53 and p21 and arresting cells at the G2/M phase.[19]

Conclusion

F9 from kaffir lime leaf extract showed a potent cytotoxic effect on Molt4 cells in a dose-dependent manner. The non-cytotoxic dose (IC_{20}value) of F9 decreased total cell number in a dose- and time-dependent manner and induced p53 expression. This phenomenon indicates that cell cycle progression was inhibited at the G2/M phase. Moreover, F9 also inhibited cyclin A, cyclin B, and cdc2 protein expression (regulatory proteins in S and G2/M phases). This study has provided the new knowledge concerning the anti-cancer effect of low doses of kaffir lime leaf extracts could induce cell death in a short time period.

Acknowledgements

The authors are grateful for grants received from the Thailand Research Fund (TRF), Grant number RSA5580029, and the National Research Council (NRC) and Chiang Mai University Research Fund under Grant number 2558A10401001. We gratefully acknowledge Chad Pickens for his critical reading of the manuscript for English usage.

References

1. National Cancer Institute (2012). A snapshot of leukemia [Internet]. [2016, May 20] Available: www.cancer.gov/aboutnci/servingpeople/snapshots/leuke-mia.pdf.
2. Pokharel M. Leukemia: A Review Article. IJARPB 2012; 2(3): 397-407.
3. Vermeulen K, Van Bockstaele DR, Berneman ZN. The cell cycle: a review of regulation, deregulation and therapeutic targets in cancer. Cell Prolif 2003; 36(3): 131-49.
4. Chueahongthong F, Ampasavate C, Okonogi S, Tima S, Anuchapreeda S. Cytotoxic effects of crude kaffir lime (*Citrus hystrix*, DC.) leaf fractional extracts on leukemic cell lines. J Med Plants Res 2011; 5(14): 3097-105.
5. Kasuan N, Yunus M, Rahiman MHF, Aris RSR, Taib MN. Essential oil composition of Kaffir lime: Comparative analysis between controlled steam distillation and hydrodistillation extraction process. Proceedings of Student Conference; 2009 Nov 16-18; SCOReD, Malaysia.UPM Serdang: IEEE; 2009.
6. Lawrence BM, Hogg JW, Terhune SJ, Podimuang V. Constituents of the leaf and peel oils of Citrus hystrix, D.C. Phytochemistry 1971; 10(6): 1404–5.
7. Tangkanakul P, Auttaviboonkul P, Niyomwit B, Lowvitoon N, Charoentha-mawat P, Trakoontivakorn G. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of Asian foods after thermal processing. IFRJ 2009; 16(4): 571-80.
8. Azlim Almey AA, Ahmed Jalal Khan C, Syed Zahir I, Mustapha Suleiman K, Aisyah M R, Kamarul Rahim K. Total phenolic content and primary antioxidant activity of methanolic and ethanolic extracts of aromatic plants leaves. Int Food Res J 2010; 17: 1077-84.
9. Tamakaew Y. Effects of partial purified fractions of Kaffir lime leaf extracts on cell cytotoxicity and Wilms' tumor 1 protein expression in K562 cell line. [Term paper]. Chiang Mai: Chiang Mai University; 2012.
10. Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J Biol Chem 1951; 193(1): 265-75.
11. Chanthaphon S, Chanthachum S, Hongpattarakere T. Antimicrobial activities of essential oils and crude extracts from tropical Citrus spp. against food- related microorganisms. Songklanakarin J Sci Technol 2008; 30(1): 125-31.
12. Hutadilok-Towatana N, Chaiyamutti P, Panthong K, Mahabusarakam W, Rukachaisirikul V. Antioxidative and free radical scavenging activities of some plants used in Thai folk medicine. Pharm Biol 2006; 44(3): 221-8.
13. Waikedrea J, Dugay A, Barrachinac I, Herrenknecht C, Cabalion P, Fournet A. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from new caledonian citrus macroptera and citrus hystrix. Chem Biodivers 2010; 7(4): 871-7.
14. Manosroi J, Dhumtanom P, Manosroi A. Anti-proliferative activity of essential oil extracted from Thai medicinal plants on KB and P388 cell lines. Cancer Lett 2005; 235(1): 114–20.
15. Park KI, Park HS, Nagappan A. Induction of the cell cycle arrest and apoptosis by flavonoids isolated from Korean Citrus aurantium L. in non-small-cell lung cancer cells. Food Chem 2012; 135(4): 2728–35.
16. Lundberg AS, Weinberg RA. Control of the cell cycle and apoptosis. Eur J Cancer 1999; 35(14): 1886-94.
17. Bunz F, Dutriaux A, Lengauer C, Waldman T, Zhou S, Brown J. Requirement for p53 and p21 to sustain G2 arrest after DNA damage. Science 1998; 282(5393): 1497-501.

18. Cooper S, Shayman JA. Revisiting retinoblastoma protein phosphorylation during the mammalian cell cycle. Cell Mol Life Sci 1999; 58(2001): 580-95.
19. Park MJ, Kim EH, Park IC, Lee HC, Woo SH, Lee JY, et al. Curcumin inhibits cell cycle progression of immortalized human umbilical vein endothelial (ECV304) cells by up-regulating cyclin-dependent kinase inhibitor, p21WAF1/CIP1, p27KIP1 and p53. Int J Oncol 2002; 21(2): 379–83.

ความสัมพันธ์ระหว่างการประยุกต์ใช้กลยุทธ์การประมวลผลข้อมูล และความสามารถทางสังคมในเด็กไทยที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

The relationship between information processing strategies application and social competence in Thai children with learning disabilities

สุธินันท์ จันทร[1] สรินยา ศรีเพชราวุธ [2] พีรยา มั่นเขตวิทย์ [2*]

Sutinun Juntorn[1] Sarinya Sriphetcharawut [2] Peeraya Munketvit [2*]

[1]นักศึกษาบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[1]Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai Province, Thailand

[2]ภาควิชากิจกรรมบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[2]Department of Occupational Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: peeraya_m@hotmail.com)

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

Received September 2016

Accepted as revised December 2016

บทคัดย่อ

บทนำ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำเป็นปัญหาสำคัญที่พบในเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ (แอลดี) เป็นผลจากความบกพร่องของความสามารถในกระบวนการประมวลผลข้อมูล หลายงานวิจัยยังพบว่า ความสามารถทางสังคมของเด็กกลุ่มนี้ยังเป็นสิ่งสำคัญที่ควรคำนึงถึง

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการประยุกต์ใช้กลยุทธ์การประมวลผลข้อมูลและความสามารถทางสังคมในเด็กไทยที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

เครื่องมือ: เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือแบบประเมิน พีอาร์พีพี ซิสเต็มฉบับภาษาไทย และแบบประเมินโซเชียลคอมพีเทนซ์ สเกล ฉบับภาษาไทย

วิธีการ: กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้จำนวน 30 ราย อายุระหว่าง 6-12 ปี คัดเลือกด้วยวิธีการแบบเฉพาะเจาะจง และครูของเด็กกลุ่มตัวอย่างจำนวน 21 ราย ผู้วิจัยให้ครูทำแบบประเมิน โซเชียล คอมพีเทนซ์ สเกล ฉบับภาษาไทย และประเมินเด็กกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบประเมิน พีอาร์พีพี ซิสเต็ม ฉบับภาษาไทย ในขณะเด็กทำกิจกรรมประเภทวิชาการ จากนั้นทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากสองแบบประเมินด้วยวิธีการของ เพียร์สัน โมเมนต์ คอร์รีเลชั่น

ผลการศึกษา: พบความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนในทุกควอดรันต์ (perceive, recall, plan, perform) ของแบบประเมินพีอาร์พีพี ซิสเต็ม กับคะแนนในการทดสอบย่อยด้าน ทักษะพฤติกรรมทางการเรียน (academic behavior skills) ของแบบประเมิน โซเชียล คอมพีเทนซ์ สเกล ในระดับสูง

สรุป: ความสามารถในการประยุกต์ใช้กลยุทธ์การประมวลผลข้อมูลมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับความสามารถทางสังคมในด้านทักษะพฤติกรรมทางการเรียนในเด็กไทยที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 38-53. Doi: 10.14456/jams.2017.4

คำสำคัญ: เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ กลยุทธ์การประมวลผลข้อมูล ความสามารถทางสังคม พีอาร์พีพี ซิสเต็ม ฉบับภาษาไทย โซเชียล คอมพีเทนซ์ สเกล ฉบับภาษาไทย

Abstract

Introduction: Low academic achievement resulting from low ability in information processing is not the only major problem found in children with learning disabilities (LD). Many studies indicated that social competencies of these children are also important.

Objectives: To investigate the relationship between information processing strategies and social competence in Thai children with LD.

Instruments: Perceive, recall, plan, and perform system of task analysis (PRPP system): Thai version, and Social competence scale (SCS): Thai version were used in this study.

Methods: Thirty children with LD aged between 6-12 years (n=30) and their teachers (n=21) were recruited by a purposive sampling method. All teachers completed a full assessment of SCS. PRPP System was administered to children while they performed the academic tasks. Pearson product-moment correlation was used to test the relationship between two assessment tools.

Results: Relationship between information processing strategies and social competence occurred in all quadrants of PRPP System with high correlation occurring in the academic behavior skills subtest of SCS.

Conclusion: Information processing strategies have a high correlation with social competence in academic behavior skills subtest in Thai children with LD.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 38-53. Doi: 10.14456/jams.2017.4

Keywords: Children with learning disabilities, information processing strategies, social competence, perceive recall plan and perform system: Thai version, social competence scale: Thai version

Introduction

Currently, learning disabilities (LD) is seen as one of the most significant factors that limit ability to learn in school. These problems are based on ineffective information processing used in learning that takes place in the four stages of input, integration, storage, and output.[1] It can lead to difficulties in academic activities.[2] Low academic achievement is not the only major problem found in children with learning disabilities. Many researches indicated that social competences of these children can be affected as well.[3-8] Punyo stated in her study that children who were identified with LD generally had difficulties in social-emotional development.[6] The problem was a consequence of continuously unaccomplished learning activities. As a result, they tended to lack self-esteem, had high anxiety, and displayed a variety of adverse emotional reactions. Because of these tendencies, they could easily lose their temper and become depressed. Thus, many psychologists noticed that these disabled children had a greater possibility to be affected by lacking of development in social skills than by their unaccomplished academic learning skills. The studies of Haager and Vaughn[4] and Wight and Chapparo[7] found that those who were closed to children with LD such as their parents, teachers, and peers believed that these disabled children had relatively lower social competences than their age-level peers. Furthermore, a study done by Kavale and Forness[5] and Wong[8] also claimed that children with LD tended to participate less in social activities compared to other children of the same age. Chapparo[9] stated in her study that these disabled children tended to be frequently rejected and ignored by peers. As a result, they have less opportunity to participate in activities with their friends. In summary, children with LD are frequently found to display low levels of social competency and low academic

achievement. Therefore, information processing strategies and social competences are seen as significant problems in children with LD. Many researchers have conducted studies on the relationship between information processing abilities and social competence in psychiatric patients. It was found that cognitive ability could significantly predict social competence.[10-13] Similar studies have been conducted on children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) and typical children.[14-16] Nevertheless, there has been very few studies conducted on a direct relationship between information processing strategies and social competence on children with LD.

Perceive, recall, plan, and perform (PRPP) system of task analysis was used for assessing information processing strategies application in this study. This assessment is one of occupation-focused assessments that measures both task performance skills and cognitive information processing strategies over time in a specific context.[17] Many researchers have conducted studies on the PRPP system of task analysis that has been used to assess cognitive deficits in typical children,[18-20] children with LD, [21-24] and children with autism.[25] Lowe focused on cognitive strategies that may be critical to successful participation in school.[23] The occupational performance of students with learning difficulties enrolled in mainstream primary (elementary) schools in Australia was determined by PRPP @SCHOOL-1 (TQ & PQ). Additionally, Wight and Chapparo focused on studying the relationship between information processing and social competence abilities during task performance at school.[26] Convenient samples of 22 male children with LD, aged between 5 and 11 years were selected. The instruments used in this study included Teacher Skill-streaming Checklist[27] and PRPP system of task analysis teacher questionnaire.[23] The findings reported a significant relationship between information processing abilities of children with LD and their proficiency in all areas of social performance. Although Wight and Chapparo's study found a relationship between information processing abilities and social performance,[26] there were differences in inclusion criteria of the samples. They considered the social difficulties of these children as indicated by their respective classroom teachers, whereas the present study considered only the learning disabilities condition. Moreover, Wight and Chapparo's study used teacher skillstreaming checklist for assessing social performance, whereas we used social competence scale (SCS): Thai version, which contains different assessment criteria. Therefore, the researcher was interested in investigating the relationship between information processing strategies application and social competence in Thai children with LD by using PRPP system of task analysis: Thai version, and SCS: Thai version.

Materials and methods

Research methodology

A correlational study was used to examine relationship between information processing strategies application and social competence in Thai children with LD by using the PRPP system of task analysis: Thai version and SCS: Thai version.

Participants

Children

Total of 30 children diagnosed with LD were participated in this study. The inclusion criteria were as follows:

1) Children could communicate without visual, hearing, and speaking impairments. Students having demonstrated these impairments in the past could be determined using a clinical profile, but these impairments must have been adequately repaired before participation.
2) Their parents had to agree to sign an informed consent to participate in study. Participants who could not complete assessment were excluded.

Participants included 25 males and 5 females aged ranging from 9 to 12 years old (mean age 10.8). Six inclusion schools located in the Chiang Mai Province, Thailand, that had children diagnosed learning disabilities in grades four through six were used in this study. All participants had reading disabilities and had never been exposed to any interventions, or had received interventions of less than one session per week.

Teachers

Total of 21 teachers participated in this study. All teachers had the most contact with students and were lead teachers in each classroom of students in the sample group. Teachers were 19 females and 2 males. The age range of teachers were 28 to 57 years old (mean age = 46).

Instruments

Research instruments used in this study were the PRPP system of task analysis: Thai version and SCS: Thai version.

PRPP system of task analysis: Thai version

PRPP system of task analysis was developed by Chapparo and Ranka in 1997 to meet the requirements of occupational therapists. PRPP system of task analysis is a custom-made, flexible, and ecological assessment of occupational performance that corresponds to the structure of occupational performance model (Australia), and tenets of cognitive ethology and macro-cognition. Furthermore, it is one of the occupation-focused assessments that measures both task performance skills and cognitive information processing strategy over time in a specific context.[17] Program consisted of two analytical stages. Stage One Analysis employs a standard behavioral task analysis to indicate person's mastery for specific and relevant occupations. Stage Two Analysis adopts a cognitive task analysis describing cognitive processes underlying task performance and cognitive strategies in complex situations. This stage of PRPP system of task analysis is conceptually divided into four quadrants: perceive (sensory perception), recall (memory), plan (response planning and evaluation), and perform (performance monitoring). Each quadrant is broken down into three sub-quadrants and several underlying information processing strategies termed 'descriptor' (Figure 1). Descriptor behaviors are rated by an observer on a 3-2-1 scale. Children will receive a score of 3 if the task is completed safely without assistance and prompts within a reasonable time. Children will receive a score of 2 if the task is completed safely, but there are some concerns and deficits in behavior indicated. For example, prompts may be needed and time of completion is questionable. Children will receive a score of 1 if the task is uncompleted and a deficit in behavior is indicated. Also, patient may engage in unsafe behaviors while completing the tasks, take too much time, or require too many prompts.[28]

In this study, Stage Two Analysis was applied because results from this study were used to explore the relationship between information processing strategies application and social competence in Thai children with LD.

Many researchers have conducted studies using PRPP system of task analysis to assess cognitive deficits in a variety of samples such as adults with traumatic brain injuries,[29-31] persons with schizophrenia,[32] men with HIV-1 dementia,[33] typical children,[18-20] children with LD,[21-24] and children with autism.[25] In Thailand, PRPP system of task analysis was translated into Thai and has been studied for reliability and validity by Munkhetvit as part of doctoral thesis.[30] Later, PRPP system of task analysis: Thai version was used in Thailand for clients with strokes,[34] people with schizophrenia,[35] and elderly with dementia.[36]

Present study used Thai version of PRPP system of task analysis as a research instrument for assessing information processing application in Thai children with LD.

SCS: Thai Version

SCS was developed by the Conduct Problem Prevention Research Group (CPPRG) in 1995 and was further applied by the Fast Track's project, Pennsylvania University, USA. This assessment is used to evaluate the development of social competence in elementary-age children. SCS covers several components including:

1) Pro-social and communication skills
2) Emotion regulation skills an
3) Academic behavior skills.

The assessment consists of two versions. The first one for teacher contains 25 questions that fall into three components: 1) pro-social and communication skills, 2) emotion regulation skills, and 3) academic behavior skills. The second test for parent consists of 12 questions that fall into two components: 1) pro-social and communication skills, and 2) emotion regulation skills. Five-point Likert scale is applied to scoring tests such that 0 = not at all, 1 = a little, 2 = moderately well, 3 = well, and 4 = very

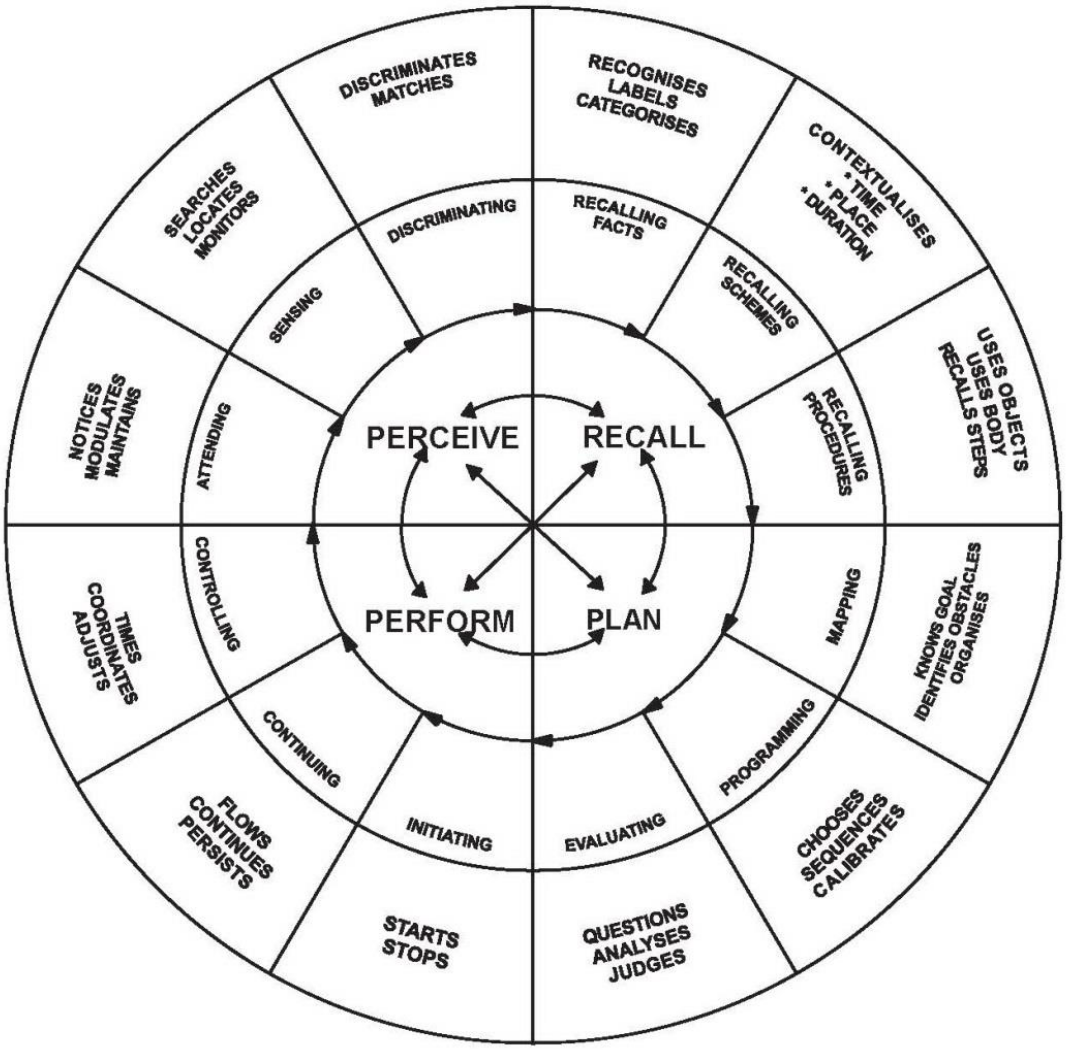


Figure 1. The PRPP system of task analysis: conceptual model of information processing behaviors.[33]

well. SCS has been studied for psychometric properties such as internal consistency, factor analysis, construct validity, concurrent validity, reliability, and discriminant analysis. The studies found that psychometric properties of SCS were high.[37-40] The original version of SCS was translated into Thai and was examined for its reliability in Thai children with LD before being used in present study by this researcher. SCS: Thai version showed high test-retest reliability (r=0.84-0.98). Although SCS has two versions, this research focused only on the perspective of teachers so only teacher version was used.

Procedure

The proposal was sent to the Ethics Committee of the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University for approval. All participants (children and teachers) agreed to sign an informed consent to participate in the study. Next, children in sample group (n=30) were rated by their current classroom teacher using teacher version of SCS in all three subtests, including pro-social/ communication skills, emotional regulation, and academic behavior subtests. Ratings were completed by teacher who had the most contact with student. Afterward, PRPP

system of task analysis: Thai version was administered to all children in the same sample group (n=30). Students were observed while performing the academic tasks. Performances of children were videotaped during assessment. Videotaped performances were later assessed. Scores from Stage Two Analysis of PRPP system: Thai version (3-2-1) was entered for each of thirty-four descriptors for each task the children performed.

Data Analysis

Pearson product-moment correlations was used to examine the relationship between information processing strategies as measured by PRPP system of task analysis: Thai version and social competence as measured by SCS: Thai version.

Results

Demographic characteristics of children in the sample group are shown in Table 1. Thirty children with LD who met the inclusion criteria were selected to participate in the study. Their average age were 10.8 years old. Most of them were males (83.33%) and were in the 5th grade (36.67%). Demographic characteristics of teachers in the sample group are shown in Table 2. The majority of teachers were female (n=19) with mean age was 46 years (SD = 7.94).

Table 1 Demographic characteristics of the children in the sample group (n=30).

General data		n=30	Percentage (%)
Gender			
	Male	25	83.33
	Female	5	16.67
Age	9.0 – 9.11	1	3.33
(Years)	10.0 – 10.11	12	40.00
	11.0 – 11.11	11	36.67
	12.0 – 12.11	6	20.00
Grade	4	10	33.33
	5	11	36.67
	6	9	30.00

Table 2 Demographic characteristics of teachers (n=21) in the sample group.

General data		Teachers (n=21)
Gender		
	Male	19
	Female	2
Age		
(Years)	Mean	46
	SD	7.43

Table 3 contains means, standard deviations, and mean percentage scores of PRPP system: Thai version for academic task. The results showed that plan quadrant posed the most problems for children with LD in this sample (mean 53.33%). Perceive quadrant was the next most problematic in the sample (mean 68.88%), followed by recall quadrant (mean 75.56%), and perform quadrant (mean 80.96%) being the least problematic.

Table 3 PRPP Stage Two Quadrant percentage scores of Academic task.

PRPP Quadrant	Min. Score	Max. Score	Mean Score	Mean% Score	Std. Dev.
Perceive	10.00	25.00	16.53	68.88	13.00
Recall	17.00	24.00	20.40	75.56	2.04
Plan	9.00	23.00	14.40	53.33	5.00
Perform	18.00	23.00	29.43	80.96	1.74

Table 4 contains means, standard deviations, and mean percentage scores of social competence scale (Teacher version): Thai version. The results showed that academic behavior subtest contained the lowest scores (mean 48.82 %). Pro-social and communication skills subtest showed the highest scores (mean 58.13 %).

Table 4 Mean score of social competence scale (teacher version): Thai version.

SCS Subtest	Full Score	Min. Score	Max. Score	Mean Score	Mean% Score	Std. Dev.
Pro-social/communication	32	6.00	30.00	18.60	58.13	6.25
Emotional regulation	40	6.00	36.00	20.57	51.43	9.23
Academic behavior	28	4.00	24.00	13.67	48.82	6.91

From Table 5, it can be seen that there was a correlation between each subtests of teacher version of SCS: Thai version and particular quadrants of PRPP System: Thai version. High correlation occurred between academic behavior skill subtest of SCS and perceive (r=0.87), recall (r=0.67), plan (r=0.82), and perform (r=0.71) quadrants. Pro-social/communication skill subtest of SCS showed no correlation with recall quadrant (r=0.03) and low correlation with perceive (r=0.15), plan (r=0.22) and perform (r=0.20) quadrants. Emotional regulation subtest of SCS showed no correlation with perceive (r=0.05) and recall (r =0.02) quadrants and low correlation with plan (r=0.21) and perform (r=0.27) quadrants.

Table 5 Pearson's moment product correlation subtests of SCS: Thai version and each quadrant of PRPP system: Thai version on academic task.

PRPP Quadrant	SCS Subtest	*r* value	Level of correlation
Perceive			
	Pro-social/communication	0.15	low
	Emotional regulation	0.05	no correlation
	Academic behavior	0.87	high
Recall			
	Pro-social/communication	0.03	no correlation
	Emotional regulation	0.02	no correlation
	Academic behavior	0.67	high
Plan			
	Pro-social/communication	0.22	low
	Emotional regulation	0.21	low
	Academic behavior	0.82	high
Perform			
	Pro-social/communication	0.20	low
	Emotional regulation	0.27	low
	Academic behavior	0.71	high

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Discussion

The relationship between social competence (measured by SCS: Thai version) and information processing strategies application (measured by PRPP system: Thai version) occurred only in academic behavior skill subtest of SCS Thai version, with all quadrants of PRPP system: Thai version showing high correlation (r=0.67-0.87). On the other hand, areas of pro-social skills and emotional skills showed no correlation to low correlation with information processing strategies in the sample group (r=0.02-0.27). This study focused on information processing strategies application during academic tasks. Children with LD struggling with academic performance applied poor information processing strategies. While these students performed academic tasks, they could not work in response to commands, could not complete their work, and took a long time to complete it. These problems are consistent with the questionnaire of Academic behavior skill subtest of SCS: Thai version which focuses on student's attention, initiation, performance, persistence, and efforts in learning. Therefore, these students need to use high level information processing strategies for success in classroom. Academic behavior skill shows high correlation with perceive quadrant because strategies for gathering sensory information from environment or perceive stage of PRPP system are the first stage in receiving information and correlate with learning problems. Attention is important for perception because of its effect on receiving information from teacher and environment in classroom. If children pay more attention to important information, they can learn to process information more efficiently. This result confirmed previous report suggesting a relationship between attention and academic achievement.[41-42] Some studies have shown that attention is an important predictor for academic achievement in children and adults.[41] Moreover, Jimmerson and colleague

found that attention problems contribute negatively to academic achievement and may impair academic competence.[42] Aside from attention, monitoring is one component in perceiving process related to academic performance[43] because it governs student's ability to evaluate their work and behavior in real time.[44] Scores of academic behavior skill were highly related to recall quadrant because strategies required for storage, extension, and retrieval of information or recall stage of PRPP system is a component of working memory skills. A short-term storage of information for current thinking appears to affect everyday classroom performance, especially the ability to focus on tasks and accomplishment. Impairment of working memory skills is a common feature found in a wide range of disorders and specific learning difficulties. Major signs of working memory impairment include poor academic progress, difficulties regarding complex instructions, and an inability to store large amount of information in the mind.[45] Some researchers suggested a link between working memory capacity and children's ability to acquire knowledge and new skills.[46] Children with low working memory capacity often commit 'place-keeping' errors; repeating or skipping words, letters, numbers, or whole steps of an assigned task. They may frequently abandon tasks altogether because of losing track of what they are doing.[47] For written expression skills, children with low working memory capacity might demonstrate problems in writing sentences. For instance, after finishing spelling the first few words, they forget what they intended to write. Similarly, they often experience problems in reading comprehension because they usually lose track of overall gist of the text. Many studies found that working memory capacity has a significant impact on learning in children with reading disabilities.[48] The findings corresponded with previous report that the scores on working memory tasks related to reading achievement[49] and school achievement[50] differ from typically developing children. Likewise, academic behavior skill shows high correlation with plan quadrant because the strategies for manipulating, applying, and evaluating information or plan stage of PRPP system are another important component of information processing strategies. Planning ability requires the child to prepare multiple steps of action in advance, to evaluate those actions, and to change course, if necessary.[51] It is used during academic tasks in order to succeed in class work or to decrease negative behavior towards others.[52-53] A previous study found that planning ability predicts for academic performance in elementary school children.[54] Academic behavior skill show high correlation with perform quadrant because the strategies to monitor, regulate, and refine performance or perform stage of PRPP system allows children to control actions. After children interpret and internalize the information from teacher or environment, they respond accordingly. Inappropriate responses may be observed when children don't understand an instruction or comment. If the child has really tuned out, they might not react at all even when a response is required or expected from them. For these reasons, it is not surprising that the information processing strategies application affects academic behavior.

However, social competences in areas of pro-social skills and emotional skills showed no to low correlation with information processing strategies in the sample group. This finding is compatible with Miles and Stipek's research which found a weak correlation between social and academic skills in a sample of low-income children attending the third and fifth grades.[55] Additionally, Caprara and colleagues used a longitudinal design and structural equation modeling to test the relative impact of early pro-social and aggressive behaviors on children's academic achievement and social ties to their peers 5 years later.[56] The results showed that early aggression had no significant effect on later academic achievement. In addition, Clore studied the correlation between cognitive ability (measured by IQ test including Wechsler Intelligence; WISC-III or Slosson Intelligence Test®; SIT-R) and social competence (measured by social skill rating system; SSRS) in adolescents with learning disabilities.[57] Results indicated that cognitive ability and social skills were not related in these participants.

From these findings, it could be stated that there are many factors affecting social competence besides cognitive processes. In fact, Lavoie reported that there are both internal and external factors that affect social competence.[58] Self-awareness is considered to be an

important internal factor that influences the relationship with others.[59-60] External factors that affect social competence included friendships, family, peers, and teachers.[58]

Self-awareness is a part of positive self-identification; a factor affecting social competence. Children who have good self-awareness also have good emotional intelligence because self-awareness helps children to control their emotional ability, and also supports their relationship to others. It is the first step to become a self-advocate, and bring about positive outcomes necessary for later success in life. Preparation of individualized education program (IEP), a specific learning plan for each child and services, indicated that child should play a role in increasing self-esteem to children with disabilities. Besides creating IEP focus on their academic achievements, the program also aims to encourage children to learn positive behavior, emotional, and social skill for children. Students' strength is referenced in IEP goals by searching for each student talent, interests, passion, or expertise to promote students' self-esteem.[61] Recent study found that IEP can help identify areas of weakness, allows children to develop their own talents, and reduces risk of social and emotional problems in the future.[62,63] This finding is consistent with Merlone & Morain's research who observed IEP with fifth grade students.[64] After these students had received IEP, they felt positive about their learning strengths, and were empowered to take on new challenges as they advanced to middle school. Moreover, a lot of researches has shown that IEP can help children with LD to develop self-awareness of their learning styles, to identify their strengths, and can help the student develop and achieve personal goals.[65-67] which allows them to overcome negative self-attribution,[66] and make positive choices.[68] Teachers, friends, parents and school staffs play roles in preparation of IEP system to encourage children to participate in school activities and promote self-awareness for children. Teachers are crucial roles in providing information about students' strengths and weaknesses, special talents, or interests that are not always directly associated with academic achievements. Teacher supports accommodation and modification which helps children develop self-awareness, and adjusts teaching to suit the educational needs of child.[69] Another researcher found that children with LD have better self-awareness because they can compensate with strengths in other areas than academic skills,[70] and that academic ability is not as important to children with LD compared to typically developing children.[71] These reports are also consistent with the study of Reis and colleagues which stated that children with LD in elementary and secondary school can learn their strengths to help them achieve success.[72] For example, some children have severe reading problems, but have excellent development of auditory memories that enables them to remember contents of books and passages, while some children with LD have a good ability in non-academic areas. On the other hand, if children have no support from their school to express their strengths and talents, they may not know about these talents because their high ability was obscured by learning disability. All of these are consistent with Chissom & Mcclean's report which stated that talents are unlimited and recognizing them can help children gain self-esteem.[73] Also, abilities that bring success for children with LD can also make them work harder in their own area of interests. It is also the best way to apply compensation strategies which reduces their disability.[74]

From the above-mentioned support, there is a possible explanation why scores of pro-social or communication skills and emotional regulation subtests of SCS showed no to low correlation with information processing strategies. This may be due to the fact that all samples in this study came from a school that equally supported children who have disabilities to participate in all kinds of school activities. Even though sample group in this study composed of different age and grade level, apart from IEP, everyone also has been under individualized instructional plan (IIP) that have been specifically designed and adapted to each particular student based on his or her talent.[75] IIP is used in planning and deciding the learning goals and alternative programs including activities that encourage a student to express his/her own talent and activities that can lead to the future career, such as making dessert, handcraft, and flower arrangement. As a result, each child is able to realize how to live his/her own life and gaining positive thinking

for the future. Additionally, there was no separation of samples from mainstream students in performing classroom activities. Children in the sample group performed all activities with their friends. They had opportunity to be both leaders and followers in activities. The system of teaching that is conducive to child's ability, as mentioned above, this corresponds to model of function, which is to focus on perspective of function, quality of life or participation in the mainstream environment, to the ability to perform specific, necessary activities. Concept of model stems from perspective of school professionals which state that effective school performance depend on a student's ability to perform a variety of functional tasks that enable child to participate in various learning activities of school day. These functional tasks are referred to nonacademic tasks.[76] Therefore, even the emotional, social, and environment development of children in each grade level were different, school teaching system encouraged children to participate in school activities, to express in order to gain their aware strength, pride, and increased self-awareness. As a result, emotional and social developments of children are improved equally at all levels, ages, and classes.

Although previous research of PRPP system reported a significant relationship between information processing abilities of children with LD and their proficiency in all areas of social performance,[26] there was differences recognized in social competence subtest and inclusion criteria of samples in this study. Wight and Chapparo's study used teacher skill-streaming checklist which includes 5 subtests: classroom survival skills, friendship-making skills, skills for dealing with feelings, skill alternatives to aggression, and skills for dealing with stress.[26] This study used social competence scale which includes 3 subtests for teacher version (pro-social/ communication, emotional regulation, and academic behavior). In addition, inclusion criteria of the samples in Wight and Chapparo's study considered social difficulties of children as indicated by their respective classroom teachers, whereas this study considered only learning disabilities condition.

Limitation of this study was that most of samples came from a school that supports children with disabilities. They were supported in expressing their special abilities in many ways. This makes children able to do school activities according to their abilities, makes them feel proud of themselves, aware of their strengths, and enhances self-esteem. Implication for future research requires children who are not supported by their respective schools, as this may show more social competence problems occurring in this sample group. Moreover, given the relationship found between information processing strategies application and academic behavior in the present study, there is a real possibility that the interventions aimed at improving children's ability of information processing strategies application, could eventually improve academic achievement.

Conclusion

The findings of this study showed the relationship between information processing strategies application (measured by PRPP system: Thai version) and social competence (measured by SCS: Thai version) occurring in all quadrants of PRPP system with academic behavior subtest of SCS, with high correlation. However, areas of pro-social skills and emotional skills showed no to low correlation with information processing strategies in the same sample group.

Acknowledgement

This work was partly supported by the graduate grant from the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University.

References

1. National Center for Learning Disabilities (NCLD). Learning disability fast facts [Internet]. 2010 [updated 2012 March 10; cited 2013 Dec 15]. Available from:http://www.understandingspecialeducation.com/learning-disorders.html
2. Swanson HL, Hoskyn M, Lee C. Interventions for Students with Learning Disabilities: A Meta-Analysis of Treatment Outcomes. New York London: the Guilford press; 1999.
3. Carman SN, Chapparo CJ. Children who experience difficulties with learning: Mother and child perceptions of social competence. Aust Occup Ther J 2012; 59: 339-46.
4. Haager D, Vaughn S. Parent, teacher, peer and self-reports of the social competence of students with learning disabilities. J Learn Disabil 1995; 28: 205-15.
5. Kavale KA, Forness SR. Social Skill Deficits and Learning Disabilities: A Meta-Analysis. J Learn Disabil 1996; 29: 226-37.
6. Punyo W. Helping Children with LD Psychologically (Helping and Screening LD). Technical papers presented at: The seminar session at Mercure Chiang Mai Hotels, Chiang Mai Province: held by Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Department of Occupational Therapy, 2010 July 19-23;Chiang Mai, Thailand.
7. Wight M, Chapparo C. Social competence and learning difficulties: Teacher perceptions. Aust Occup Ther J 2008; 55: 256-65.
8. Wong B. Learning about learning disabilities. 3rd ed. Boston: Elsevier Academic Press, 2004.
9. Chapparo C. Occupational Therapy for Children with Learning Difficulties. Technical papers presented at:The seminar session at Mercure Chaing Mai Hotels, Chiang Mai Province:held by Faculty of Associated Medical Sciences Chiang Mai University Department of Occupational Therapy, 2010 July 19-23; Chiang Mai, Thailand.
10. Penn DL, Muser KT, Speulding W, Hope DA, Reed D. Information Processing and Social Competence in Chronic Schizophrenia. Schizophr Bull 1995; 21: 269-81.
11. Addington J, McCleary L, Munroe-Bulum H. Relationship between cognitive and social dysfunction in schizophrenia. Schizophr Res 1998; 34(1-2): 59-66.
12. Green MF. What are the functional consequences of neurocognitive deficits in schizophrenia. Am J Psychiatry 1996; 153: 321-30.
13. Dickerson F, John JB, Ringel N, Parente F. Neurocognitive deficits and social functioning in outpatient with schizophrenia. Schizophr Res 1996; 21: 75-83.
14. Welsh M, Parke RD, Widaman K, O'Neil R. Linkages between Children's Social and Academic Competence: A Longitudinal Analysis. J Sch Psychol 2001; 39: 463-81.
15. Charm T, Carroll F, Strurge C. Theory of mind, executive function and social competence in boys with ADHD. Emot Behav Diffic 2001; 6(1): 31-49.
16. Joseph P. Children's coping with peer-related stressors: Social competence and its relationship to affective, cognitive, and situational factors. State University of New York at Binghamton; 1994.
17. Chapparo C, Ranka J. The occupational performance model (Australia): A description of constructs and structure. In: Chapparo C, Ranka J, editors. Occupational Performance Model (Australia): Monograph 1. University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 1997: 1-22.

18. Boland K. Assessing information processing in the context of pretend play [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2004.
19. Fordham M. Perceive, Recall, Plan, Perform (PRPP) Rating Scales (Parent and Teacher): Reliability and Validity [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences, University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2001.
20. Stewart K, Chapparo C. School readiness: Agreement between the Perceive, Recall, Plan and Perform (PRPP) System of Task Analysis and teacher assessment [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences, the University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2010.
21. Chapparo C, Lowe S, Heard R. Published Abstract: Occupational Therapy Australia, 25th National Conference and Exhibition. Aust Occup Ther J 2013; 60(Suppl1): 42-3.
22. Challita J, Chapparo C, Hinitt J, Lowe S. The effectiveness of the Perceive, Recall, Plan, Perform (PRPP) System of Intervention on the social skills of children with learning difficulties. Published Abstract: Occupational Therapy Australia, 25th National Conference and Exhibition. Aust Occup Ther J 2013; 60(Suppl1): 43.
23. Lowe S. Cognitive strategies and school participation for students with learning difficulties [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences, the University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2010.
24. Pulis J, Chapparo C. Assessment of children with information processing deficits: the PRPP system of task analysis. 2nd Pediatric Conference-What Works with Kids hosted by OT Australia-QLD, Brisbane, Queensland, Australia: OT Australia; 2002.
25. Lohri J. Information and sensory processing abilities of young children with autism spectrum disorder [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Healthy Sciences, the University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2005.
26. Wight M, Chapparo C. Social competence and learning difficulties: Teacher perceptions. Aust Occup Ther J 2008; 55(4): 256 - 65.
27. Goldstein AP, McGinnis E. Skillstreaming the elementary school child: New strategies and perspectives for teaching pro-social skills. rev. ed. Champaign, IL: Research Press; 1997.
28. Chapparo C, Ranka J. The PRPP System of Task Analysis: User's training manual. Available from the Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences, University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2005.
29. Fry K, O'Brien L. Using the Perceive, Recall, Plan and Perform system to assess cognitive deficits in adults with traumatic brain injury: A case study. Aust Occup Ther J 2002; 49: 182-87.
30. Munkhetvit P. Cognitive assessment in patients with acquired brain injury in Thailand [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences, the University of Sydney, NSW, Australia: Lidcombe; 2005.
31. Nott MT, Chapparo C. Measuring information processing in a client with extreme agitation following traumatic brain injury using the Perceive, Recall Plan and Perform System of Task Analysis. Aust Occup Ther J 2008; 55: 188-98.
32. Aubin G, Stip E, Gelinas I, Rainville C, Chapparo C. Assessment of information-processing skills during daily task performance in persons with schizophrenia: Usefulness of the Perceive, Recall, Plan, and Perform (PRPP) System of Task Analysis. Paper presented at: The 15th World Conference of the Federation of Occupational Therapists. Santiago, Chile: 2010.

33. Ranka J. Cognitive Strategy Application during Everyday Task Performance in Men with HIV-1 Dementia [dissertation]. Discipline of Occupational Therapy: Faculty of Health Sciences, University of Sydney, Australia; 2010.
34. Munkhetvit P. Types of cognitive deficits during the performance of ADL and IADL in persons with CVA. J Occup Ther Assoc Tha 2008; 11: 19-30. (in Thai)
35. Bunyachatakul S, Munkhetvit P, Srikamjak T, Sarakam A. Cognitive Deficits during the Performance of Activities of Daily Living in Schizophrenic Patients. Bull Suan Prung 2010; 26(2): 15-24. (in Thai)
36. Rattakorn R, Munkhetvit P. Types of cognitive deficits during the performance of IADL in the elderly with dementia. Manuscript submitted for publication 2012.
37. Conduct Problem Prevention Research Group (CPPRG). Psychometric properties of the social competence scale—teacher and parent ratings (Fast Track Project technical report). University Park, PA: Pennsylvania State University; 1995.
38. Corrigan A. Social competence scale—parent version, grade 1/year 2 (Fast Track Project technical report) [Internet]. Durham: Fast Track Data Center; 2002 [cited 2013 June 5]. Available from: http://www.fasttrackproject.org/techrept/s/scp/scp3tech.pdf
39. Corrigan A. Social competence scale—parent version, grade 2/year 3 (Fast Track Project technical report) [Internet]. Durham: Fast Track Data Center; 2003 [cited 2011 June 5]. Available from: http://www.fasttrackproject.org/techrept/s/scp/scp3tech.pdf
40. Gouley KK, Brotman LM, Huang KY. Construct Validation of the Social Competence Scale in Preschool-age Children. Soc Dev 2008; 17(2): 380-98.
41. Fernandez-Castillo A, Gutiérrez-Rojas ME. Selective attention, anxiety, depressive symptomatology and academic performance in adolescents. Rev Electron Investig Psicoeduc Psigopedag 2009; 7(1): 49-76.
42. Jimmerson SR, Dubrow EH, Adam E, Gunnar M, Bozoky IK. Associations among academic achievement, attention, and adrenocortical reactivity in Caribbean village children. Can J Sch Psychol 2006; 21: 120-38.
43. Zimmerman BJ, Paulsen AS. Self-monitoring during collegiate studying: An invaluable tool for academic self-regulation. New Dir Teach Learn 1995; 63: 13-27.
44. Eckerd M, Rudin S. Executive Function Deficits in children. Attitude strategies and support for ADHD&LD [Internet]. 2015 [cited 2015 April 21]. Available from: http://www.additudemay.com/addhd/article/8392.html
45. Holmes J. 'Working memory and learning difficulties' Dyslexia Review [Internet]. Cambridge: Cognition and Brain Sciences Unit; 2012 [cited 2015 March 18]. Available from: http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/wp-content/uploads/2013/09/ Working-memory-and-learning-diffculties.pdf
46. Cowan N, Alloway TP. The development of working memory. In: Cowan N, editor. Development of memory in childhood. 2nd ed. Hove, UK: Psychology Press; 2008: 303-42.
47. Dewar G. Working memory in children: How to improve attention problems and learning difficulties in kids [Internet]. 2012 [cited 2015 Jan 5]. Available from: http:// www. Parentingscience.com/ working-memory.html
48. Gathercole SE, Alloway TP, Willis CS, Adams AM. Working memory in children with reading disabilities. J Exp Child Psychol 2006; 93: 265–81.
49. Swanson HL, Beebe-Frankenberger M. The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for math disabilities. J Educ Psychol 2004; 96: 471–91.

50. Alloway TP, Alloway RG. Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. J Exp Child Psychol 2010; 106(1): 20–9.

51. Baker K, Segalowitz SJ, Ferlisi MC. The effect of differing scoring methods for the Tower of London task on developmental patterns of performance. Clin Neuropsychol 2001; 15(3): 309-13.

52. Pintrich PR. The role of metacognitive knowledge in learning, teaching and assessing. Theory Pract. 2002; 41: 219-25.

53. Zimmerman BJ. Becoming a self-regulated learner: An overview. Theory Pract 2002; 41: 64-70.

54. Cohen GN, Bronson MB, Casey MB. Planning as a factor in school achievement. J Appl Dev Psychol 1995; 16: 405-28.

55. Miles SB, Stipek D. Contemporaneous and Longitudinal Associations Between Social Behavior and Literacy Achievement in a Sample of Low-Income Elementary School Children. Child Dev 2006; 77 (1): 103-17.

56. Caprara G, Barbaranelli C, Pastorelli C, Bandura A, Zimbardo PG. Prosocial Foundations of Children's Academic Achievement. American Psychological Society 2000; 11(4): 302-6.

57. Clore CW. Social skill use of adolescents with learning disabilities: An application of Bandura's theory of reciprocal interaction [dissertation]. University of north Texas; 2006.

58. Lavoie R. Social Competence and the Child with Learning Disability [Internet]. WETA; 2015 [cited 2015 March 5]. Available from: http://www.ldonline.org/article/6169? theme=print

59. Kostelnik MJ, Gregory KM, Soderman AK, Whiren AP. Guiding Children's Social Development and Learning. 7th ed. Belmont, CA: Wadsworth; 2012.

60. Malow M. Social Competence and Children: Strategies for Successful Learning [Internet]. 2011 [cited 2015 March 22]. Available from: http://www.ldworldwide.org/ index.php?option=com_ content&view=article&id=887

61. BC School Superintendents Association (BCSSA). Individual Education Planning for Students with Special Needs [Internet]. British Columbia; 2009 [cited 2016 Dec 16]. Available from: http://www.bced.gov.bc.ca/specialed/docs/iepssn.pdf

62. Singer JD, Butler JA. The Education of All Handicapped Children Act: Schools as agents of social reform. Harv Educ Rev 1987; 57: 125-52.

63. Olenchak FR. Talent Development: Accommodating the social and Emotional Needs of Secondary Gifted/ Learning Disabled Students. J Adv Acad 1994; 5(3): 40-52.

64. Merlone L, Moran D. Transition Works: Self-awareness and Self-advocacy Skills for Student in the Elementary Learning Center [Internet]. Teaching Exceptional Children Plus; 2008 [cited 2015 Feb 6]. Available from: http://escholarship.bc.edu/education/tecplus/vol4/iss4/art1

65. Palmer SB, Wehmeyer ML. Promoting self-determination in early elementary school: teaching self-regulated problem-solving and goal setting skills. Remedial Spec Educ 2003; 24: 115-26.

66. Lackaye TD, Margalit M. Comparisons of achievement, effort, and self-perceptions among students with learning disabilities and their peers from different achievement groups. J Learn Disabil 2006; 39: 432-46

67. Schreiner MB. Effective self-advocacy: what students and special educators need to know. Interv Sch Clin 2007; 42: 300-4.

68. Hoffman A. Teaching decision making to students with learning disabilities by promoting self-determination [Internet]. ERIC Digest; 2003 [cited 2015 Feb 21]. Available from: http://www. Eric. Gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/ content_storage_01 /000000196/80/1b/81/18.pdf

69. Reader M. Setting Students up for Success Through Self-Awareness and Self-Advocacy [Internet]. Canada: Foothills Academy; 2011 [cited 2014 June 1]. Available from: http://www.foothillsacademy.org/wp-content/uploads/2012/ 08/Setting-Students-Up-For-Success.pdf

70. Hagborg WJ. Self-Concept and Middle School Students with Learning Disabilities: A Comparison of Scholastic Competence Subgroups. Learn Disabil Q 1996; 19: 117-26.

71. Grolnick WS, Ryan RM. Self-perceptions, motivation, and adjustment in learning disabled children: A multiple group comparison study. J Learn Disabil 1990; 23: 177-84.

72. Reis SM, McGuire JM, Neu TW. Compensation strategies used by high ability students with learning disabilities. Gift Child Q 2000; 44: 123-34.

73. Chissom BS, McLean JE. Research and evaluation related to the talents unlimited model: Review and recommendations. In: Schlichter CL, Palmer WR, editors. Thinking Smart: A primer of the talents unlimited model. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press; 1993.

74. Baum SM, Owen SV, Dixon J. To be gifted and learning disabled: From identification to practical intervention strategies. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press; 1991.

75. Heathers G. A Working Definition of Individualized Instruction [Internet]. The Association for Supervision and Curriculum Development; 1977 [cited 2016 Dec 16]. Available from: http://www.ascd.org/ASCD/pdf/journals/ed_lead/el_197702_heathers.pdf

76. Coster W, Deeney T, Haltiwanger J, Haley S. School Function Assessment (SFA) [Internet]. Pearson Education; 2008 [cited 2016 Dec 16]. Available from: http://images.pearsonclinical.com/images/assets/SFA/SFAOverview.pdf

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษา

Development of monitor unit calculation program for integration with radiation therapy information system

ดำรงค์ศักดิ์ ทิพย์ปัญญา[1] เอกสิทธิ ธราวิจิตรกุล[1] สัมพัทธ์ วรรณวิไลรัตน์[2]

Damrongsak Tippanya[1] Ekasit Tharavichitkul[1] Sumbhat Wanwilairat[2]

ฐานิตร์ ไชยเวียง[3] สมศักดิ์ วรรณวิไลรัตน์[1*]

Thanit Chaiwiang[3] Somsak Wanwilairat[1*]

[1]หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1]Division of Radiation Therapy, Radiology Department, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

[2]บริษัทสำรวจและผลิตปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

[2]Thai Petroleum exploration and Production Company, Thailand

[3]บริษัท ดาต้าซอฟท์คอมพิวเตอร์ จำกัด

[3]Datasoft Computer Company Limited, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: somsaksw@gmail.com)

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

Received September 2016

Accepted as revised December 2016

Abstract

Introduction: Monitor unit (MU) calculation is the main process of 2D technique teletherapy planning. Using of monitor unit calculation program will increase the performance and reduce errors of 2D technique teletherapy.

Objectives: To develop a monitor unit (MU) calculation program for integration with an in-house radiation therapy information system (RTIS). The developed program was used for 6 MV photon MU calculation in 2D technique teletherapy.

Materials and methods: MU calculation program was based on the Clarkson's integration method and divided into two parts. The first part was for scatter sector radius determination from 2D simulation images. This part was programmed based on JAVA language. The second part was MU calculation using Clarkson's irregular field method. The latter part was programmed based on Microsoft Visual Foxpro language. Calculated MU was verified by dose measurement following the test cases (1a, 1b, 1c, 2a, 2b and 7) of IAEA TECDOC 1540. After dose difference between the calculation and the measurement was within acceptance criteria, the program was integrated to the RTIS.

Results: The scatter sector radius determination program workflow included selecting of the angle between each radius, calibrating of image distance, defining of isocenter, field size edge defining and equivalent square field. The program generated radius distance and exported to a text file. The MU calculation part workflow included input of prescription dose and tumor depth. Following TECDOC 1540, dose different ranging between calculation and measurement was -1.98% to 1.40% for Test case 1a, 1b, 1c, 2a and 2b, and -3.02% to 0.08% for Test case 7. The program was integrated to dosimetry menu in RTIS which could help calculate MU for each field size of each patient and record to patient database.

Conclusion: MU calculation computer program was developed, verified and integrated to RTIS. The program was used for 6MV photon monitor unit calculation in 2D technique irradiation.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 54-63. Doi: 10.14456/jams.2017.5

Keywords: Clarkson's integration method, IAEA TECDOC 1540, monitor unit, programing.

บทคัดย่อ

บทนำ: การคำนวณหน่วยนับวัดรังสีเป็นขั้นตอนที่ต้องการความถูกต้องและรวดเร็ว ความผิดพลาดทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การรักษาไม่ได้ผลตามตามเป้าหมาย การสร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีเป็นแนวทางลดความผิดพลาดในขั้นตอนการวางแผนการรักษา ช่วยให้บริการผู้ป่วยได้รวดเร็ว สอดคล้องกับจำนวนผู้ป่วยที่มีจำนวนมาก

วัตถุประสงค์: เพื่อพัฒนาโปรแกรมการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีสำหรับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติที่สามารถใช้งานร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาและเพิ่มประสิทธิภาพงานคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

วัสดุและวิธีการ: สร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีโฟตอนพลังงาน 6 MV สำหรับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติ โดยใช้อัลกอริธึมแบบ Clarkson's integration โปรแกรมที่สร้างขึ้นแบ่งเป็นสองส่วนหลัก โปรแกรมแรกสำหรับหารัศมีของพื้นที่รังสีย่อยจากภาพพื้นที่จำลองการฉายรังสี สร้างด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ JAVA โปรแกรมที่สองสำหรับคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี สร้างด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Visual FoxPro การทวนสอบผลการคำนวณของโปรแกรมใช้แนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นถูกติดตั้งร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์

ผลการศึกษา: โปรแกรมแรกสำหรับหาความยาวรัศมีของพื้นที่รังสีย่อยจากภาพพื้นที่จำลองการฉายรังสีมีขั้นตอนการทำงาน คือ การเลือกมุมรัศมี การสอบเทียบสเกลความยาวภาพ การกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์กลางร่วม การกำหนดขอบเขตพื้นที่รังสี และการคำนวณหาค่าด้านของพื้นที่รังสีจัตุรัส (equivalent square) โปรแกรมวิเคราะห์ความยาวรัศมีและนำเสนอในรูปไฟล์ข้อความ (text file) โปรแกรมที่สองสำหรับคำนวณหน่วยนับวัดรังสีมีขั้นตอนการทำงานคือ การใส่ค่าปริมาณรังสีกำหนด (prescription dose) และความลึกของก้อน (tumor depth) ทวนสอบผลการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีโดยเปรียบเทียบกับค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำ พบว่า กลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบ Test case 1a, 1b, 1c, 2a และ 2b มีค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง -1.98% ถึง 1.40% และพื้นที่ทดสอบ Test case 7 มีค่าความแตกต่างอยู่ระหว่าง -3.02% ถึง 0.08% ค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยของกลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

สรุปผลการศึกษา: โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีได้ถูกต้องและรวดเร็ว และบันทึกผลการคำนวณได้อย่างอัตโนมัติบนระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในงานคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีสำหรับผู้ป่วยที่รับการฉายรังสีเทคนิครังสีสองมิติ

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 54-63. Doi: 10.14456/jams.2017.5

คำสำคัญ: Clarkson's integration method, IAEA TECDOC 1540, monitor unit, programing

บทนำ

ปัจจุบัน มีความพยายามพัฒนาระบบเวชระเบียนทางการแพทย์ให้บันทึกข้อมูลแบบอิเล็กทรอนิกส์[1] เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเก็บ ลดความผิดพลาด จัดเก็บข้อมูลที่มีจำนวนมาก ลดการใช้กระดาษบันทึกแบบดั้งเดิม และสามารถเข้าถึงข้อมูลทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จึงได้ใช้ระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้ป่วย เรียกว่า Radiation Therapy Information System (RTIS) (Figure 1) บรรจุฐานข้อมูลผู้ป่วยประกอบด้วย ประวัติข้อมูลเคมีบำบัด ข้อมูลการให้รังสีรักษา และข้อมูลการติดตามผลการรักษา ข้อมูลการให้รังสีรักษา ประกอบด้วยแผนรังสีรักษาและบันทึกการฉายรังสี

หน่วยนับวัดรังสี (monitor unit: MU) เป็นสิ่งที่ต้องคำนวณให้ผู้ป่วยฉายรังสีทุกราย เป็นขั้นตอนหลักของแผนรังสีรักษา ในปัจจุบัน รังสีรักษาเทคนิคสองมิติ (2D) ยังเป็นเทคนิคการรักษาหลักที่ใช้กับผู้ป่วยมากกว่าร้อยละ 80 การคำนวณ MU สำหรับเทคนิคสองมิติสามารถทำได้ทั้งการใช้เครื่องวางแผนรังสีรักษา หรือคำนวณมือ (manual) ในกรณีคำนวณมือจะใช้ข้อมูลคำนวณจำนวนมาก หลังคำนวณได้ค่า MU แล้วต้องบันทึกค่าลงในระบบเวชระเบียนผู้ป่วย ขั้นตอนทั้งหมดนี้มีโอกาสเสี่ยงต่อความผิดพลาดสูงและใช้เวลานาน

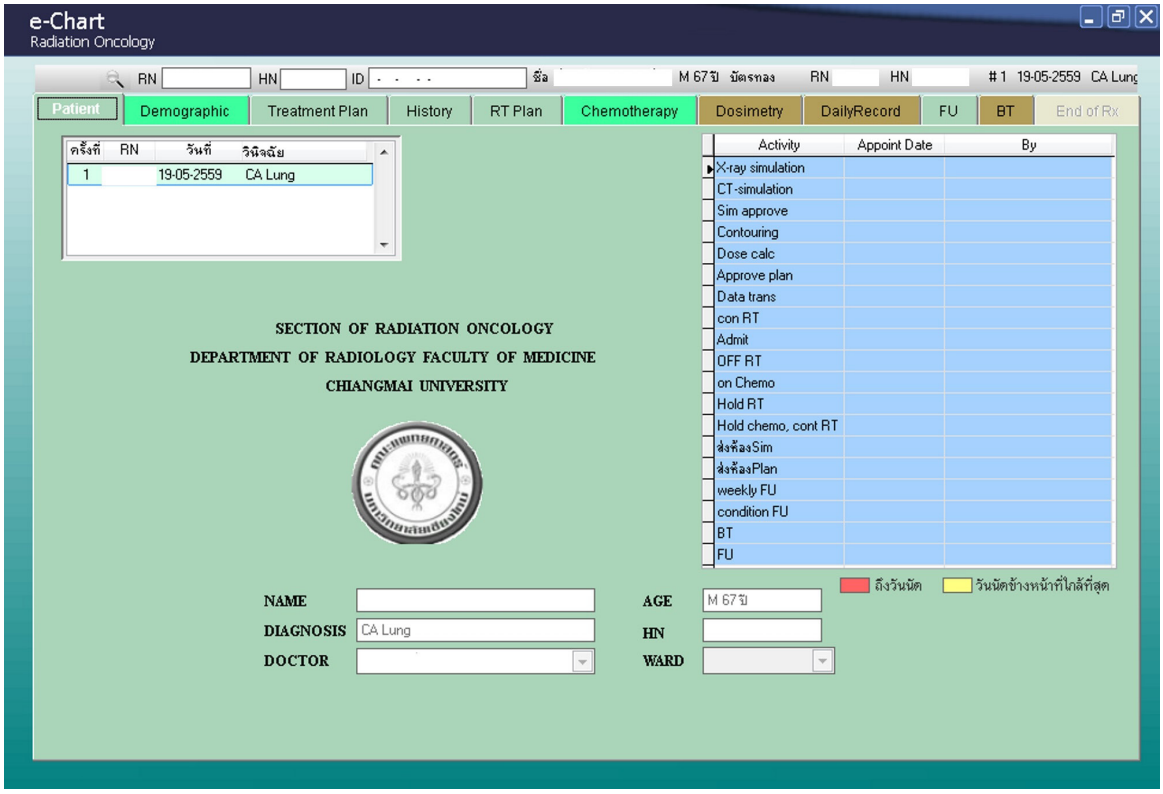


Figure 1. *Radiation Therapy Information System (RTIS), Division of Radiation Therapy, Faculty of Medicine, Chiang Mai University.*

การคำนวณหน่วยนับวัดรังสี (MU) เป็นขั้นตอนที่ต้องการความถูกต้องและรวดเร็ว ความผิดพลาดจะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีที่ไม่ถูกต้อง ส่งผลให้การรักษาไม่ได้ผลตามเป้าหมาย การสร้างโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีเป็นแนวทางลดความผิดพลาดในขั้นตอนการวางแผนการรักษา ช่วยให้บริการผู้ป่วยได้รวดเร็ว สอดคล้องกับจำนวนผู้ป่วยที่มีจำนวนมาก

พื้นที่รังสีที่ใช้รักษาผู้ป่วยส่วนใหญ่มีรูปร่างไม่แน่นอน ไม่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก หรือวงกลม ส่วนมากมีการกำบังรังสีในพื้นที่บางส่วนที่รังสีแพทย์ไม่ต้องการให้ได้รับรังสี โดยทั่วไปการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีสำหรับพื้นที่รังสีรูปร่างไม่แน่นอนใช้วิธีการประมาณค่าพื้นที่รังสีที่เหลือจากการกำบังแล้ว โดยประมาณให้เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องใช้คำนวณหน่วยนับวัดรังสี ความถูกต้องวิธีนี้ขึ้นกับการประมาณค่าพื้นที่ที่เหลือจากการกำบัง การประมาณได้ค่าพื้นที่รังสีแตกต่างกันจะทำให้คำนวณได้ค่าหน่วยนับวัดรังสีที่ไม่เท่ากันไปด้วย

การคำนวณหน่วยนับวัดรังสีในพื้นที่รังสีรูปร่างไม่แน่นอนวิธีหนึ่งที่มีความถูกต้องและนิยมใช้ คือวิธี Clarkson's integration ซึ่งเป็นวิธีหาค่าปริมาณรังสีที่เป็นผลรวมระหว่างรังสีปฐมภูมิ (primary ray) รวมกับรังสีกระเจิง (scatter ray) ซึ่งขึ้นกับขนาดและรูปร่างของพื้นที่รังสี หลักการคือ แบ่งพื้นที่รังสีที่มีรูปร่างไม่แน่นอนออกเป็นพื้นที่ย่อยโดยลากเส้นจำนวนหลายเส้นจากจุดหนึ่งในพื้นที่ไปยังขอบเขตของพื้นที่รังสี แต่ละเส้นทำมุมเท่าๆ กัน ทำให้พื้นที่รังสีถูกแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ (Figure 2) จากนั้นคำนวณหาปริมาณรังสีกระเจิงของแต่ละพื้นที่รังสีย่อยนี้ โดยใช้ค่า SMR

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่า MU โดยใช้อัลกอริธึมวิธี Clarkson's integration ออกแบบโปรแกรมให้เชื่อมต่อกับระบบเวชระเบียนรังสีรักษา (RTIS) เพื่อให้การคำนวณค่า MU สำหรับรังสีรักษาเทคนิค สองมิติมีความถูกต้อง รวดเร็ว และบันทึกผลการคำนวณในฐานข้อมูลเวชระเบียนรังสีรักษา

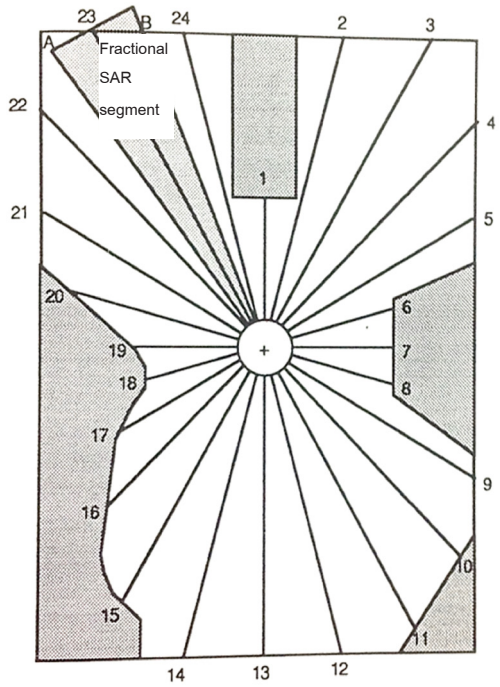


Figure 2. *Sector segmentation in Clarkson's integration method.*

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีสำหรับการฉายรังสีเทคนิคสองมิติใช้งานร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถคำนวณหน่วยนับวัดรังสีได้ถูกต้องและรวดเร็ว

วิธีการศึกษา

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสีตามวิธี Clarkson's integration

การพัฒนาโปรแกรมการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีวิธี Clarkson's integration แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. <u>การสร้างโปรแกรมหาความยาวรัศมีของพื้นที่รังสีย่อย</u>

การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี ใช้วิธีหาปริมาณรังสีกระเจิงของพื้นที่รังสีย่อยตามวิธี Clarkson's integration ซึ่งต้องแบ่งพื้นที่รังสีออกเป็นพื้นที่ย่อย แล้วหาความยาวรัศมีจากจุดคำนวณไปยังขอบพื้นที่รังสีย่อยเพื่อใช้คำนวณหาปริมาณรังสีกระเจิง การแบ่งพื้นที่ย่อยและหาความยาวรัศมีโดยสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา JAVA

2. <u>การสร้างโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี</u>

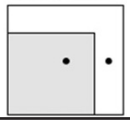
เนื่องจากระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์เป็นฐานข้อมูลเวชระเบียนผู้ป่วยรังสีรักษาพัฒนาขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft Visual Foxpro โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีจึงพัฒนาขึ้นด้วยภาษา Microsoft Visual Foxpro เช่นเดียวกัน โดยโปรแกรมจะใช้ข้อมูลลำรังสี (beam data) ชนิดโฟตอนพลังงาน 6MV ของเครื่องฉายรังสี Siemens รุ่น Primus คำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีตามสมการ

$$\mathrm{MU} = \frac{\mathrm{Dose}}{(\overline{\mathrm{SMR}}(d, r_d) + \mathrm{TMR}(d, 0)) \times \frac{Sp(0)}{\overline{Sp}(r_d)} \times Sc, p \times \mathrm{Output\ (cGy/MU)}}$$

การทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี

การทวนสอบโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดที่สร้างขึ้นใช้แนวปฏิบัติของทบวงการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติระหว่างประเทศ (IAEA) ตามเอกสาร IAEA TECDOC 1540[5] ซึ่งกำหนดกลุ่มทดสอบ (test case) เป็นพื้นที่รังสีรูปร่างต่างๆ สำหรับการคำนวณและการวัดปริมาณรังสีในหุ่นจำลองน้ำ การศึกษานี้ใช้กลุ่มพื้นที่รังสีทดสอบ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ 7 (Table 1) โดยใช้ค่าปริมาณรังสีกำหนดเท่ากับ 200 cGy และใช้มุมในการแบ่งพื้นที่รังสีย่อย 15° ซึ่งจะได้พื้นที่รังสีย่อยจำนวน 24 พื้นที่ เปรียบเทียบปริมาณรังสีที่คำนวณได้กับปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำโดยใช้หัววัดรังสีชนิดประจุแตกตัว (ionization chamber) รุ่น Farmer chamber FC65-P, Scanditronix Wellhofer ขนาด 0.65 ลบ.ซม. ใช้ค่าเกณฑ์ยอมรับ ±2% และ ±3% สำหรับ Test case 1a, 1b, 1c, 2a, 2b และ Test case 7 ตามลำดับ หลังการทวนสอบติดตั้งโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี โดยรวมรหัสคำสั่งของโปรแกรมเข้ากับรหัสคำสั่งของระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์

Table 1 Detail of Test case in IAEA TECDOC 1540.

Test case	1a	1b	1c	2a	2b	7
Shape	Square			Rectangular		L-shaped field 
Field size (cm.^{2})	5x5	10x10	25x25	5x25	25x5	Removing 11.5 cm.^{2} portion from one corner of 16x16cm.^{2} with block
SAD (cm.)	100					
Gantry (degree)	0					
Depth (cm.)	3, 5, 10, 15, 20					
Calculation point (cm.)	X=0					X=7

ผลการศึกษา

โปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

การหาค่าความยาวรัศมีของพื้นที่ย่อย (Figure 3) ดำเนินการโดยนำเข้าภาพพื้นที่จำลองการฉายรังสี (port field) ใช้โปรแกรมวาดขอบเขตพื้นที่รังสีตามที่รังสีแพทย์กำหนด การกำหนดจุดศูนย์ร่วม (isocenter) หรือ จุดที่ต้องการคำนวณ การวาดขอบเขตกำบังรังสี (block) ในบางกรณีต้องมีการกำบังพื้นที่รังสีบางส่วน เช่น การ midline block ในผู้ป่วยมะเร็งปากมดลูกภายใต้พื้นที่กำบังรังสี โปรแกรมจะหักลบค่าความยาวเส้นรัศมีที่ผ่านพื้นที่กำบังรังสีออก ตามวิธีคำนวณ Clarkson's integration โปรแกรมที่สร้างขึ้นคำนวณหาพื้นที่รังสีจัตุรัส (equivalent square) คำนวณความยาวรัศมีจากจุดคำนวณถึงขอบพื้นที่รังสีย่อย จากนั้นบันทึกความยาวรัศมีพื้นที่ย่อยทุกพื้นที่และความยาวด้านของพื้นที่จัตุรัสในรูปไฟล์ข้อความ (text file)

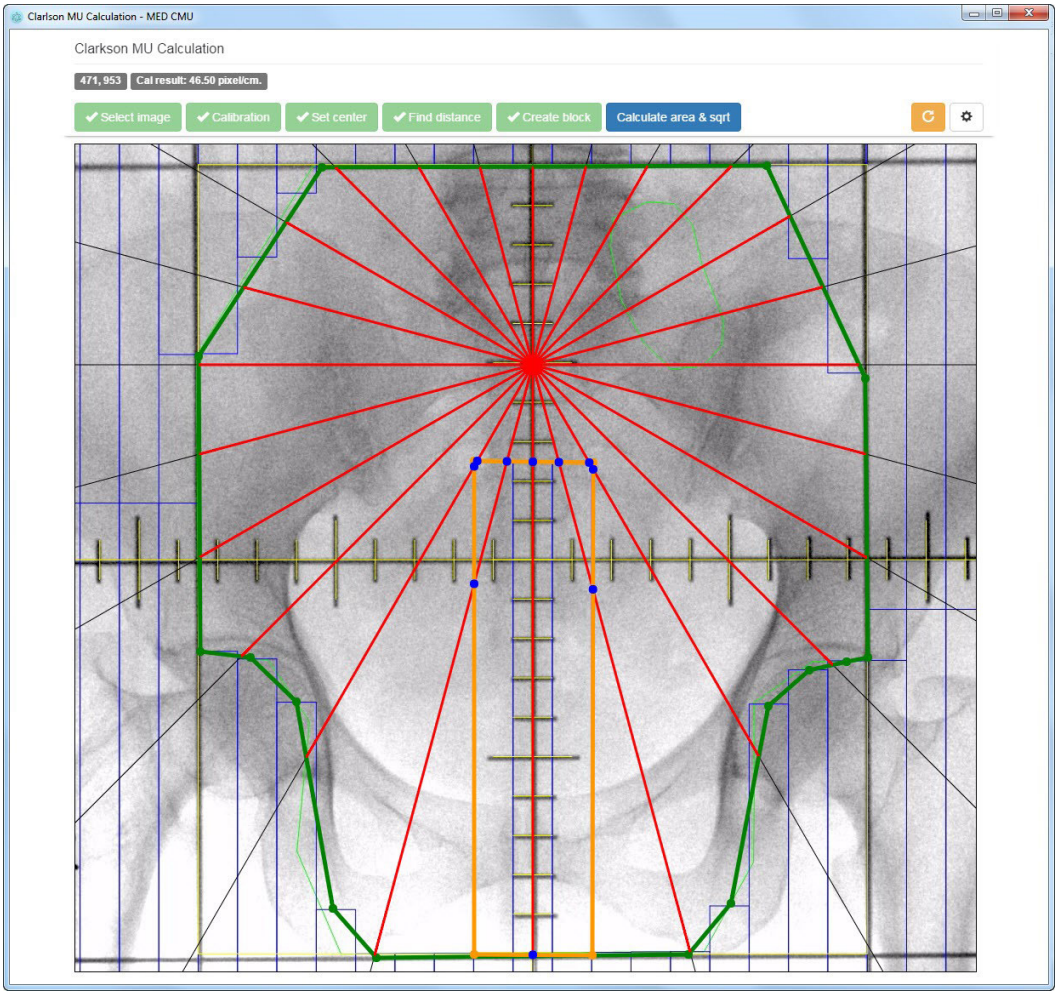


Figure 3. *First part of developed program for radius and equivalent square area determination in Clarkson's integration method.*

โปรแกรมส่วนที่สองใช้คำนวณหน่วยนับวัดรังสี (Figure 4) โดยอ่านข้อมูล text file จากโปรแกรมส่วนแรกและคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ที่ต้องใช้หาค่าหน่วยนับวัดรังสี ได้แก่ ค่า $S_{c,p}$, S_p, TMR, SMR และค่าหน่วยนับวัดรังสีตามวิธี Clarkson's integration โดยโปรแกรมกำหนดให้ใส่ค่าปริมาณรังสีที่ต้องการและความลึกของจุดคำนวณ โปรแกรมจะคำนวณและบันทึกค่าหน่วยนับวัดรังสีลงในระบบเวชระเบียนรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

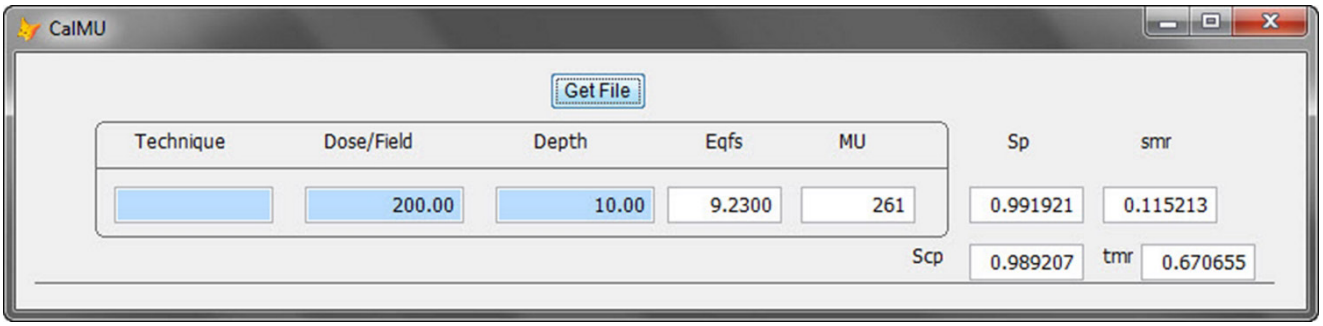


Figure 4. *Second part of developed program for MU calculation.*

ผลการทวนสอบโปรแกรมคำนวณหน่วยนับวัดรังสี

ผลการเปรียบเทียบปริมาณรังสีที่กำหนดไว้ที่ 200 cGy กับปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำตามหน่วยนับวัดรังสีที่คำนวณจากโปรแกรมของกลุ่มพื้นที่รังสีตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 มีดังนี้

1. กลุ่มพื้นที่รังสีจัตุรัส Test case: 1a, 1b และ 1c เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีจัตุรัสขนาด 5x5, 10x10 และ 25x25 ตร.ซม. ตามลำดับ มีค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่าง -1.98% ถึง 1.40% ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Results of accuracy verification of MU calculation program for Test case 1a, 1b and 1c.

Test case	Depth (cm.)	MU	Measured Dose (cGy)	Relative error (%)
1a	3	220	201.12	-0.56
	5	235	200.38	-0.19
	10	284	199.08	0.46
	15	349	197.24	1.40
	20	432	197.99	1.01
1b	3	204	200.59	-0.30
	5	215	201.20	-0.60
	10	252	200.20	-0.10
	15	305	198.82	0.60
	20	376	198.48	0.77
1c	3	194	203.98	-1.95
	5	202	204.04	-1.98
	10	227	203.65	-1.79
	15	260	203.31	-1.63
	20	298	203.48	-1.71
Root Mean Square				1.20
Standard deviation				1.15

2. กลุ่มพื้นที่รังสีสี่เหลี่ยมผืนผ้า Test case: 2a และ 2b เป็นกลุ่มพื้นที่รังสีสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 5x25 และ 25x5 ตร.ซม. ตามลำดับ มีค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่าง -1.53% ถึง 1.02% (Table 3)

Table 3 Results of accuracy verification of MU calculation program for Test case 2a and 2b.

Test case	Depth (cm.)	MU	Measured Dose (cGy)	Relative error (%)
2a	3	209	203.10	-1.53
	5	223	202.39	-1.18
	10	268	201.42	-0.70
	15	327	200.39	-0.20
	20	399	200.84	-0.42
2b	3	210	198.95	0.53
	5	224	197.98	1.02
	10	269	201.15	-0.57
	15	328	200.31	-0.16
	20	400	201.13	-0.56
Root Mean Square				0.80
Standard deviation				0.75

3. กลุ่มพื้นที่รังสีที่มีส่วนถูกกำบัง Test case: 7 เป็นพื้นที่รังสีสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 16x16 และกำบังให้เหลือพื้นที่ 12x12 ตร.ซม มีค่าความแตกต่างของปริมาณรังสีระหว่าง -3.02% ถึง 0.08% (Table 4)

Table 4 Results of accuracy verification of MU calculation program for Test case 7.

Test case	Depth (cm.)	MU	Measured Dose (cGy)	Relative normalized error (%)
7	3	196	206.23	-3.02
	5	209	204.92	-2.40
	10	251	203.06	-1.51
	15	305	199.88	0.06
	20	370	199.85	0.08
Root Mean Square				1.85
Standard deviation				1.41

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นได้นำไปติดตั้งบนหน้าต่าง Dosimetry ใช้งานร่วมกับโปรแกรม e-Chart (Figure 5) ของระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ของหน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ภาควิชารังสีวิทยา

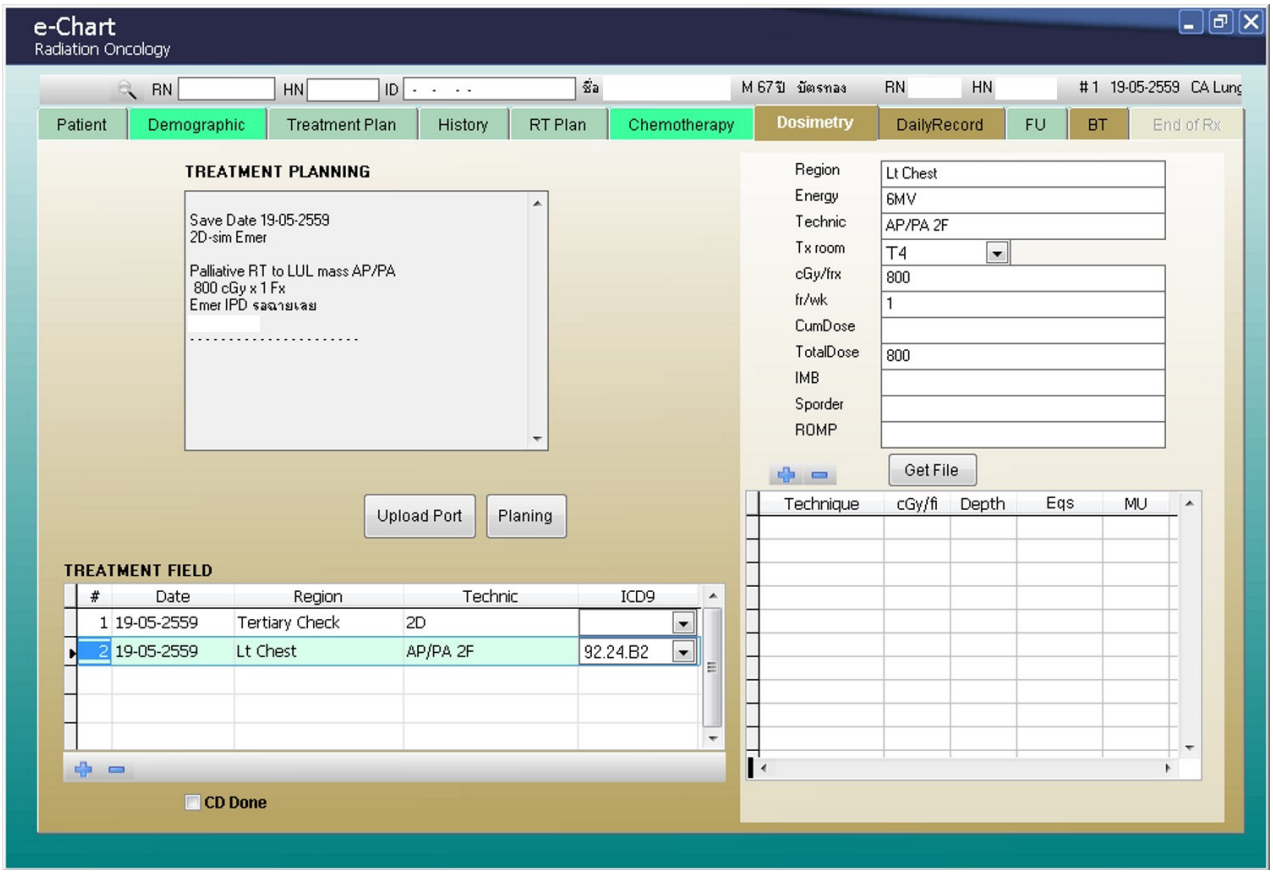


Figure 5. *MU calculation program on E-Chart menu, RTIS.*

วิจารณ์ผล

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีพัฒนาขึ้นโดยแบ่งเป็นสองโปรแกรมหลัก โปรแกรมแรกเป็นการแบ่งและหาความยาวรัศมีของพื้นที่รังสีย่อย ที่ใช้คำนวณหาค่าปริมาณรังสีกระเจิงตามวิธี Clarkson's integration ซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่เคยมีรายงานมาก่อน[6,9,11,12] โปรแกรมส่วนนี้สร้างขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ JAVA โปรแกรมส่วนที่สองเป็นการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสี สร้างขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Visual FoxPro เมื่ออ่านข้อมูลความยาวรัศมีและด้านของพื้นที่จัตุรัสจากโปรแกรมส่วนแรก โปรแกรมส่วนที่สองจะคำนวณค่า TMR, S_p และ SMR โดยใช้ค่าความยาวรัศมีแต่ละพื้นที่ย่อย และคำนวณค่า $S_{c,p}$ โดยใช้ค่าความยาวด้านของพื้นที่แบบ equivalent square

การทวนสอบผลการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีโดยเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่วัดได้ในน้ำ พบว่ากลุ่มพื้นที่ทดสอบสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.20% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ±2.0% กลุ่มพื้นที่ทดสอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.80% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ±2.0% สำหรับพื้นที่รังสีทดสอบ Test case 7 ซึ่งเป็นรูปตัวแอลและจุดคำนวณไม่อยู่ในแนวกึ่งกลางลำรังสี (off-axis) พบว่ามีค่าความแตกต่างรากกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 1.85% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ±3.0% ในพื้นที่ทดสอบนี้ที่ระยะลึก 3.0 ซม. พบค่าความแตกต่างมากสุด -3.02% เนื่องจากการคำนวณหน่วยนับวัดรังสีที่จุดคำนวณอยู่ห่างแนวกึ่งกลางลำรังสีมาก ต้องใช้ค่า Off-axis ratio[14] และด้วยลักษณะของ beam profile ที่ระยะลึกน้อยของเครื่องฉายรังสีที่ใช้ flattening filter จะมีลักษณะ horn effect ในโปรแกรมนี้ไม่ใช้ค่า off-axis ratio จึงมีความคลาดเคลื่อนมาก ในทางปฏิบัติงานจริงมีโอกาสน้อย

มากที่พื้นที่รังสีมีความซับซ้อนเป็นรูปตัวแอล และจุดคำนวณโดยทั่วไปจะอยู่บนแนวกึ่งกลางลำรังสี

สรุปผลการศึกษา

การคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีเป็นขั้นตอนที่ต้องทำสำหรับผู้ป่วยฉายรังสีทุกราย การฉายรังสีมีหลายเทคนิคในประเทศไทย ผู้ป่วยโดยส่วนใหญ่ยังได้รับการรักษาด้วยเทคนิครังสีสองมิติ ซึ่งการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสียังมีหลายหน่วยงานใช้วิธีคำนวณมือ (manual calculation) การสร้างโปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีจึงเป็นสิ่งที่สามารถเพิ่มความถูกต้อง บันทึกข้อมูลโดยอัตโนมัติ ลดโอกาสเกิดความผิดพลาด มีความรวดเร็วในงานบริการผู้ป่วย

โปรแกรมคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีที่พัฒนาขึ้นใช้อัลกอริธึมวิธี Clarkson's integration ซึ่งมีความถูกต้องสูง ผ่านการทวนสอบตามแนวปฏิบัติ IAEA TECDOC 1540 กับการวัดปริมาณรังสีในน้ำและติดตั้งทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศรังสีรักษาอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลการคำนวณค่าหน่วยนับวัดรังสีของผู้ป่วยไว้ศึกษาวิเคราะห์ต่อไป (Figure 6)

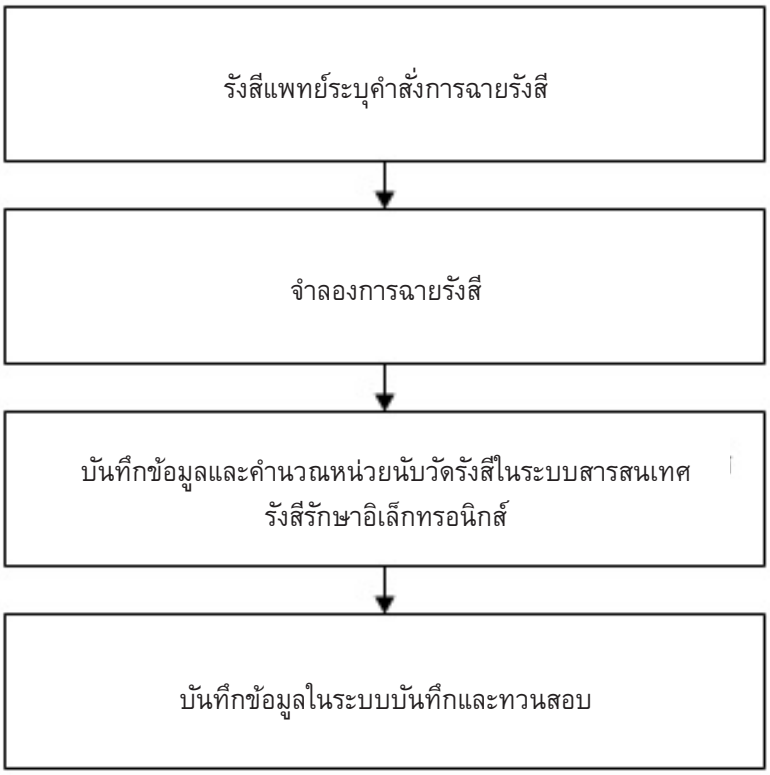


Figure 6. *2D Radiation therapy planning process in use developed MU calculation program on RTIS.*

เอกสารอ้างอิง

1. Mandal A, Asthana AK, Aggarwal LM. Development of an electronic radiation oncology patient information management system. J Cancer Res Ther 2008; 4:178-85.
2. Gibbons JP. Monitor unit calculations for external photon and electron Beams, 2001.
3. Khan FM. The physics of radiation therapy. 2nd edition. William & Wilkins. Maryland. USA, 1994.
4. Bentel GC. Radiation therapy planning. 2nd edition. McGraw-Hill. USA, 1996.
5. International Atomic Energy Agency. Specification and acceptance testing of radiotherapy treatment planning systems. IAEA-TECDOC-1540. IAEA, Vienna, 2007.
6. Bukovitz AG. Computer program for central axis dose calculations for high energy photons. ActaRadiol 1977; 16: 427-32.
7. Cohen M., Jones DEA, Greene D. Central axis depth dose data for use in radiotherapy. Brit J Radiol, Suppl 1972; 11: 61-72.
8. Konrad WL, Peter BD. Independent corroboration of monitor unit calculations performed by a 3D computerized planning system. Am Coll Med Phys 2000; 1:120-5.
9. Zhu J, Yin FF, Kim JH. Point dose verification for intensity modulated radiosurgery using Clarkson's method. Med Phys 2003; 30: 2218-21.
10. Kenny MB. A PC-based program for routine calculation of monitor units in radiotherapy. Australas Phys Eng Sci Med 1992; 15:153-4.
11. Cunningham JR, Shrivastava PN, Wilkinson JM. Program IRREG-Calculation of dose from irregularly shaped radiation beams. Comput Programs Biomed 1972; 2:192-9.
12. Steidley KD, Gamper C, Greener A, Caggiano A. A Clarkson's sector integration routine for personal computers. Med Phys 1994; 21: 61-4.
13. Aird EGA, Burns JE, Day MJ, Duane S., Jordan TJ, Kacperek A. et al. Central axis depth dose data for use in radiotherapy. Brit J Radiol, Suppl 1996; 25: 62-109.
14. Gibbons JP, Khan FM. Calculation of dose in asymmetric photon fields. Med Phys 1995; 22(9): 1451-7.
15. Visual FoxPro. [cited2016Jul 1].Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_FoxPro.
16. Sinrungriangkul K. Microsoft Visual Foxpro 6: building applications. Starcom. Thailand; 1999 (in Thai).
17. Microsoft Visual FoxPro Developer Center: System Requirements. [cited2016Jul 1].Available from: https://msdn.microsoft.com/en-us/vfoxpro/bb190292.aspx.
18. Doung Bawakotketsakul, Database development by FoxPro. SE-EDUCATION. Thailand; 1997 (in Thai).

ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวและดื้อต่อยาของสารสกัดผลสมอพิเภก

Anti-proliferative activity on drug-sensitive and drug-resistant erythroleukemic cells of Samor Pipek (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) fruit extracts

วินิจ ช้อยประเสริฐ* วัชราภรณ์ คำแสน พิมพ์ชนก มาละแซม บาจรีย์ พิทาคำ

*Winit Choiprasert** *Watcharaporn Khumsan* *Pimchanok Malasaem* *Bajaree Phithakham*

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

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

* *ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: kpqgf@hotmail.com)*

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

Received December 2016

Accepted as revised January 2017

Abstract

Introduction: Cancer is a major cause of death in Thailand. Drug resistance in cancer is a significant obstacle to the success of chemotherapy in cancer. There are several researches indicate the potential of herb in the inhibition of cancer cell proliferation for applying in cancer treatment.

Objectives: To study anti-proliferative activity of Samor Pipek (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) fruit extracts against drug-sensitive and drug-resistant erythroleukemic cells.

Materials and methods: Samor Pipek fruits were extracted with acetonitrile, ethanol, and water. Anti-proliferative activity on drug-sensitive and drug-resistant erythroleukemic cells were determined by flow cytometer.

Results: Concentration of acetonitrile, ethanol and water extracts for inhibiting drug-sensitive erythroleukemic cell proliferation by 50% (IC_{50}) were 24.70±8.05 µg/mL, 24.02±2.51 µg/mL and 13.09±3.40 µg/mL, respectively. IC_{50} of acetonitrile, ethanol and water extracts to inhibit drug- resistant erythroleukemic cell proliferation were 13.95±2.50 µg/mL, 20.45±10.10 µg/mL and 27.39±7.16 µg/mL, respectively. The resistance values of acetonitrile, ethanol and water extracts were 0.56, 0.85 and 2.09, respectively.

Conclusion: Acetonitrile, ethanol and water extracts could inhibit drug-sensitive and drug-resistant erythroleukemic cell proliferation in µg/mL range.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 64-70. Doi: 10.14456/jams.2017.6

Keywords: Samor Pipek, erythroleukimic cell, K562, drug resistance.

บทคัดย่อ

บทนำ: มะเร็งเป็นสาเหตุการตายของประชากรไทยอันดับต้นๆ ปัญหาหลักในการรักษาโรคมะเร็งด้วยวิธีเคมีบำบัดไม่ได้ผล คือการดื้อต่อยาของเซลล์มะเร็ง มีรายงานวิจัยหลายฉบับแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสมุนไพรในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งและอาจใช้รักษาโรคมะเร็งได้

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวและดื้อต่อยาของสารสกัดผลสมอพิเภก

วิธีการศึกษา: เตรียมสารสกัดผลสมอพิเภก โดยการสกัดด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำ ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไว (K562) และดื้อต่อยาดอกโซรูบิซิน (K562/adr) ของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์

ผลการศึกษา: พบว่าค่าความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตเซลล์มะเร็งเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวต่อยาดอกโซรูบิซินที่ร้อยละ 50 ของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำเท่ากับ 24.70±8.05 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 24.02±2.51 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และ 13.09±3.40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตเซลล์มะเร็งเลือดแดงตัวอ่อนที่ดื้อต่อยาดอกโซรูบิซินที่ร้อยละ 50 ของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำเท่ากับ 13.95±2.50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 20.45±10.10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร 27.39±7.16 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าปัจจัยในการดื้อยา (resistance factor; RF) ของเซลล์มะเร็งของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำเท่ากับ 0.56, 0.85 และ 2.09 ตามลำดับ

สรุปผลการศึกษา: สารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวและดื้อต่อยาดอกโซรูบิซินในระดับไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 64-70. Doi: 10.14456/jams.2017.6

คำสำคัญ: สมอพิเภก มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อน K562 การดื้อยา

บทนำ

มะเร็งเป็นสาเหตุการตายของประชากรไทยเป็นอันดับต้นๆ ปัจจุบันการรักษามะเร็งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การผ่าตัด รังสีรักษา และเคมีบำบัด เป็นต้น การรักษามะเร็งที่เกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียน (systemic system) ด้วยวิธีเคมีบำบัดมักพบปัญหาจากการดื้อยา และเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้การรักษามะเร็งด้วยเคมีบำบัดมีประสิทธิภาพต่ำหรือไม่ได้ผล การดื้อยาของเซลล์มะเร็งสามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ การดื้อยาโดยธรรมชาติ (intrinsic) เป็นการดื้อยาโดยธรรมชาติของมะเร็ง และ การดื้อแบบหลายขนาน (acquired resistance or multidrug resistance, MDR) คือ เซลล์มะเร็งพัฒนาการดื้อยาที่เคยตอบสนองในเบื้องต้นหลังจากให้ยาติดต่อกัน[1-3] การดื้อต่อยาเป็นกระบวนการป้องกันตัวเองของเซลล์ต่อยาหรือสิ่งแปลกปลอมที่เป็นพิษ เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนมาก ในการเกิด MDR จะพบปรากฏการณ์ต่างๆ เช่น 1) ปริมาณการสะสมของยาภายในเซลล์ลดลง[4] 2) มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในเซลล์[5] 3) มีการแสดงออกของ membrane transporters ที่ทำหน้าที่ผลักยาออกนอกเซลล์ เช่น P-glycoprotein, MRP1 protein เป็นต้น[6] วิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาได้ คือ การสังเคราะห์หรือค้นหาโมเลกุลที่มีคุณสมบัติต้านมะเร็งและไม่ถูกผลักออกนอกเซลล์ด้วย MDR protein การศึกษาในหลอดทดลองพบโมเลกุลหลายชนิดที่สามารถแก้ปัญหา MDR ได้ เช่น verapamil, cyclosporin A,[7,8] valspodar,[9] zosuquidar,[10] elacridar,[11] และ tariquidar[12] แม้โมเลกุลเหล่านี้จะมีประสิทธิภาพในการยังยั้งการทำงานของ MDR proteins และการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง แต่การนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกทำให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์อย่างมาก

ในปัจจุบันการค้นหาโมเลกุลที่เป็นสารสกัดจาก

ธรรมชาติจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง จากการศึกษาของ วิภพ สุทธนะ และคณะ[13] ประเมินฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งที่ไวและดื้อต่อยาด้วยสารสกัดเมล็ดมะปรางด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน พบว่าสารสกัดเมล็ดมะปรางด้วย คลอโรฟอร์ม อะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำ สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดที่ไวต่อยาดอกโซรูบิซิน ชนิด K562 ที่ดื้อต่อยาดอกโซรูบิซิน ชนิด K562/ adr และมะเร็งปอดที่ไวต่อยาดอกโซรูบิซิน ชนิด GLC4 และ ที่ดื้อต่อยาดอกโซรูบิซิน ชนิด GLC4/adr ได้ โดยเมล็ดมะปรางที่สกัดด้วยเอทานอลออกฤทธิ์ดีที่สุด

สมอพิเภกมีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Terminalia bellirica วงศ์ Combretaceae เป็นต้นไม้ผลัดใบในแถบทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สามารถพบได้ในประเทศไทย เช่นกัน สมอพิเภกมีคุณสมบัติเชิงยา เช่น ต้านเบาหวาน[14] ต้านแบคทีเรีย[15] รวมทั้งมีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ[16] การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวและดื้อต่อยาของสารสกัดผลสมอพิเภก

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การเตรียมสารสกัดผลสมอพิเภก

นำผงผลสมอพิเภก (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) แห้ง จำนวน 200 กรัม มาสกัดด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำ ใช้ตัวทำละลายปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน นำส่วนใสไปกรองด้วยกระดาษกรอง whatman No.1 จากนั้นนำส่วนที่กรองได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่องกลั่นระเหยแห้งแบบหมุน (rotary evaporator) ผงแห้งของสารสกัดถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมทำการทดลองต่อไป

การศึกษาการยับยั้งการเจริญของเซลล์

เซลล์เพาะเลี้ยง

เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวต่อยาดอกโซรูบิซิน (doxorubicin-sensitive erythroleukemic cell, K562) และเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ดื้อต่อยาดอกโซรูบิซิน (doxorubicin-resistant erythroleukemic cell, K562/adr)

การเพาะเลี้ยงและการเตรียมเซลล์

เพาะเลี้ยงเซลล์มะเร็งจำนวน $1x10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิด RPMI-1640 ที่มี 10% fetal calf serum และ 1% penicilin/streptomycin ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 5% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และความชื้นสัมพัทธ์ 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมและปรับเป็นความเข้มข้นของเซลล์ $5x10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในอาหารเลี้ยงเซลล์และสภาวะดังกล่าวข้างต้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนทำการทดลอง

การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์ มะเร็ง

เตรียมเซลล์มะเร็งจำนวน $5X10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในแต่ละหลุมของ 24 wells-plate ที่มีอาหารเลี้ยงเซลล์ RPMI-1640, 10% fetal calf serum และ 1% penicilin-streptomycin ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมสารสกัดผลสมอพิเภกที่มีความเข้มข้นต่างๆ ลงในแต่ละหลุม บ่มภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 5% คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และความชื้นสัมพัทธ์ 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นับจำนวนเซลล์ด้วยเครื่องโฟลไซโตมิเตอร์ (Flow cytometer) รุ่น Coulter Epics MCL-XL จากนั้นคำนวณหาค่าร้อยละการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ (% cell growth inhibition) จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\%\text{Cell growth inhibition} = \frac{(\text{จำนวนเซลล์ในหลุมควบคุม} - \text{จำนวนเซลล์ในหลุมที่เติมสารทดสอบ}) \times 100}{(\text{จำนวนเซลล์ ในหลุมควบคุม} - \text{จำนวนเซลล์เริ่มต้น})}$$

สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า % Cell growth inhibition กับความเข้มข้นของสารสกัดที่ทดสอบเพื่อหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ได้ร้อยละ 50 (IC_{50})

การคำนวณหาค่าปัจจัยในการดื้อยา (resistance factor; RF) ของเซลล์มะเร็ง สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$RF = \frac{IC_{50} \text{ ของสารสกัดในเซลล์มะเร็งชนิดที่ดื้อต่อยา}}{IC_{50} \text{ ของสารสกัดในเซลล์มะเร็งชนิดที่ไวต่อยา}}$$

RF<1 หมายถึงสารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ที่ดื้อต่อยาได้ดีกว่าเซลล์ที่ไวต่อยา

RF=1 หมายถึงสารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ที่ดื้อต่อยาได้เท่ากับเซลล์ที่ไวต่อยา

RF>1 หมายถึงสารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์ที่ดื้อต่อยาได้น้อยกว่าเซลล์ที่ไวต่อยา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการสกัดผลสมอพิเภก

การสกัดผลสมอพิเภก แบบ liquid extraction ด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วแตกต่างกัน ได้แก่ อะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำ สามารถแยกสารสกัดผลสมอพิเภกออกเป็น 3 ส่วน ตามขั้วของตัวทำละลายได้แก่ สารสกัดผลสมอพิเภกที่สกัดด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอล และน้ำ

จากการสกัดสารผลสมอพิเภกพบว่า น้ำหนักของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์ (acetonitrile extract) ภายหลังการทำแห้งเท่ากับ 3.22 กรัม คิดเป็น % extraction yield เท่ากับ 1.61% น้ำหนักของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยเอทานอล (ethanol extract) ภายหลังการทำแห้งเท่ากับ 10.81 กรัม คิดเป็น % extraction yield เท่ากับ 5.41% และน้ำหนักของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยน้ำ (water extract) ภายหลังการทำแห้งเท่ากับ 10.80 กรัม คิดเป็น % extraction yield เท่ากับ 5.40% จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าตัวทำละลายเอทานอลและน้ำสามารถสกัดสารผลสมอพิเภกได้มากกว่าอะซิโตไนไตรล์

ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็ง

การทดสอบความสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ของสารสกัดผลสมอพิเภกทั้ง 3 ส่วนต่อเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวต่อยา (K562) และดื้อต่อยาดอกโซรูบิซิน (K562/adr) พบว่าสารสกัดผลสมอพิเภกทั้ง 3 ส่วนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง K562 (Figure 1) และ K562/adr (Figure 2) ได้ ตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดผลสมอพิเภกทั้ง 3 ส่วน บ่งชี้ว่าฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งแปรผันตามความเข้มข้น นอกจากการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ของสารสกัดผลสมอพิเภกแล้ว ยังมีรายงานวิจัยที่บ่งชี้ให้เห็นว่าสมอพิเภกสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้หลายชนิด เช่น PC-3, DU-145 , MCF-7[17]

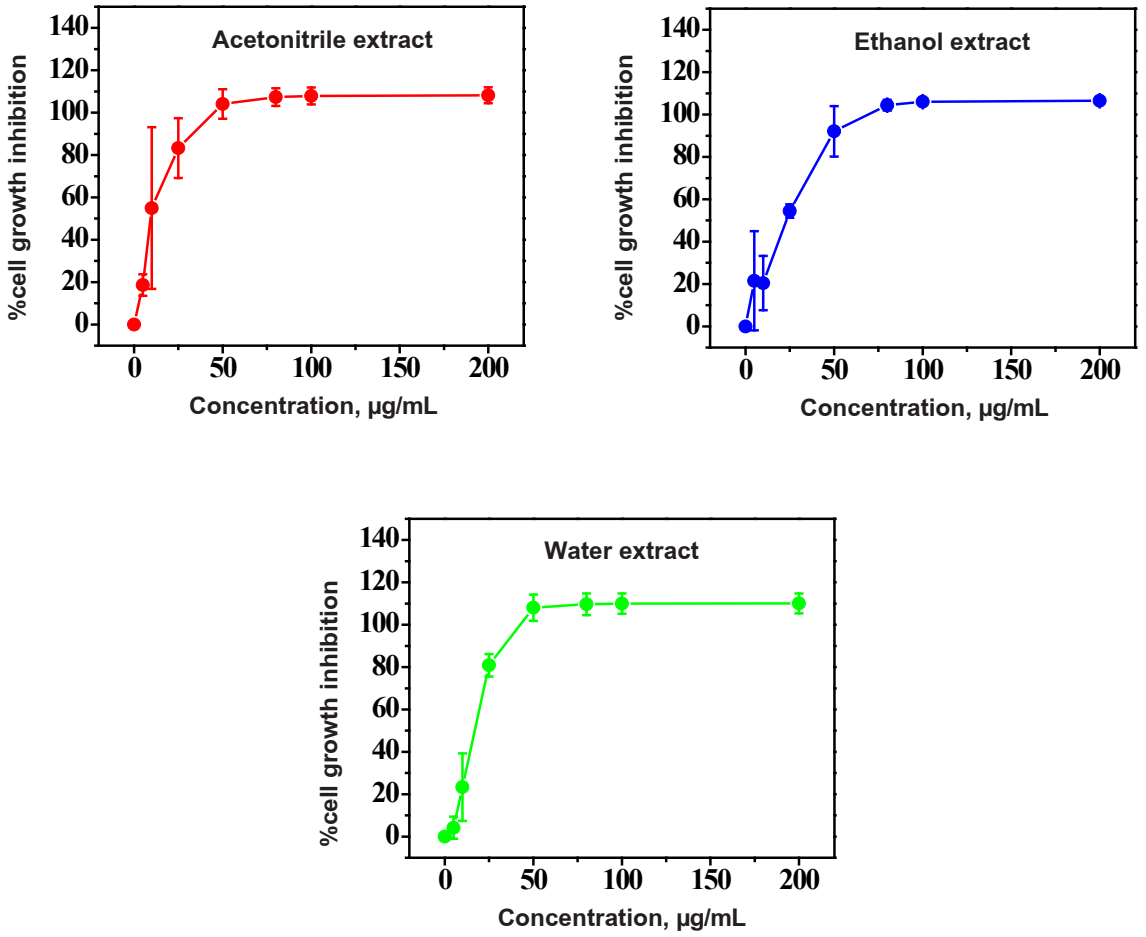


Figure 1. *The percentage of cell growth inhibition of acetonitrile extract, ethanol extract and water extract on K562 cells.*

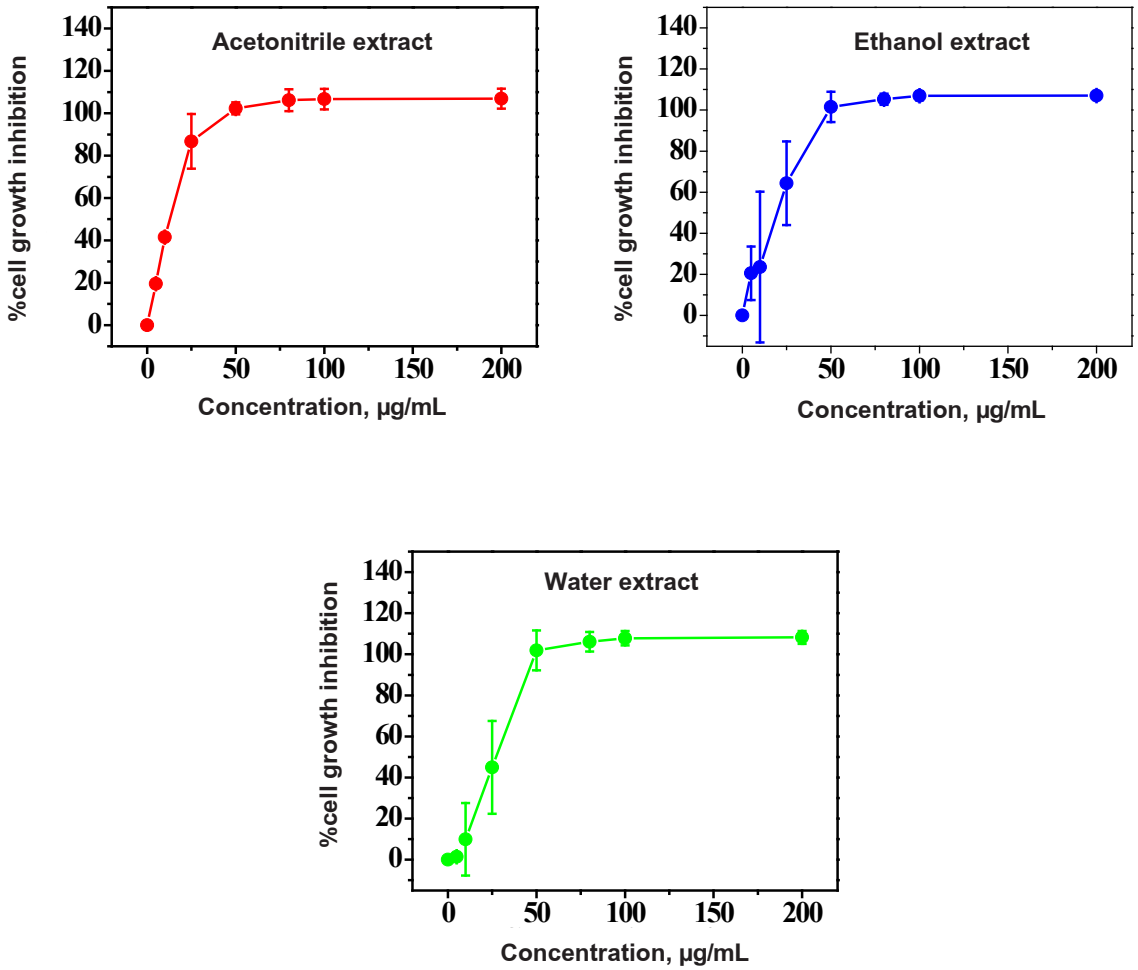


Figure 2. *The percentage of cell growth inhibition of acetonitrile extract, ethanol extract and water extract on K562/adr cells.*

สารสกัดธรรมชาติที่มีโฟลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งและชักนำให้เซลล์มะเร็งเกิดการตายแบบอะพอพโทสิส (apoptosis)[13] เนื่องจากสมอพิเภกมีสารกลุ่มโฟลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบ[18,19] จึงเป็นไปได้ว่าฤทธิ์ของสารสกัดผลสมอพิเภกต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งอาจเกี่ยวข้องกับการชักนำให้เกิดการตายของเซลล์แบบอะพอพโทสิส Ghate NB และคณะ[20] ศึกษาฤทธิ์ของสมอพิเภกสกัดด้วย 70% เมทานอลต่อการต้านเซลล์มะเร็งปอดชนิด A549 และ มะเร็งเต้านมชนิด MCF7 พบว่าสมอพิเภกสกัดด้วย 70% เมทานอลสามารถต้านเซลล์มะเร็งทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ และยังพบอีกว่ากลไกการต้านเซลล์มะเร็งของสมอพิเภกสกัดด้วย 70% เมทานอลเกี่ยวข้องกับการชักนำให้เซลล์มะเร็งตายแบบอะพอพโทสิสผ่านทางโปรตีน Bcl-2 (Bcl-2 family proteins)

จากการหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์ เอทานอลและน้ำในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) ต่อเซลล์มะเร็ง K562 และ K562/adr (Table 1) พบว่าสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยน้ำมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง K562 ได้ดีที่สุด ในขณะที่สารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง K562/adr ได้ดีที่สุด

จากการหาค่าปัจจัยในการดื้อยา (resistance factor, RF) ของเซลล์มะเร็ง ซึ่งเป็นอัตราส่วนของค่า IC_{50} ของสารสกัดผลสมอพิเภกในเซลล์มะเร็งชนิดที่ดื้อและไวต่อยา แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า ค่า RF ของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วย อะซิโตไนไตรล์และเอทานอลมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่า สารสกัดสามารถเอาชนะการดื้อยาของเซลล์มะเร็งได้ ในขณะที่ค่า RF ของสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยน้ำมีค่ามากกว่า 1 ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นว่าสารสกัดไม่สามารถชนะการดื้อยาของเซลล์มะเร็งได้

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าสารสกัดผลสมอพิเภกมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดแดงตัวอ่อนที่ไวและดื้อต่อยา และสารสกัดผลสมอพิเภกด้วยอะซิโตไนไตรล์และเอทานอลอาจเป็นทางเลือกใหม่สำหรับช่วยแก้ปัญหาการดื้อต่อยาแบบหลายขนานของเซลล์มะเร็งได้

Table 1 Show IC_{50} and RF of acetonitrile extract, ethanol extract and water extract on K562 and K562/adr (mean±SD from triplicate experiments)

Samor Pipek fruit	IC_{50} (µg/mL)		RF
	K562	K562/adr	
Acetonitrile extract	24.70±8.05	13.95±2.50	0.56
Ethanol extract	24.02±2.51	20.45±10.10	0.85
Water extract	13.09±3.40	27.39±7.16	2.09

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชารังสีเทคนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนในด้านงบประมาณในการจัดซื้อสารเคมี และเครื่องมือสำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Stavrovskaya AA, Stromskaya TP. Transport Proteins of the ABC Family and Multidrug Resistance of Tumor Cells. Biochemistry (Moscow) 2008; 73(5): 592-604.
2. Wu C-P, Calcagno AM, Ambudkar SV. Reversal of ABC drug transporter-mediated multidrug resistance in cancer cells: Evaluation of current strategies. Curr Mol Pharmacol 2008; 1(2): 93-105.
3. Lage H. An overview of cancer multidrug resistance: a still unsolved problem. Cell Mol Life Sci 2008; 65: 3145-67.
4. Mankhetkorn S, Garnier-Suillerot A. The ability of verapamil to restore intracellular accumulation of anthracyclines in multidrug resistant cells depends on the kinetics of their uptake. Eur J Pharmacol 1998; 343(2-3): 313-21.
5. Reungpatthanaphong P, Dechsupa S, Meesungnoen J, Loetchutinat C, Mankhetkorn S. Rhodamine B as a mitochondrial probe for measurement and monitoring of mitochondrial membrane potential in drug-sensitive and -resistant cells.J Biochem Biophys Methods 2003; 57(1): 1-16.
6. Meesungnoen J, Jay-Gerin JP, Mankhetkorn S. Relation between MDR1 mRNA levels, resistance factor, and the efficiency of P-glycoprotein-mediated efflux of pirarubicin in multidrug-resistant K562 sublines. Can J Physiol Pharmacol 2002; 80(11): 1054-63.
7. Slater L, Sweet P, Wetzel M, Stupecky M, Osann K. Comparison of cyclosporine A, verapamil,PSC-833 and cremophor EL as enhancing agents of VP-16 in murine lymphoid leukemias. Leuk Res 1995; 19: 5438.
8. B-artlett NL, Lum BL, Fisher GA, Brophy NA, Ehsan MN, Halsey J, Sikic BI. Phase I trial of doxorubicin with cyclosporine as a modulator of multidrug resistance. J Clin Oncol 1994; 12: 835-42.

9. Giaccone G, Linn SC, Welink J, Catimel G, Stieltjes H, van der Vijgh WJ, Eeltink C, Vermorken JB,Pinedo HM. A dose-finding and pharmacokinetic study of reversal of multidrug resistance with SDZ PSC 833 in combination with doxorubicin in patients with solid tumors. Clin Cancer Res 1997; 3: 2005-15.
10. Dantzig AH, Law KL, Cao J, Starling JJ. Reversal of multidrug resistance by the P-glycoprotein modulator, LY335979, from the bench to the clinic. Curr Med Chem 2001; 8: 39-50.
11. Kruijtzer CM, Beijnen JH, Rosing H, ten Bokkel Huinink WW, Schot M, Jewell RC, Paul EM,Schellens JH. Increased oral bioavailability of topotecan in combination with the breast cancer resistance protein and P-glycoprotein inhibitor GF120918. J Clin Oncol 2002; 20: 2943-50.
12. Martin C, Berridge G, Mistry P, Higgins C, Charlton P, Callaghan R. The molecular interaction of the high affinity reversal agent XR9576 with P-glycoprotein. Br J Pharmacol 1999; 128: 403-11.
13. Suttana W, Dechsupa N, Mankhetkorn S. Preparation of Maprang Seed Extracts and Evaluation of Their Anti-Proliferative Activity against Drug-Sensitive and Drug-Resistant Leukemic and Lung Cancer Cells. Srinagarind Med J 2013; 28:100-9. (in Thai)
14. Sabu MC, Kuttan R. Antidiabetic and antioxidant activity of Terminalia belerica Roxb. Indian J Exp Biol 2009; 47: 270-5.
15. Aqil F, Ahmad I. Antibacterial properties of traditionally used Indian medicinal plants. Method Find Exp Clin 2007; 29: 79-92.
16. Hazra B, Sarkar R, Biswas S, Mandal N. Comparative study of the antioxidant and reactive oxygen species scavenging properties in the extracts of the fruits of Terminalia chebula, Terminalia belerica and Emblica officinalis. BMC Complement Altern Med 2010; 10: 20.
17. Kaur S, Michael H, Arora S, Harkonen PL, Kumar S. The in vitro cytotoxic and apoptotic activity of Triphala—an Indian herbal drug. J Ethnopharmacol 2005; 97: 15-20.
18. Kumudhavalli MV, Vyas M, Jayakar B. Phytochemical and pharmacological evaluation of the plant fruit of Terminalia belerica Roxb. Int J Pharm Life Sci 2010; 1: 1-11.
19. Meshram G, Patil B, Shinde D, Metangale G. Effect of Epigallocatechin gallate isolated from Terminalia bellerica fruit rind on glucoamylase activity in vitro. J Appl Pharm Sci 2011; 1: 115-7.
20. Ghate NB, Hazra B, Sarkar R, Chaudhuri D, Mandal N. Alteration of Bax/Bcl-2 ratio contributes to Terminalia belerica-induced apoptosis in human lung and breast carcinoma. In Vitro Cell Dev Biol—Animal 2014; 50: 527-37.

ความน่าเชื่อถือภายในและระหว่างผู้ประเมิน ในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM)

Intra- and inter-rater reliability of the Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM)

สมพร สังขรัตน์[1*] สุรีพร อุทัยคุปต์[1] มทิตา แก้วสุทธิ[2]

Somporn Sungkarat[1*] Sureeporn Uthaikhup[1] Mathita Keawsutthi[2]

จิตติมา เจริญลิ้มประเสริฐ[3] สุภาพร แก้วแสนเมือง[3]

Jitima Charoenlimprasert[3] Supapon Kaewsanmuang[3]

[1]ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[1]Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

[2]คลินิกกายภาพบำบัด ศูนย์บริการเทคนิคการแพทย์คลินิก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

[2]Physical Therapy Clinic, AMS Clinical Service Center, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

[3]ศูนย์เวชศาสตร์ฟื้นฟู สภากาชาดไทย กรุงเทพฯ

[3]Thai Red Cross Rehabilitation Center, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: somporn.sungkarat@cmu.ac.th)

* Corresponding author (Email: somporn.sungkarat@cmu.ac.th)

Received September 2016

Accepted as revised December 2016

Abstract

Objectives: To examine intra-rater and inter-rater reliability of the STREAM Thai version in evaluating motor recovery of patients with stroke.

Materials and methods: Thirty patients with stroke (mean age 62.5±13.5 yrs.) participated in the study. Time post stroke was between 15 days to 5 years. Seventeen participants had left hemiparesis and 13 participants had right hemiparesis. Raters were physical therapists experienced in stroke rehabilitation and received STREAM training. For intra-rater reliability test, the same physical therapist re-assessed each patient through videotape 7 days after the first assessment. For inter-rater reliability test, STREAM Thai version was administered to each patient by two physical therapists in a random order and the same setting within 24 hours interval. Intra-rater and inter-rater reliability was calculated using intraclass correlation coefficients (ICC) model 3, 1 and 2, 1, respectively. The significance level was set at $p<0.05$.

Results: Intra-rater reliability of the STREAM Thai version and all subcomponents was demonstrated by ICC of 0.99. ICC for inter-rater reliability was 0.96. Sub-analysis for each component revealed the ICCs of 0.98, 0.94 and 0.83 for estimating the inter-rater reliability of upper limb movement, lower limb movement, and basic mobility, respectively. Bland Altman plots revealed that mean difference between assessments was -1.4 points (95% confidence interval between -7.2 and 4.3 points), between raters was -5.5 points (95% confidence interval between -23.8 and 12.8 points).

Conclusion: Assessment of motor recovery in patients with stroke using STREAM Thai version by trained PT who had stroke rehabilitation experience was highly reliable for both intra-rater and inter-rater.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 71-86. Doi: 10.14456/jams.2017.7

Keywords: Stroke, STREAM, intra-rater reliability, inter-rater reliability, motor recovery

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อหาความน่าเชื่อถือในผู้ประเมินคนเดียวกัน (intra-rater reliability) และระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) ในการประเมินการฟื้นสภาพการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยแบบประเมิน STREAM ภาษาไทย

วัสดุและวิธีการ: ผู้เข้าร่วมการศึกษาเป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองจำนวน 30 ราย (อายุเฉลี่ย 62.5±13.5 ปี) ระยะเวลาหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองตั้งแต่ 15 วัน จนถึง 5 ปี มีอาการอ่อนแรงของร่างกายซีกซ้าย 17 ราย ซีกขวา 13 ราย ผู้ประเมินเป็นนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์การรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและได้รับการฝึกใช้แบบประเมิน STREAM ในการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมิน นักกายภาพบำบัดประเมินผู้ป่วยซ้ำจากการดูวิดิทัศน์โดยเว้นระยะห่างจากการประเมินครั้งแรก 7 วัน ส่วนการทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน ผู้ป่วยแต่ละรายได้รับการประเมินด้วยแบบประเมิน STREAM ภาษาไทยโดยนักกายภาพบำบัด จำนวน 2 คน ใช้การสุ่มลำดับการประเมิน และประเมินในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ภายในระยะเวลาห่างกันไม่เกิน 24 ชั่วโมง หาความเชื่อมั่นภายในผู้ประเมินคนเดียวกันและระหว่างผู้ประเมินด้วยสถิติ intraclass correlation coefficient (ICC) โมเดล 3, 1 และ 2, 1 ตามลำดับ กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการศึกษา: ค่าความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนเดียวกัน (intra-rater reliability) ในการใช้แบบประเมิน STREAM ภาษาไทย มีค่า ICC เท่ากับ 0.99 โดยทุกองค์ประกอบย่อยมีค่า ICC เท่ากับ 0.99 ส่วนค่าความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) มีค่า ICC เท่ากับ 0.96 เมื่อวิเคราะห์แยกในแต่ละองค์ประกอบพบว่าการเคลื่อนไหวของรยางค์แขน การเคลื่อนไหวของรยางค์ขา และการเคลื่อนไหวพื้นฐาน มีค่า ICCs เท่ากับ 0.98, 0.94, และ 0.83 ตามลำดับ Bland Altman plot พบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของการประเมินซ้ำเท่ากับ -1.4 คะแนน (ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่าง -7.2 และ 4.3 คะแนน) ส่วนค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ -5.5 คะแนน (ค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ระหว่าง -23.8 และ 12.8 คะแนน)

สรุปผลการศึกษา: การประเมินการฟื้นสภาพการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยแบบประเมิน STREAM ภาษาไทย โดยนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์การรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและได้ฝึกใช้แบบประเมินมีความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนเดียวกันและระหว่างผู้ประเมินในระดับสูงมาก

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 71-86. Doi: 10.14456/jams.2017.7

คำสำคัญ: โรคหลอดเลือดสมอง แบบประเมินสตรีม ความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนเดียวกัน ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน การฟื้นสภาพการเคลื่อนไหว

บทนำ

โรคหลอดเลือดสมอง (stroke or cerebrovascular disease) เป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตและการเกิดภาวะทุพพลภาพของประชากรทั่วโลกรวมทั้งในประเทศไทย[1-2] ผู้ป่วยที่รอดชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองมักไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เป็นปกติ ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวพื้นฐานต่างๆ เช่น นั่ง ยืน เดิน ใช้มือและแขน จำเป็นต้องได้รับการรักษาฟื้นฟูสภาพจากนักกายภาพบำบัด

ในกระบวนการรักษาฟื้นฟูสภาพทางกายภาพบำบัด การตรวจประเมินมีความสำคัญอย่างยิ่ง ข้อมูลที่ได้จากการตรวจประเมินจะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหา ตั้งเป้าหมาย และวางแผนการรักษาฟื้นฟูสภาพที่เหมาะสม การนำแบบประเมินที่เป็นมาตรฐานมาใช้นับว่ามีความสำคัญเพราะแบบประเมินมาตรฐานมีการกำหนดขั้นตอน วิธีการประเมิน และเกณฑ์ในการประเมินตลอดจนมีการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานด้านการวัด/การประเมิน เช่น ความเที่ยงตรง (validity) สามารถวัด/ประเมินได้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ความน่าเชื่อถือ (reliability) ความคงเส้นคงวาในการประเมินผล ทำให้การประเมินมีมาตรฐานเดียวกัน นักกายภาพบำบัดสื่อสารเกี่ยวกับสภาวะของผู้ป่วยได้เข้าใจตรงกัน และผลการประเมินสามารถใช้เปรียบเทียบอ้างอิงประสิทธิผลของวิธีการรักษาฟื้นฟูสภาพวิธีต่างๆ ได้[3, 4]

Gor-Garcia-Fogeda และคณะ[5] ทำการศึกษา

อย่างเป็นระบบ (systematic review) เพื่อศึกษาว่าแบบประเมินการฟื้นสภาพการเคลื่อนไหวสำหรับผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองแบบใดมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในคลินิก มีแบบประเมินที่มีคุณลักษณะตามเกณฑ์การศึกษาจำนวน 6 แบบ คือ แบบประเมิน Motor Assessment Scale (MAS), Fugl-Meyer Assessment (FMA), Sodring Motor Evaluation (SME), Rivermead Motor Assessment (RMA), Motricity Index (MI) และแบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) ผลการศึกษาพบว่า ทุกแบบประเมินมีความเหมาะสมที่จะใช้ประเมินผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองทั้งในคลินิกและในงานวิจัย โดยแบบประเมิน FMA ฉบับสั้นและแบบประเมิน STREAM มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในคลินิกมากที่สุด เนื่องจากมีความเที่ยงตรง และความน่าเชื่อถือที่ดีกว่าแบบประเมินอื่นๆ สามารถประเมินได้ง่าย และใช้เวลาในการประเมินสั้น อย่างไรก็ตาม แบบประเมิน STREAM มีความครอบคลุมมากกว่าแบบประเมิน FMA โดยนอกจากมีการประเมินการฟื้นสภาพของรยางค์แขน ขาแล้ว ยังมีการประเมินการฟื้นสภาพของการเคลื่อนไหวพื้นฐาน (basic mobility) ต่างๆ ด้วย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจที่จะนำแบบประเมิน STREAM มาแปลเป็นภาษาไทยและศึกษาความน่าเชื่อถือของแบบประเมินนี้

แบบประเมิน STREAM ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยกลุ่มนักวิจัยและทีมฟื้นฟูสภาพที่ Jewish Rehabilitation Hospital ประเทศแคนาดา[6] เพื่อประเมินการฟื้นสภาพการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง ประกอบด้วยการประเมิน 3 ด้าน คือ การเคลื่อนไหวของรยางค์แขน (upper extremity movement) การคลื่อนไหวของรยางค์ขา (lower extremity movement) และ การเคลื่อนไหวพื้นฐาน (basic mobility) ด้านละ 10 หัวข้อ รวมเป็น 30 หัวข้อ เกณฑ์การประเมินในส่วนของ limb movement แบ่งเป็นระดับ 0-1-2 ส่วน basic mobility แบ่งเป็นระดับ 0-1-2-3 แบบประเมิน STREAM มีความเที่ยงตรงตามสภาพ (concurrent validity) การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผลการประเมิน STREAM มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางถึงสูงกับผลการประเมิน Barthel Index (r=0.67-0.78) และ FMA (r=0.95) มีความน่าเชื่อถือทั้งภายในและระหว่างผู้ประเมินในระดับสูง (ICC = 0.96- 0.99)[5, 7-8] อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการแปลเป็นภาษาอื่นจึงควรมีการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานด้านการวัดใหม่ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมิน (intra-rater reliability) และระหว่างผู้ประเมิน (inter-rater reliability) ของแบบประเมิน STREAM ภาษาไทย

วัสดุและวิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง จำนวน 30 ราย คำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ R statistical package for estimating intra-class correlation coefficient (ICC)[9] กำหนด 95% confidence interval width (CIW) เท่ากับ 0.2 จำนวนผู้ประเมิน (k) เท่ากับ 2 ค่าอัลฟ่า (α) เท่ากับ 0.05 และ estimated ICC เท่ากับ 0.85 ซึ่งพบว่าต้องการกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 ราย โดยมีเกณฑ์การคัดเข้า ดังนี้

1) ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคหลอดเลือดสมอง และมีอาการอ่อนแรงของร่างกายครึ่งซีก
2) มีอาการทางการแพทย์คงที่
3) มีการรับรู้สติระดับปกติ
4) มีระดับการรับรู้ความเข้าใจในเกณฑ์ปกติ (ประเมินด้วยแบบประเมิน MMSE-Thai 2002)
5) สามารถสื่อสารได้ เข้าใจคำสั่ง รวมทั้งยินดีเข้าร่วมการศึกษา
6) สามารถเดินได้เป็นระยะทางอย่างน้อย 1 เมตร โดยอาจใช้เครื่องช่วยเดิน

ส่วนเกณฑ์การคัดออก ได้แก่

1) มีอาการเกร็งของกล้ามเนื้อแขน ขา ประเมินด้วย modified Ashworth scale มากกว่า 2 หรือมีกล้ามเนื้ออ่อนปวกเปียก (flaccidity)
2) มีภาวะ moderate or severe aphasia
3) มีโรคหรือภาวะที่เป็นอุปสรรคต่อการศึกษา เช่น ข้ออักเสบรูมาตอยด์ กระดูกหัก ปวดเข่า เป็นต้น

การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (รหัสโครงการ AMSEC-57EX-135) และอาสาสมัครทุกรายเซ็นใบยินยอมเข้าร่วมการศึกษาก่อนการประเมิน

ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การแปลแบบประเมินเป็นภาษาไทย

แปลแบบประเมิน STREAM ตามเกณฑ์มาตรฐาน[10] โดยแปลจากต้นฉบับภาษาอังกฤษเป็นภาษาไทย (forward translation) จากนั้นให้ผู้ที่มีความรู้ทั้ง 2 ภาษาจากสถาบันภาษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แปลแบบประเมินภาษาไทยกลับเป็นภาษาอังกฤษ (translated back to the source language)

เปรียบเทียบแบบประเมินที่แปลกลับและปรับให้สอดคล้องกับต้นฉบับ จากนั้นทดสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน กำหนดค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence; IOC) มากกว่า 0.5[11]

การทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน

ผู้ประเมินเป็นนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์การรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองอย่างน้อย 3 ปีจำนวน 2 คน ผู้ประเมินศึกษาคู่มือการประเมิน STREAM ภาษาไทย ได้รับการสาธิตวิธีการใช้แบบประเมินจากผู้วิจัย จากนั้นฝึกซ้อมใช้แบบประเมินกับผู้ป่วยจริงจนสามารถประเมินได้ และใช้แบบประเมินในคลินิกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (ประเมินอาสาสมัคร 5-7 ราย) เพื่อให้เกิดความคุ้นเคย[8]

สำหรับการประเมินความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน อาสาสมัครแต่ละรายได้รับการประเมินด้วยแบบประเมิน STREAM จากนักกายภาพบำบัดคนที่ 1 และคนที่ 2 (ลำดับก่อน-หลังในการประเมินของนักกายภาพบำบัดใช้การจับสลาก) เว้นระยะเวลาห่างกันภายใน 24 ชั่วโมง[12] เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงความสามารถด้านการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยที่อาจเกิดจากการฟื้นตัวของสมอง หรือจากการรักษาฟื้นฟูสภาพ เนื่องจากอาสาสมัครในการศึกษาครั้งนี้มีผู้ป่วยที่อยู่ในระยะกึ่งเฉียบพลัน (subacute) และได้รับการรักษาฟื้นฟูสภาพรวมอยู่ด้วย ทั้งนี้ ระหว่างการประเมินของนักกายภาพบำบัดมีการบันทึกวิดิทัศน์ไว้เพื่อใช้ในการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมิน ซึ่งนักกายภาพบำบัดให้คะแนนการประเมินซ้ำในครั้งที่สองผ่านการดูวิดิทัศน์โดยเว้นระยะห่างจากการประเมินครั้งแรก 7 วัน เพื่อลดอคติของการที่ผู้ประเมินอาจจดจำคะแนนการประเมินครั้งก่อนได้[13] วิธีการประเมินเริ่มต้นด้วยการอธิบายและสาธิตการเคลื่อนไหวที่ต้องการประเมิน จากนั้นให้ผู้ป่วยทำการเคลื่อนไหวนั้นๆ ด้วยร่างกายข้างที่มีแรงแล้วจึงทดสอบโดยให้ผู้ป่วยทำการเคลื่อนไหวด้วยข้างอ่อนแรง ผู้ประเมินสังเกตการเคลื่อนไหวแล้วให้คะแนน การประเมินใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 20-45 นาที (รายละเอียดการประเมินและการให้คะแนนแสดงในภาคผนวก)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนเดียวกันและระหว่างผู้ประเมิน โดยใช้สถิติ intra-class correlation coefficient (ICC) model 3, 1 และ model 2, 1 ตามลำดับ โดยค่า ICC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.9 ถือได้ว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูงมาก ค่า ICC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.7 แต่น้อยกว่า 0.9 จัดว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับสูง ค่า ICC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 แต่น้อยกว่า 0.7 จัดว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับปานกลาง และค่า ICC น้อยกว่า 0.5 ถือว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในระดับต่ำ[14] ทดสอบการเบี่ยงเบนของข้อมูลด้วยกราฟ Bland Altman plot[15] วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 17 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05

ผลการศึกษา

อาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่เข้าร่วมการศึกษามีจำนวน 30 ราย อายุเฉลี่ย 62.5±13.5 ปี ได้รับการวินิจฉัยว่าเส้นเลือดสมองแตก (hemorrhagic stroke) จำนวน 10 ราย เส้นเลือดตีบหรืออุดตัน (ischemic stroke) จำนวน 16 ราย และไม่ได้ระบุสาเหตุของพยาธิสภาพจำนวน 4 ราย (Table 1)

Table 1 Participants characteristics (N=30).

Variables	Mean±SD	Range
Age (years)	62.5±13.5	41-86
Gender; Male: Female (n)	18:12	-
Paretic side; Left: Right (n)	17:13	-
Time post stroke (months)	8.9±2.9	0.5-60
Hemorrhagic: Ischemic stroke* (n)	10:16	-

**Four participants were unspecified*

ผลการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนเดียวกัน พบว่ามีค่า ICC ของคะแนนการประเมินรวมของแบบประเมิน STREAM เท่ากับ 0.99 โดยในแต่ละองค์ประกอบย่อย (การเคลื่อนไหวของรยางค์แขน รยางค์ขา และการเคลื่อนไหวพื้นฐาน) มีค่า ICC เท่ากับ 0.99 ส่วนผลการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน พบว่ามีค่า ICC ของคะแนนการประเมินรวมของแบบประเมิน STREAM เท่ากับ 0.96 ในแต่ละองค์ประกอบย่อยพบว่าการเคลื่อนไหวของรยางค์แขนและขามีค่า ICC เท่ากับ 0.98 และ 0.94 ตามลำดับ ส่วนการเคลื่อนไหวพื้นฐานมีค่า ICC เท่ากับ 0.83 (Table 2)

Table 2 Intra-rater and inter-rater reliability of STREAM as demonstrated by intraclass correlation coefficients (ICC) and 95% confidence interval (CI) .

STREAM	Intra-Rater	Inter-Rater
	ICC (3,1) (95% CI)	ICC (2,1) (95% CI)
UE movement	0.99 (0.98-0.99)	0.98 (0.96-0.99)
LE movement	0.99 (0.97-0.99)	0.94 (0.71-0.98)
Mobility	0.99 (0.98-0.99)	0.83 (0.64-0.91)
Total Score	0.99 (0.98-0.99)	0.96 (0.88-0.98)

UE: upper extremity; LE: lower extremity

กราฟ Bland Altman plot ในรูปที่ 1 (Figure 1) แสดงค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (mean difference) ของคะแนนการประเมินซ้ำในครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ของผู้ประเมินคนเดียวกัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1.4 คะแนนโดยที่ limits of agreement ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างมีค่าอยู่ระหว่าง -7.2 ถึง 4.3 คะแนน ทั้งนี้มีข้อมูลร้อยละ 3.3 (1/30) ของการประเมินซ้ำที่ไม่ตกอยู่ในช่วง limits of agreement ส่วนค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (mean difference) ของคะแนนการประเมินระหว่างผู้ประเมิน 2 คน มีค่าเท่ากับ -5.5 คะแนน โดยที่ limits of agreement ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของค่าเฉลี่ยความแตกต่างมีค่าอยู่ระหว่าง -23.8 ถึง 12.8 คะแนน และมีข้อมูลร้อยละ 3.3 (1/30) ของการประเมินที่ไม่ตกอยู่ในlimits of agreement (Figure 2)

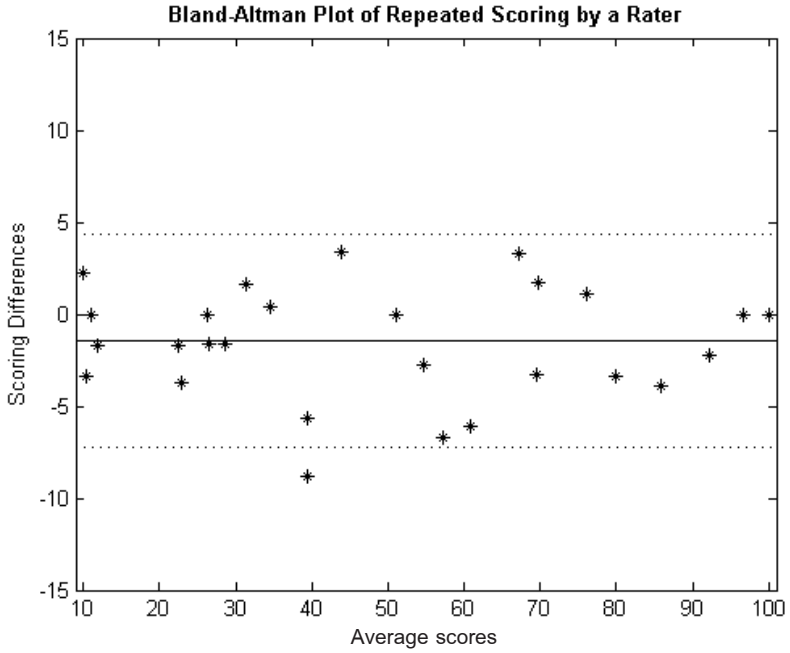


Figure 1. *Bland Altman Plot of score differences between the 1st and 2nd assessment vs the mean of the 1st and 2nd assessment with 95% limit of agreement (dotted line)*

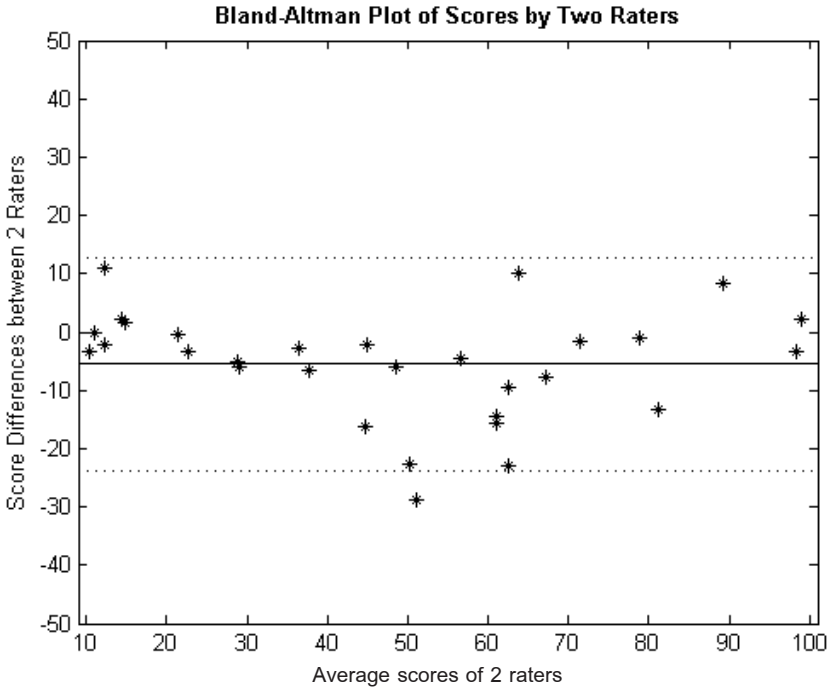


Figure 2. *Bland Altman Plot of score differences between rater 1 and rater 2 vs the mean of rater 1 and 2 with 95% limit of agreement (dotted line)*

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า แบบประเมิน STREAM ภาษาไทยมีความน่าเชื่อถือภายในผู้ประเมินคนเดียวกันและระหว่างผู้ประเมิน ทั้งในส่วนของคะแนนรวมของแบบประเมิน และในแต่ละองค์ประกอบย่อยของแบบประเมินในระดับสูงถึงสูงมาก[14] สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Daley และคณะที่พบว่าแบบประเมิน STREAM ต้นฉบับภาษาอังกฤษมีความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมินและระหว่างผู้ประเมินในระดับสูงมาก[7] และการศึกษาของ Wang และคณะที่รายงานค่า ICC ของการทดสอบความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมินในระดับสูงมาก (ICC 0.96-0.99)[8] ตลอดจนการศึกษาของ Hsueh และคณะที่รายงานค่า ICC ของการทดสอบความน่าเชื่อถือภายในตัวผู้ประเมินของแบบประเมิน STREAM ฉบับสั้นที่เป็นภาษาจีนในระดับสูงเช่นกัน (ICC 0.94)[16]

จากกราฟ Bland Altman plot พบว่าทั้งการประเมินซ้ำด้วยผู้ประเมินคนเดียวกัน (Figure 1) และระหว่างผู้ประเมิน (Figure 2) ข้อมูลความแตกต่างของคะแนนการประเมินเกือบทั้งหมด (ร้อยละ 96.7) ตกอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ของ limits of agreement ซึ่งบ่งชี้ว่าผลการประเมินซ้ำในแต่ละครั้ง และระหว่างผู้ประเมินแต่ละคนมีความเห็นตรงกันในเกณฑ์ดี (good agreement)[15]

ปัจจัยที่น่าจะส่งผลให้แบบประเมิน STREAM มีความน่าเชื่อถือทั้งภายในและระหว่างผู้ประเมินสูงมีอยู่หลายประการ ได้แก่ การที่หัวข้อการประเมินแต่ละหัวข้อเป็นการเคลื่อนไหวที่ไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และส่วนใหญ่เป็นการเคลื่อนไหวพื้นฐานที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น เหยียดข้อศอก พลิกตะแคงตัว และลุกขึ้นยืนจากท่านั่ง เป็นต้น การประเมินมีการใช้คำสั่งที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน มีระบบการให้คะแนนที่ชัดเจน และแต่ละคะแนนมีเกณฑ์ที่แยกจากกันได้ง่าย เช่น คะแนน 0 คือ ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้ คะแนน 1 คือ ทำการเคลื่อนไหวได้บางส่วน และคะแนน 2 คือ สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้ทั้งหมดและมีรูปแบบใกล้เคียงปกติ[6] นอกจากนี้มีข้อสังเกตว่ามีการทดสอบหลายข้อในแบบประเมิน STREAM ที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกับการทดสอบในแบบประเมินมาตรฐานอื่นๆ ที่ใช้ในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เช่น การทดสอบการเหยียดข้อศอก การพลิกตะแคงตัว การลุกขึ้นนั่ง เหมือนกับการทดสอบในแบบประเมิน MAS[17] หรือ การทดสอบการกำมือ-แบมือ การกระดกข้อเท้าขึ้นลง การงอ-เหยียดข้อเข่า เหมือนกับการทดสอบในแบบประเมิน FMA[18] เป็นต้น แบบประเมินเหล่านี้ได้มีการทดสอบมาแล้วว่ามีความน่าเชื่อถือในการประเมินสูง[12,19-20] จึงอาจมีส่วนที่ทำให้แบบประเมิน STREAM มีความน่าเชื่อถือสูงไปด้วย

อาสาสมัครผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยกลุ่มที่มีหลอดเลือดสมองแตก และตีบหรืออุดตัน มีระยะเวลาหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมองตั้งแต่ระยะกึ่งเฉียบพลัน (subacute) จนถึงเรื้อรัง (chronic) และมีทั้งผู้ที่มีอาการอ่อนแรงของร่างกายซีกซ้ายและซีกขวา ผลการศึกษาสนับสนุนว่าแบบประเมิน STREAM ภาษาไทยนี้สามารถนำไปประเมินผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีความหลากหลายทั้งด้าน การวินิจฉัยโรค ระยะเวลาหลังเกิดโรคหลอดเลือดสมอง และร่างกายซีกอ่อนแรง

ข้อจำกัดของการศึกษา คือการศึกษานี้กำหนดผู้ประเมินเป็นนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์ในการรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง เนื่องจากคาดว่านักกายภาพบำบัดกลุ่มนี้น่าจะมีโอกาสนำแบบประเมิน STREAM ไปใช้ในคลินิกมากกว่ากลุ่มอื่น ทำให้ผลการศึกษาไม่สามารถอนุมานในนักกายภาพบำบัดที่ไม่มีประสบการณ์การรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองได้ จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นนี้ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาคุณสมบัติของการวัดในด้านอื่นๆ ของแบบประเมิน STREAM ภาษาไทย เช่น ค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุดที่สามารถแสดงนัยสำคัญทางคลินิก (minimal clinically important difference, MCID) เพื่อประโยชน์ในการติดตามผลการรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองในคลินิก

สรุปผลการศึกษา

การประเมินการฟื้นสภาพการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองด้วยแบบประเมิน STREAM ภาษาไทยมีความน่าเชื่อถือทั้งภายในผู้ประเมินคนเดียวกันและระหว่างผู้ประเมินที่เป็นนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์การรักษาผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองและผ่านการศึกษา ฝึกฝนใช้แบบประเมินแล้วในระดับสูงมาก

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายชนมภูมิ วิวัฒน์ชุตินันท์ และนายเฉลิมชัย มั่นเจ๊ก ที่ช่วยในขั้นตอนของการเก็บข้อมูลวิจัย และประสานงานโครงการวิจัย

Appendix

คู่มือสำหรับการใช้แบบประเมินสตรีม (STREAM)

คำแนะนำทั่วไปสำหรับการทดสอบ

1. ผู้ป่วยควรอยู่ในภาวะที่มีความสนใจเพียงพอ และสภาพร่างกายพร้อมสำหรับการประเมิน
2. ผู้ป่วยควรสวมเสื้อผ้าที่ไม่จำกัดการเคลื่อนไหว และช่วยให้ผู้ประเมินสามารถสังเกตการเคลื่อนไหวได้ชัดเจน (เช่น กางเกงขาสั้น เสื้อยืด) ควรสวมรองเท้าที่ใส่สบาย หรือรองเท้าที่ใส่เป็นประจำขณะที่ทำการทดสอบในท่ายืน เดิน
3. การให้คำสั่ง (ตัวอักษรเอียงในแบบประเมิน) ควรสั่งออกเสียง สาธิตการเคลื่อนไหวและพูดซ้ำได้ตามความจำเป็น สำหรับข้อที่เป็นการทดสอบการเคลื่อนไหวของรยางค์ บอกให้ผู้ป่วยทำการเคลื่อนไหวด้วยข้างมีแรงก่อน เพื่อประเมินความเข้าใจ สังเกตช่วงการเคลื่อนไหว และรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้างที่มีแรงของผู้ป่วย
4. หากผู้ป่วยมีการทรงตัวในท่านั่งไม่ดี อาจให้ผู้ป่วยนั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิงสำหรับการทดสอบในท่านั่ง (ข้อ 7-21)
5. ผู้ประเมินอาจช่วยผู้ป่วยให้ยืนอยู่ได้ ขณะทำการทดสอบข้อ 23-25 สามารถช่วยให้ความมั่นคง (stabilization) ที่แขนขณะทดสอบข้อ 1-2 และที่เท้าขณะทดสอบ ข้อ 5 ตามที่ได้ระบุ
6. ผู้ประเมินสามารถจัดท่าเริ่มต้นในการทดสอบให้ผู้ป่วยได้ (starting position) แต่ไม่ใช้มือช่วยกระตุ้นการเคลื่อนไหวขณะทดสอบ ในการทดสอบความสามารถของการเคลื่อนไหวในหัวข้อต่างๆ หากผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการจับพยุงหรือช่วยเหลือบางส่วน (ยกเว้นตามที่ระบุไว้ในข้อ 4และ 5) ผู้ป่วยจะได้คะแนน 1a หรือ 1b
7. หากจำเป็น การทดสอบในแต่ละข้อ อนุญาตให้ผู้ป่วยพยายามได้ 3 ครั้ง โดยบันทึกคะแนนครั้งที่ดีที่สุด
8. การทดสอบควรเรียงตามลำดับหัวข้อของแบบประเมิน
9. ผู้ประเมินนับด้วยอัตราเร็วที่ทำให้ การนับ 20 ครั้งเท่ากับเวลา 20 วินาที (เช่น นับเป็นจังหวะ1-1000, 2-1000, 3-1000, ….., 20-1000 โดยควรลองฝึกนับและจับเวลาหลาย ๆ ครั้งก่อนการประเมิน)
10. หากไม่สามารถประเมินได้เสร็จไม่ว่าด้วยเหตุผลใด สามารถประเมินข้อที่เหลือต่อได้ภายใน 24 ชั่วโมง แต่หากเกิน 24 ชั่วโมงไปแล้ว ควรเริ่มประเมินผู้ป่วยใหม่ตั้งแต่แรก
11. หากผู้ป่วยมีการจำกัดการเคลื่อนไหวอย่างมาก หรือมีอาการปวด ไม่ควรประเมินในข้อนั้น (ให้คะแนนเป็น X) และระบุเหตุผลที่ไม่สามารถประเมินได้ เช่น จำกัดช่วงการเคลื่อนไหวมีอาการปวดหรือ อื่นๆ (ระบุเหตุผล)
12. ควรเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินเหล่านี้ให้พร้อม
    - ม้านั่งที่มีความแข็งแรง (หรือเตียงรักษา หรือเก้าอี้ไม่มีที่ท้าวแขน) ที่สามารถปรับระดับความสูงให้ผู้ป่วยสามารถนั่งได้สบาย เท้าวางราบบนพื้นหรือตั่งเตี้ยสำหรับรองเท้าเข่าและสะโพกงอ 90°
    - พื้นที่ใช้ในการทดสอบ (แน่น มั่นคง เตียงที่ทดสอบควรมีขนาดใหญ่พอที่ผู้ป่วยสามารถพลิกตัวได้ปลอดภัย สูงจากพื้นประมาณครึ่งเมตร) หากใช้เตียงของผู้ป่วย พื้นเตียงจะต้องแบนเรียบและเอาสิ่งที่ขวางเกะกะอยู่บนเตียงออก หรืออาจใช้เตียงรักษาที่มีขนาดกว้างในการทดสอบ
    - หมอน
    - บันไดที่มีราวจับ (บันไดฝึกในแผนก หรือบันไดจริง โดยขั้นบันไดควรมีความสูงตามมาตรฐานคือ ประมาณ 18 เซนติเมตร)

สมพร สังขรัตน์ และคณะ ความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมิน และระหว่างผู้ประเมินในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประจำปี พ.ศ. 2558

เกณฑ์การให้คะแนน (STREAM Scoring)

1. การเคลื่อนไหวของรยางค์ (voluntary movement of the limbs) (…/2)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
0	ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวที่ทดสอบได้แม้เพียงช่วงเล็กน้อย (รวมการขยับ การเคลื่อนเล็กๆน้อยๆ)
1	1a – สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้เพียงบางส่วน และการเคลื่อนไหวนั้นมีการเบี่ยงเบนไปจากรูปแบบการเคลื่อนไหวปกติอย่างมาก
	1b – สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้เพียงบางส่วน แต่ลักษณะการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างจากข้างที่ไม่มีอาการอ่อนแรง
	1c -- สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้สำเร็จ แต่การเคลื่อนไหวนั้นมีการเบี่ยงเบนไปจากรูปแบบการเคลื่อนไหวปกติอย่างมาก
2	สามารถทำการเคลื่อนไหวนั้นได้สำเร็จ โดยมีลักษณะใกล้เคียงกับข้างที่ไม่มีอาการอ่อนแรง
X	ไม่ได้ทำการทดสอบ (ระบุเหตุผล: ช่วงการเคลื่อนไหว อาการปวด หรือ เหตุผลอื่น)

2. การเคลื่อนไหวพื้นฐาน (basic mobility) (…/3)

คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
0	ไม่สามารถทำกิจกรรมที่ทดสอบได้แม้เพียงเล็กน้อย (ทำได้เองน้อยมาก)
1	1a – สามารถทำกิจกรรมได้เองโดยอิสระเพียงบางส่วน (ต้องอาศัยความช่วยเหลือ หรือให้ความมั่นคง (stabilization) จึงจะทำได้สำเร็จ) ทั้งนี้อาจใช้หรือไม่ใช้เครื่องช่วย และลักษณะของกิจกรรมนั้นเบี่ยงเบนไปจากรูปแบบปกติอย่างมาก
	1b – สามารถทำกิจกรรมได้เองโดยอิสระเพียงบางส่วน (ต้องอาศัยความช่วยเหลือ หรือให้ความมั่นคง (stabilization) จึงจะทำได้สำเร็จ) ทั้งนี้อาจใช้หรือไม่ใช้เครื่องช่วย แต่ลักษณะของกิจกรรมนั้นโดยรวมแล้วมีรูปแบบปกติ
	1c – สามารถทำกิจกรรมนั้นสำเร็จด้วยตนเองโดยอิสระทั้งนี้อาจใช้หรือไม่ใช้เครื่องช่วย แต่ลักษณะของกิจกรรมนั้นเบี่ยงเบนไปจากรูปแบบปกติอย่างมาก
2	สามารถทำกิจกรรมนั้นสำเร็จด้วยตนเองโดยอิสระ ลักษณะของกิจกรรมนั้นโดยรวมแล้วมีรูปแบบปกติ แต่ยังต้องอาศัยเครื่องช่วย
3	สามารถทำกิจกรรมนั้นสำเร็จด้วยตนเองโดยอิสระ ลักษณะของกิจกรรมนั้นโดยรวมแล้วมีรูปแบบปกติ โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องช่วย
X	ไม่ได้ทดสอบ (ระบุเหตุผล: ช่วงการเคลื่อนไหว อาการปวด หรือ เหตุผลอื่น)

ระดับของการเคลื่อนไหว

คุณภาพการเคลื่อนไหว		ทำไม่ได้	ทำได้บางส่วน	ทำได้สมบูรณ์
	เบี่ยงเบนจากปกติอย่างมาก	0	1a	1c
	ปกติ	0	1b	2(3)

สมพร สังขรัตน์ และคณะ ความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมิน และระหว่างผู้ประเมินในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประจำปี พ.ศ. 2558

รายละเอียดแบบประเมิน STREAM และการทดสอบในหัวข้อต่าง ๆ

ประกอบด้วยการประเมิน 30 หัวข้อแบ่งเป็นการประเมินการเคลื่อนไหวของรยางค์แขน (upper extremity movement) จำนวน 10 ข้อการประเมินการเคลื่อนไหวของรยางค์ขา จำนวน 10 ข้อ (lower extremity movement) จำนวน 10 ข้อ และการประเมินการเคลื่อนไหวพื้นฐาน (basic mobility) จำนวน 10 ข้อ ซึ่งท่าเริ่มต้นที่ใช้ในการประเมินประกอบด้วย ท่านอนหงาย ท่านั่ง ท่ายืน และท่าเดิน

การประเมินในท่านอนหงาย (supine)

หัวข้อ	วิธีการทดสอบ
1. กางสะบัก ในท่านอนหงาย (protracts scapula in supine)	คำสั่ง "*ยื่นสะบักขึ้นด้านบน ให้มือเคลื่อนขึ้นไปที่เพดาน*" หมายเหตุ: PT ช่วยให้ความมั่นคง (stabilize) ในท่าข้อไหล่งอ 90 องศา (shoulder 90° flexed) และข้อศอกเหยียดตรง)
2. เหยียดข้อศอก ในท่านอนหงาย (extends elbow in supine)	ท่าเริ่มต้นคือ ข้อศอกงอจนสุดช่วง (elbow fully flexed) คำสั่ง *"เหยียดข้อศอกขึ้นตรงมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ให้มือชี้ขึ้นไปที่เพดาน"* หมายเหตุ: PT ช่วยให้ความมั่นคง (stabilize) ในท่าข้อไหล่งอ 90° หากผู้ป่วยมีแรงดันข้อไหล่ในทิศ extension และ/หรือ abduction ร่วมด้วย ให้ถือว่าเบี่ยงเบนไปจากการเคลื่อนไหวปกติมาก (ให้คะแนน 1a หรือ 1c)
3. งอเข่า และสะโพกในท่านอนหงาย (flexes hip and knee in supine)	คำสั่ง "*งอเข่า งอสะโพกขึ้น ให้เท้าวางราบกับพื้น*" หรือ "*ชันเข่าขึ้น*"
4. พลิกตะแคงตัว (rolls onto side)	คำสั่ง "*พลิกตะแคงตัวไปด้านข้าง*" หมายเหตุ: สามารถพลิกตะแคงไปทางด้านใดก็ได้ หากใช้มือช่วยดึงขณะพลิกตะแคงให้ถือเป็นการใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2)
5. นอนหงายชันเข่า ยกสะโพกขึ้นให้ก้นลอยพ้นเตียง (raises hips off bed in crook lying or bridging)	คำสั่ง "*ยกสะโพก(ก้น)ขึ้นให้สูงที่สุดเท่าที่สามารถทำได้*" หมายเหตุ: ผู้ป่วยอยู่ในท่างอเข่า งอสะโพก และให้ผู้ป่วยพยายามยกสะโพกขึ้นให้พ้นเตียงให้ได้มากที่สุด PT สามารถช่วยให้ความมั่นคง (stabilize) โดยจับที่เท้า แต่หากผู้ป่วยมีแรงถีบให้ข้อเข่าเหยียดออก ถือว่าการเคลื่อนไหวเบี่ยงเบนจากปกติมาก (ให้คะแนน 1a หรือ 1c) หากต้องช่วย (ใช้เครื่องช่วย หรือจาก PT) เพื่อจัดเข่าให้อยู่ในแนวกลาง (midline) ถือว่าเป็นการใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2)
6. เปลี่ยนจากท่านอน หงายเป็นนั่ง (moves from lying supine to sitting)	คำสั่ง "*ลุกขึ้นมานั่งวางเท้าทั้งสองข้างบนพื้น*" หมายเหตุ: สามารถลุกขึ้นนั่งทางด้านใดก็ได้โดยวิธีที่ปลอดภัย หากใช้เวลามากกว่า 20 วินาที ถือว่าการเคลื่อนไหวเบี่ยงเบนจากปกติมาก (ให้คะแนน 1a หรือ 1c) แต่หากมีการใช้แขนดึงที่กั้นเตียง หรือขอบเตียง ถือเป็นการใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2)

สมพร สังขรัตน์ และคณะ ความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมิน และระหว่างผู้ประเมินในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประจำปี พ.ศ. 2558

การประเมินในท่านั่ง (Sitting) เท้าวางราบกับพื้น มือวางบนหมอน หรือหน้าตักสำหรับการทดสอบข้อ 7-14

หัวข้อ	วิธีการทดสอบ
7. ยกไหล่สองข้างขึ้น หรือยกสะบักขึ้น (shrugs shoulders or scapular elevation)	คำสั่ง "*ยกไหล่ทั้งสองข้างขึ้นด้านบนให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้*" หมายเหตุ: ไหล่ทั้งสองข้างยกขึ้นพร้อมกัน
8. ยกมือแตะด้านบนของศีรษะ (raises hand to touch top of head)	คำสั่ง "*ยกมือขึ้นมาแตะที่ด้านบนของศีรษะ*"
9. วางมือไพล่หลัง (places hand on sacrum)	คำสั่ง "*เอามือไพล่หลัง ไปด้านตรงข้ามให้ไกลที่สุดเท่าที่ทำได้*"
10. ยกแขนขึ้นเหนือศีรษะให้เต็มที่ (raises arm overhead to fullest elevation)	คำสั่ง "*ชูแขนขึ้นด้านบนที่เพดาน ให้สูงที่สุดเท่าที่ทำได้*"
11. หงายมือ และ คว่ำมือ (supinates and pronates forearm)	คำสั่ง "*งอศอก 90° แขนแนบลำตัวหงายมือขึ้นและคว่ำมือลง*" หมายเหตุ: หากผู้ป่วยทำได้ทิศทางเดียว ถือว่าสามารถเคลื่อนไหวได้เพียงบางส่วน (ให้คะแนน 1a หรือ 1b)
12. กำมือ (เริ่มจากท่าแบมือ) (closes hand from fully opened position)	คำสั่ง เริ่มจากท่าแบมือเต็มที่จากนั้น "*กำมือ ทำเป็นกำปั้น โดยให้นิ้วโป้งอยู่ด้านนอก*" หมายเหตุ: ผู้ป่วยต้องมีการกระดกข้อมือขึ้นเล็กน้อยจึงจะได้คะแนนเต็ม แม้ผู้ป่วยกำมือได้ แต่หากไม่มีกระดกข้อมือขึ้นร่วมด้วย ให้ถือว่าสามารถเคลื่อนไหวได้เพียงบางส่วน (ให้คะแนน 1a หรือ 1b)
13. แบมือออก (เริ่มจากท่า กำมือ) (opens hand from fully closed position)	คำสั่ง เริ่มจากท่ากำมือจากนั้น"*แบมือออกให้สุด*"
14. เอาปลายนิ้วโป้งและนิ้วชี้มาแตะกัน (opposes thumb to index finger or tip to tip)	คำสั่ง "*ทำวงกลม โดยเอาปลายนิ้วโป้งไปแตะกับปลายนิ้วชี้*"
15. งอข้อสะโพก ในท่านั่ง (flexes hip in sitting)	คำสั่ง "*ยกเข่าขึ้นให้สูงที่สุดเท่าที่สามารถทำได้*"
16. เหยียดข้อเข่า ในท่านั่ง (extends knee in sitting)	คำสั่ง "*เหยียดเข่าตรง ยกเท้าขึ้นให้อยู่แนวเดียวกับข้อเข่า*"
17. งอข้อเข่า ในท่านั่ง (flexes knee in sitting)	คำสั่ง "*เลื่อนเท้าไปทางด้านหลังให้ไกลที่สุดเท่าที่ทำได้*" หมายเหตุ: ท่าเริ่มต้นให้วางเท้าข้างอ่อนแรงไปด้านหน้าเล็กน้อย (ให้ส้นเท้าอยู่แนวเดียวกับนิ้วเท้าของขาอีกข้าง)
18. กระดกข้อเท้าขึ้น ในท่านั่ง (dorsiflexes ankle in sitting)	คำสั่ง "*วางส้นเท้าติดพื้นแล้วยกปลายเท้าขึ้นพันพื้นให้ได้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้*" หมายเหตุ: วางเท้าข้างอ่อนแรงไปข้างหน้าเล็กน้อย (ให้ส้นเท้าอยู่แนวเดียวกับนิ้วเท้าของขาอีกข้าง)

สมพร สังขรัตน์ และคณะ ความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมิน และระหว่างผู้ประเมินในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประจำปี พ.ศ. 2558

การประเมินในท่านั่ง (Sitting) เท้าวางราบกับพื้น มือวางบนหมอน หรือหน้าตักสำหรับการทดสอบข้อ 7-14 (continued)

หัวข้อ	วิธีการทดสอบ
19. กระดกข้อเท้าลง ในท่านั่ง (plantar flexes ankle in sitting)	คำสั่ง "*วางปลายเท้าติดพื้น แล้วยกส้นเท้าขึ้นจากพื้นให้ได้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้*"
20. เหยียดข้อเข่า และกระดกข้อเท้าขึ้น ในท่านั่ง (extends knee and dorsiflexes ankle in sitting)	คำสั่ง "*เหยียดเข่าให้ตรง และกระดกข้อเท้าขึ้น*" หมายเหตุ: หากผู้ป่วยเหยียดเข่าได้แต่ไม่สามารถกระดกข้อเท้าขึ้นให้ถือว่าสามารถเคลื่อนไหวได้เพียงบางส่วน (ให้คะแนน 1a หรือ 1b)
21. ลุกขึ้นยืน จากท่านั่ง (rises to standing from sitting)	คำสั่ง "*ลุกขึ้นยืนโดยพยายามลงน้ำหนักบนขาทั้งสองข้างให้เท่ากัน*" หมายเหตุ: หากผู้ป่วยใช้มือช่วยยัน ให้ถือว่าใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2) หากผู้ป่วยมีภาวะไม่สมดุล (asymmetry) เช่น ลำตัวเอียงสะโพกสองข้าง สูง-ต่ำ ไม่เท่ากัน (Trendelenburg position), สะโพกข้างหนึ่งอยู่ข้างหลัง (hip retraction) หรือมีการงอหรือเหยียดข้อเข่าข้างอ่อนแรงมากเกินไปถือว่าการเคลื่อนไหวเบี่ยงเบนจากปกติมาก (ให้คะแนน 1a หรือ 1c)

การประเมินในท่ายืน (Standing)

หัวข้อ	วิธีการทดสอบ
22. ยืนอยู่กับที่ จนกระทั่งนับถึง 20 (maintain standing for 20 counts)	คำสั่ง "*ยืนอยู่กับที่ จนกว่าจะนับถึง 20*"
สำหรับการทดสอบข้อ 23-25 สามารถจับ เกาะสิ่งที่มั่นคงเพื่อช่วยในการทรงตัว	
23. กางข้อสะโพกข้างอ่อนแรงออกโดยข้อเข่าเหยียด (abducts affected hip with knee extended)	คำสั่ง "*กางขาออกมาทางด้านข้างโดยให้เข่าเหยียดตรง และสะโพกสองข้างอยู่ระดับเดียวกัน*"
24. งอเข่าข้างอ่อนแรง โดยข้อสะโพกเหยียด (flexes affected knee with hip extended)	คำสั่ง "*งอเข่าขึ้นไปด้านหลัง ให้ส้นเท้าเคลื่อนไปหากัน โดยรักษาตำแหน่งสะโพกให้เหยียดตรง*"
25. กระดกข้อเท้าข้างอ่อนแรงพร้อมเหยียดเข่า (dorsiflexes affected ankle with knee extended)	คำสั่ง "*วางส้นเท้าติดพื้นแล้วยกปลายเท้าขึ้นพ้นพื้นให้ได้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้*" หมายเหตุ: วางเท้าข้างอ่อนแรงไปข้างหน้าเล็กน้อย เหมือนก้าวเท้าสั้นๆ (ให้ส้นเท้าอยู่แนวเดียวกับนิ้วเท้าของขาอีกข้าง)

การประเมินในท่ายืน (Standing)

หัวข้อ	วิธีการทดสอบ
26. วางเท้าข้างอ่อนแรงบนเสต็ป (places affected foot onto first step)	คำสั่ง "*ยกเท้าขึ้นไปวางบนบันไดขั้นแรก (หรือบนตั่ง ความสูง 18 เซนติเมตร) ที่อยู่ข้างหน้า*" หมายเหตุ: ไม่ให้คะแนนการยกขากลับมาวางบนพื้นหากผู้ป่วยจับราวบันไดถือเป็นใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2)

สมพร สังขรัตน์ และคณะ ความเชื่อมั่นภายในตัวผู้ประเมิน และระหว่างผู้ประเมินในการใช้แบบประเมิน Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ประจำปี พ.ศ. 2558

การประเมินในท่ายืน (Standing) (continued)

หัวข้อ	วิธีการทดสอบ
27. ก้าวเท้าไปด้านหลัง 3 ก้าว (takes 3 steps backwards)	คำสั่ง "*ก้าวเท้ายาวพอประมาณไปข้างหลัง 3 ก้าวโดยวางเท้าข้างหนึ่งให้อยู่ด้านหลังเท้าอีกข้างหนึ่ง*"
28. ก้าวเท้าไปด้านข้าง 3 ก้าว ทางด้านอ่อนแรง (takes 3 steps sideways to affected side)	คำสั่ง "*ก้าวเท้ายาวพอประมาณไปทางด้านข้าง 3 ก้าว โดยก้าวขาข้างอ่อนแรงก่อน*"
29. เดินเป็นระยะทาง 10 เมตร (walks 10 meters indoors)	คำสั่ง "*เดินไปที่เส้นบอกระยะทาง10 เมตร*" หมายเหตุ: หากผู้ป่วยใส่กายอุปกรณ์ (orthotic) ถือว่าใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2) หากใช้เวลามากกว่า 20 วินาที ถือว่าการเคลื่อนไหวเบี่ยงเบนจากปกติมาก (ให้คะแนน 1c)
30. เดินลงบันได 3 ขั้น โดยวางเท้าสลับกัน (walks down 3 stairs alternating feet)	คำสั่ง "*เดินลงบันได 3 ขั้น หากสามารถทำได้ให้วางเท้าเพียงเท้าเดียวบนบันไดแต่ละขั้น อีกเท้าวางบนขั้นถัดมา*" หมายเหตุ: หากผู้ป่วยจับราวบันได ถือว่าใช้เครื่องช่วย (ให้คะแนน 2) หากไม่สามารถก้าวสลับเท้าได้ ถือว่าการเคลื่อนไหวเบี่ยงเบนจากปกติมาก (ให้คะแนน 1a หรือ 1c)

แหล่งที่มา:

Daley K, Mayo N, Danys I, Cabot R, Wood-Dauphinee S: The Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM): Refining and validating the content. Physiother Can 1997, 49:269-278.

Daley K, Mayo N, Wood-Dauphinee S: Reliability of scores on the Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) measure. Phys Ther 1999, 79:8-19.

Patient's name..... Age .....

Diagnosis .....HN .....

Physiotherapist .....

Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM)

Movement / Activity	Total Score	Date	Date	Date	Note
Supine					
1. Protract scapula	2				
2. Extend elbow	2				
3. Flex hip and knee	2				
4. Roll onto side	3				
5. Bridging	3				
6. Supine to sitting	3				
Sitting					
7. Scapular elevation (shrug shoulders)	2				
8. Hand to top of head	2				
9. Hand on sacrum	2				
10. Raise arm overhead to full elevation	2				
11. Supination/pronation	2				
12. Close hand (make a fist)	2				
13. Open hand	2				
14. Thumb to index (tip to tip)	2				
15. Flex hip	2				
16. Extend knee	2				
17. Flex knee	2				
18. Ankle dorsiflex	2				
19. Ankle plantarflex	2				
20. Extend knee and dorsiflex ankle	2				
21. Rise to standing from sitting	3				
22. Maintain standing for 20 seconds	3				
Stand *(hold on stable support for balance for item 23-25)*					
23. Abduct affected hip/ knee extended	2				

24. Flex affected knee/ hip extended	2				
25. Dorsiflex affected ankle/ knee extended	2				
26. Place affected foot onto step (18 cm)	3				
Walk 27. Take 3 steps backwards	3				
28. Take 3 steps sideways to affected side	3				
29. Walk 10 m. indoors	3				
30. Walk down 3 stairs alternating feet	3				

Upper extremity

Item	Score
1	
2	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	

Lower extremity

Item	Score
3	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
23	
24	
25	

Basic mobility

Item	Score
4	
5	
6	
21	
22	
26	
27	
28	
29	
30	

Subscale total score

/ 20	/ 20	/ 30

STREAM total score **(max 100)**

/ 100	+	/ 100	+	/ 100	=	

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. The atlas of heart disease and stroke. Available from: http://www.who.int/cardiovascular_diseases/resources/ atlas/en.
2. Bureau of policy and strategy: Public health statistics 2007-2011. Ministry of Public Health, Thailand.
3. Task Force on Standards for Measurement in Physical Therapy. Standards for tests and measurements in physical therapy practice. Phys Ther 1991; 71: 589-622.
4. Sungkarat S. Neurorehabilitation of individuals with brain disorders: from theory to practice. Chiang Mai: Siamnana Printing; 2013.
5. Gor-Garcia-Fogeda MD, Molina-Rueda F, Cuesta-Gomez A, Carratala-Tejada M, Alguacil-Diego IM, Miangolarra-Page JC. Scales to assess gross motor function in stroke patients: A systematic review. Arch Phys Med Rehabil 2014; 95: 1174-83. doi: 10.1016/j.apmr.2014.02.013.
6. Daley K, Mayo N, Danys I, Cabot R, Wood-Dauphinee S. The Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM): Refining and validating the content. Physiother Can 1997; 49: 269-78.
7. Daley K, Mayo N, Wood-Dauphinee S. Reliability of scores on the Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) measure. Phys Ther 1999; 79: 8-23.
8. Wang CH, Hsieh CH, Dai MH, Chen CH, Lai YF. Inter-rater reliability of the Stroke Rehabilitation Assessment of Movement (STREAM) instrument. J Rehabil Med 2002; 34: 20-4.
9. Wolak ME, Fairbairn DJ, Paulsen YR. Guidelines for estimating repeatability. Methods Ecol Evol 2012; 3: 129-37.
10. World Health Organization. Process of translation and adaptation of instruments. Available from: http://www.who.int/substance_abuse/research_tools/translation/en/
11. Waltz CF, Strickland O, Lenz ER. Measurement in nursing and health research. 4th ed. New York: Springer Publishing Company; 2010.
12. Sanford J, Moreland J, Swanson LR, Stratford PW, Gowland C. Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. Phys Ther 1993; 73: 447-54.
13. Marinus J, Visser M, Stiggelbout AM, Martin J, Martinez-Martin P, Bonuccelli U, et al. A short scale for the assessment of motor impairments and disabilities in Parkinson's disease: the SPES/SCOPA. J Neurol Neurosurg Psychiatry 2004; 75: 388–95.
14. Domholdt E. Physical therapy research: principles and applications. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 2000.
15. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet 1986; 1: 307-10.
16. Hsueh IP, Wang WC, Wang CH, Sheu CF, Lo SK, Lin JH, et al. A simplified stroke rehabilitation assessment of movement instrument. Phys Ther 2006; 86: 936-43.
17. Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, Lynne D. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. Phys Ther 1985; 65: 175-80.
18. Fugl-Meyer AR, Jaasko L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1975; 7: 13-31.

19. Poole JL, Whitney SL. Motor assessment scale for stroke patients: concurrent validity and inter-rater reliability. Arch Phys Med Rehabil 1988; 69: 195-97.

20. Malouin F, Pichard L, Bonneau C, Durand A, Corriveau D. Evaluating motor recovery early after stroke: comparison of the Fugl-Meyer Assessment and the Motor Assessment Scale. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 1206-12.

ผลของการออกกำลังกายความหนักต่ำต่อสมรรถภาพทางกาย และคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพในผู้สูงอายุเพศหญิงก่อนภาวะเปราะบาง

Effects of low-intensity exercise on physical fitness and health-related quality of life in pre-frail elderly women

จตุพร เพิ่มทรัพย์ทวี[1*] นฤมล ลีลายุวัฒน์[2,3]

Jatuporn Phoemsapthawee[1*] Naruemon Leelayuwat[2,3]

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

[1]Department of Sports Science and Health, Faculty of Sports Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom Province, Thailand

[2]ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

[2]Department of Physiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

[3]กลุ่มวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์การออกกำลังกายและการกีฬา มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

[3]Exercise and Sport Sciences Development and Research Group, Khon Kaen University, Khon Kaen Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: fssjpw@ku.ac.th)

* Corresponding author (Email: fssjpw@ku.ac.th)

Received September 2016

Accepted as revised January 2017

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: ภาวะเปราะบางเป็นอาการเสื่อมตามวัยของผู้สูงอายุส่งผลให้ความสามารถในการทำหน้าที่เสื่อมถอยและเกิดภาวะพึ่งพา แม้ว่าการออกกำลังกายเป็นประจำจะมีประโยชน์ในการป้องกันหรือชะลอกระบวนเข้าสู่ภาวะเปราะบาง แต่ยังมีผลการศึกษาที่ไม่สอดคล้องกันเกี่ยวกับความหนักของการออกกำลังกาย โดยเฉพาะการออกกำลังกายความหนักต่ำสามารถช่วยให้สมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุดีขึ้นได้หรือไม่

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายความหนักต่ำต่อสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ความสามารถในการเคลื่อนไหวเชิงหน้าที่ และคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพในผู้สูงอายุเพศหญิงก่อนภาวะเปราะบาง

วัสดุและวิธีการ: กลุ่มอาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุเพศหญิงก่อนภาวะเปราะบาง อายุเฉลี่ย 77.2±7.1 ปี จำนวน 24 ราย ถูกสุ่มให้เข้าสู่ 2 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาออกกำลังกาย (อาสาสมัครได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบแกว่งแขนความหนักต่ำภายใต้การควบคุมเป็นเวลา 30 นาที/วัน 5 วัน/สัปดาห์) หรือ ช่วงเวลาควบคุม (อาสาสมัครทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ) เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ติดตามด้วยช่วงเวลาหยุดพักเป็นเวลา 12 สัปดาห์ หลังจากนั้นอาสาสมัครถูกไขว้เข้าสู่อีกช่วงเป็นเวลา 12 สัปดาห์ วัดอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด เวลาในการทดสอบ timed up and go (TUGT) ความเร็วในการเดินระยะทาง 4 เมตร (4-MWT) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนของอาสาสมัครทุกรายก่อนและหลังแต่ละช่วงเวลาการศึกษา และประเมินคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพโดยใช้แบบสอบถามคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ

ผลการศึกษา: พบว่าภายหลังการออกกำลังกายแบบแกว่งแขนความหนักต่ำเป็นเวลา 12 สัปดาห์ อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด (p<0.01) เวลาในการทดสอบ TUGT (p<0.01) และ 4-MWT (p<0.01) ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพชีวิตทั้งสุขภาพทางกายและสุขภาพทางจิต (p<0.01) ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในช่วงออกกำลังกายแบบแกว่งแขนเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาควบคุม

สรุปผลการศึกษา: การศึกษานี้เสนอแนะถึงประโยชน์ของการฝึกออกกำลังกายแบบแกว่งแขนความหนักต่ำต่อการเพิ่มสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ความสามารถในการเคลื่อนไหวเชิงหน้าที่ และคุณภาพชีวิตด้านสุขภาพในผู้สูงอายุเพศหญิงก่อนภาวะเปราะบาง การออกกำลังกายความหนักต่ำอาจจะส่งเสริมระดับสุขภาพที่เหมาะสมกับวัยในผู้สูงอายุ มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บต่ำและทำให้การออกกำลังกายมีความยั่งยืนต่อเนื่อง

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 87-99. Doi: 10.14456/jams.2017.8

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบแกว่งแขน อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด ความสามารถในการเคลื่อนไหวเชิงหน้าที่ คุณภาพชีวิต

Abstract

Background: Frailty is a geriatric syndrome resulting in functional decline and loss of independence. Regular exercise is beneficial to prevent or delay frailty process, However, research findings are inconsistent regarding exercise intensity, particularly on whether low-intensity exercise can improve the physical fitness of older adults.

Objectives: To determine the effects of low-intensity exercise training on aerobic capacity, functional mobility, and health-related quality of life (HRQL) in pre-frail elderly women.

Materials and methods: Twenty-four pre-frail elderly women (mean aged 77.2±7.1 years) were randomly allocated to either an exercise period (30 minutes/day of supervised low-intensity arm swing exercise (ASE), 5 days/week) or a control period (maintaining daily routine activities) for 12 weeks, followed by a 12-week washout period, then crossed over to another period for 12 weeks. Peak oxygen consumption ($\dot{V}O_2$ peak), timed up-and-go test (TUGT), 4-meter walk test (4-MWT), and handgrip strength were assessed to all participants before and after each study period. HRQL was also evaluated using the Short-Form 36 questionnaire.

Results: Results showed significant improvement in $\dot{V}O_2$ peak (p<0.01), TUGT (p<0.01), and 4-MWT (p<0.01) after 12-week of low-intensity ASE training. Moreover, physical component summary (p<0.01) and mental component summary (p<0.01) were improved in the ASE period compared to those control period.

Conclusion: It was suggest that low-intensity ASE is effective in improvingaerobic capacity, functional mobility, and HRQL for pre-frail elderly women. It may be a desired intensity level in promoting optimal health levels among the elderly with lower risk of injuries and long-term sustainability.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 87-99. Doi: 10.14456/jams.2017.8

Keywords: Arm swing exercise, peak oxygen consumption, functional mobility, quality of life

Introduction

Thailand is experiencing one of the most rapid rates of population aging in the developing world, with a higher prevalence in women.[1] Frailty is considered to be highly prevalent with increasing age resulting in a cumulative decline of physiological reserve capacity and physical functioning.[2] Frail individuals have a higher risk of dependency, increased health service requirements, and frailty has a negative influence on health-related quality of life (HRQL).[2-3] Declining in aerobic capacity with increasing age has been associated with functional decline and mobility, and also low physical activity.[4] Low physical activity has been shown to be an independent predictor of mortality and disability regarding all outcomes of frailty.[5] There is consensus in the literature regarding the role of exercise and physical activity in preventing or delaying frailty.[6-8] American College of Sports Medicine (ACSM) recommendations for elderly population suggests at least 150 minutes/week of moderate exercise or 60 minutes/ week of vigorous-intensity exercise.[9] ACSM guideline mainly focuses on healthy older adults; however, a substantial part of the elderly population suffers from multi-morbidity and disability, especially mobility problems and consequently, they may be unable to accomplish the recommended physical activity levels.[10]

Low-intensity exercise is useful to induce health benefits for frail, elderly adults and better exercise adherence as a relatively moderate- and high-intensity exercise.[11-12] Alternative lower-intensity exercise may be more appropriate for older adults. Arm swing exercise

(ASE) is a low-intensity exercise with approximately 23% of maximal oxygen consumption.[13] It is easy and convenient to perform without any special equipment or special clothing. ASE is also appropriate for different levels of mobility as it can be performed in either standing or sitting position.[13-14] Moreover, it is recommended by Thai Health Promotion Fundamental (Thai Health) as a physical activity promotion. Thai Health suggested to perform a 30 minutes of ASE per day (approximately 1000-2000 times/session).[15] As demonstrated in our previous report, ASE has a beneficial effect on the improvement of cognitive performance, oxidative stress, and aerobic capacity in older women with mild cognitive impairment (MCI).[16] In addition, previous studies demonstrated that ASE reduced oxidative stress,[13] inflammatory markers, and low-density lipoprotein cholesterol levels[14] while improved glycemic control[13] and pulmonary function[14] in patients with type 2 diabetes. Although there are evidences concerning the benefits of ASE in maintaining and improving physicalhealth[13-14] and cognition,[16] no recommendation concerning structure of exercise programs for pre-frail elders has been made to date. Moreover, effects of low-intensity ASE training on physical fitness and HRQL in pre-frail elderly women have not been studied. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of 12-week low-intensity ASE training on aerobic capacity, functional mobility and HRQL in pre-frail elderly women.

Materials and methods

Subjects

Twenty-four elderly women aged 65 to 87 years in Nakhon Pathom Province, Thailand were recruited. Subjects were screened for frailty and pre-frailty according to Fried's criteria,[2] with individuals considered to be pre-frail if they fulfilled 1 or 2 of the following 5 criteria:

1) Weight loss, defined as unintentional weight loss of 4.5 kg or more, weight loss of 5% or more in the last year, or body mass index (BMI) under 19 kg/m^2
2) Weakness, defined as poor muscle strength of under 17 kg
3) Self-reported exhaustion
4) Slowness, defined as slow walking speed of under 0.75 m/sec
5) Low physical activity, defined as self-reported outdoor walking of under 30 minutes/day

Exclusion criteria included significant cardiovascular and cerebrovascular disease, uncontrolled hypertension and diabetes, musculoskeletal impairment such as shoulder tendinitis and adhesive capsulitis, or presence of other medical condition with significant psychiatric or neurologic consequences. Use of statins, anti-hypertensives or diabetes medications was permitted. Diagram outlining the subject flow from initial contact through to study completion is provided in Figure 1. The study was approved by the Ethical Review Committee for Research in Human Subjects, Ministry of Public Health, Thailand (Ref. no 24/2556). Written and verbal informed consents were obtained from all subjects; verbal consent was witnessed and formally recorded. Sample size of this study was calculated using WINPEPI program according to previous report of Dechamps *et al* in that 24-week Tai Chi training could improve the timed up-and-go test (TUGT) in frail institutionalized elderly.[17] Decision was made to require 80% power with a significance level of 0.05. Accordingly, the proposed size was 24 subjects per group.

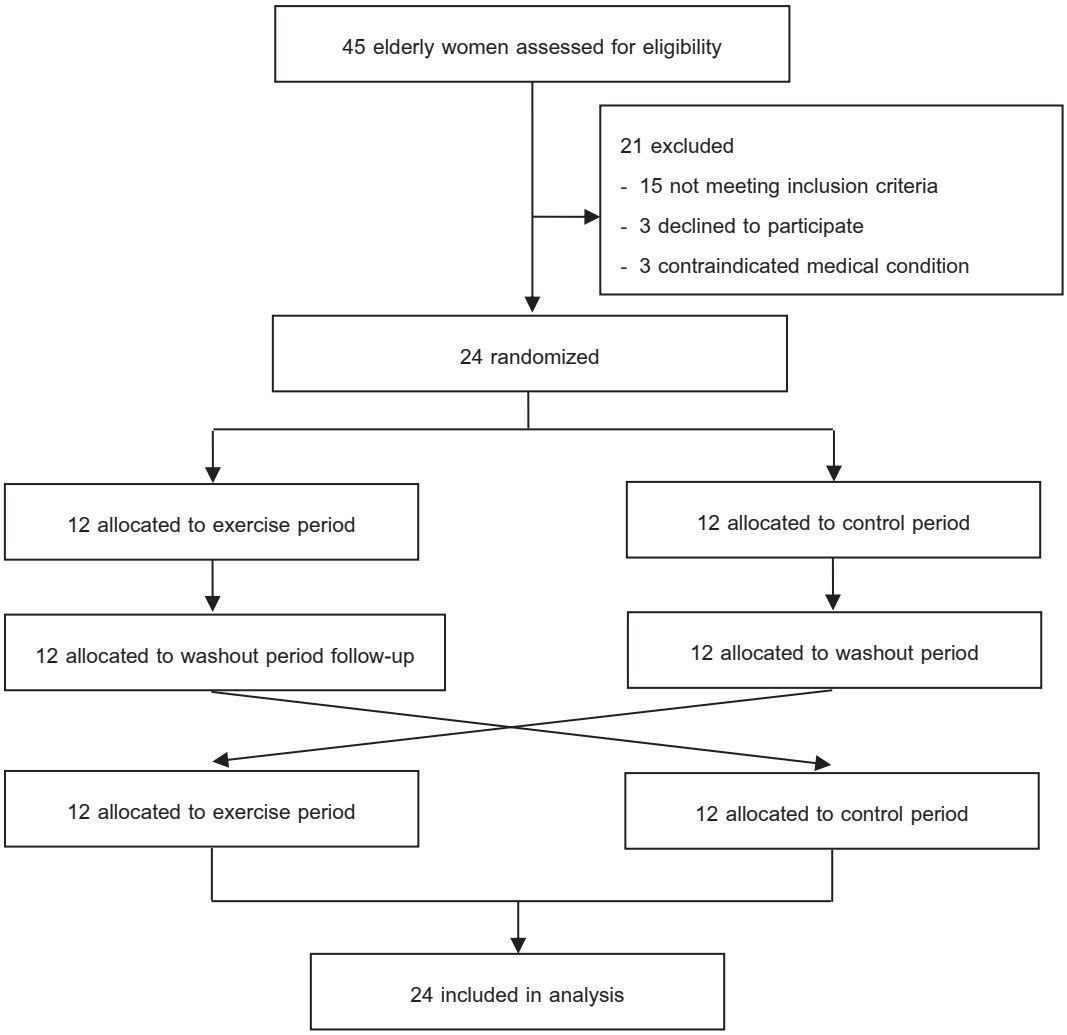


Figure 1. Subject flow diagram from initial contact through study completion.

Procedures

Study procedure

A randomized control trial with a crossover design was conducted with pre-frail elderly women. Twenty-four elderly women aged 65 to 87 years were recruited and randomly allocated to either an exercise or a control period for 12 weeks. After a 12-week washout period, they crossed over to the other period for a further 12 week. In addition, they were required to have a regular dietary pattern throughout study period. Demographic data were collected by researchers where medical data were obtained from medical records. Aerobic capacity was assessed using peak oxygen consumption ($\dot{V}O_2$ peak) test. Functional mobility and balance were assessed using TUGT and 4-meter walk test (4-MWT). Handgrip strength test was used to measure muscle strength. HRQL was evaluated using Short-Form 36 questionnaire (SF-36). All measurements were performed at the beginning and at the completion of each period.

Exercise intervention

Subjects were asked to perform supervised low-intensity ASE (approximately 23% of $\dot{V}O_2$ peak[13]) for 30 minutes/day, 5 days/week. A warm-up and a cool-down in each period involved 5 minutes of stretching exercise. The speed of swinging was 20 times/minute for the first three week, progressing to 25 times/minute during week 4 to week 5, and 30 times/minute beyond that. The exercise duration was 10-15 minutes for the first three week, increasing by 5 minutes every week until the duration reached 30 minutes. In the starting position of ASE, each subject stood or sat on a stool and relaxed mind and body. The

feet were firmly placed on the ground, at shoulder width apart. Subjects were asked to keep their trunks straight with their arms hanging naturally. Then, both arms were swung forward about 30° with a smooth and even force and then backward to about 60°. Before and after ASE, Borg rating of perceived exertion (RPE) scale was applied. An exercise trainer monitored adherence and adverse events. If subjects could not attend 90% of total exercise sessions, they were withdrawn from study.

Preliminary evaluation

Preliminary screening evaluations included a medical history, electrocardiogram (EEG), and cognitive function (data not shown). Blood pressure (BP) was measured with an oscillometric semiautomatic device (Visomat OZ, D2, International, Hestia, Germany). Body composition and mass was measured using a bioimpedance analysis device (InBody 720, Biospace, Korea). Height was measured using a spring-coil measuring tape, which was placed on a flat surface with backboard supported by a wall. Body mass index (BMI) was calculated as body mass divided by the squared value of height (kg/m^2).

Aerobic capacity measurement

Aerobic capacity was measured using an incremental arm exercise test at resting before and after each period. Subjects performed incremental arm exercise test on an arm crank ergometer (Ergoselect 400; ergoline GmbH, Bitz, Germany) while sitting in a chair. After a 2-minute rest measurement, test was started at 10 watts and work rate was increased every minute by 3 watts. Subjects were encouraged to sustain the test at 60-70 revolutions per minute until volitional exhaustion. Subjects then completed an unloaded recovery period of 3 minutes. Expired gas samples were collected on a breath-by-breath basis using an Oxycon Mobile portable metabolic system (Erich Jaeger, Viasys Healthcare, Germany). Oxygen consumption ($\dot{V}O_2$), carbon dioxide production ($\dot{V}CO_2$), and HR were recorded throughout the test. System was calibrated before each test using a 3-liter syringe and a known concentrations of gas (15.2% O_2, 5.02% CO_2 and 79.62% N_2). Continuous EEG and oxygen saturation monitoring were used throughout the exercise testing. In this study, we considered the highest attained oxygen consumption value. Heart rate recovery (HRR) was calculated as difference between peak exercise HR and post-exercise HR at the first minute (HRR1min) and the second minute (HRR2min).

Functional mobility assessment

Functional mobility and balance were assessed using 4-MWT and TUGT at resting before and after each period. For 4-MWT, subjects were instructed to walk for a straight 4-meter distance at a normal pace of ambulation. Where necessary, subjects were permitted to use walking aids. Outcome measure was the mean duration of 2 trials and converted to walking speed (m/sec).[18] For TUGT, subjects were instructed to stand up from a chair with armrests without using of their hands, walk for 3 meters, turn and return to sit down again without use of hands. Time required to finish the test was recorded. TUGT is a valid measure that correlates well with balance and can predict safe mobility-related activity during daily life in the elderly.[19]

Handgrip strength measurement

Handgrip strength is a valid measure to estimate the physical functional status and can be used as prediction of general health status in elderly.[20-21] Handgrip strength was measured using a digital handgrip dynamometer (Takei TKK 5401, Tokyo, Japan) at resting before and after each period. Subjects were asked to squeeze handgrip dynamometer with maximal effort. Both hands were measured three consecutive times. An average of three measurements was used as handgrip strength value.

Health-related quality of life evaluation

HRQL was evaluated using SF-36 (Thai version). Subjects were asked to complete the questionnaire at resting before and after each period. Previous study suggested validity and reliability of SF-36 in the assessment of health perception in a frail-elderly population.[22] SF-36 contains 36 items that measures eight domains, consisting of physical functioning, role limitation due to physical problems, bodily pain, general health, vitality, social functioning, role limitation due to emotional problems, and mental health.

Each domain was scored from 0 (lowest level of functioning) to 100 (highest level). Internal consistency of SF-36 (Thai version) was good, with Cronbach's alpha of 0.72-0.86 for all domains of the questionnaire.[23]

Statistical analysis

Data analyses were performed using SPSS statistical software. Measurement outcomes were expressed as mean±SD. Normal distribution of all data was investigated using Shapiro-Wilk test. Statistical comparisons of dependent variables were analyzed using a two-way ANOVA with repeated measures (subject factors of exercise and time). Bonferroni method was used to adjust the multiple comparisons. A P value of <0.05 was considered to be significantly different.

Results

All subjects were pre-frail elderly women with mean age of 77.2±7.1 years. Subjects presented mild-to-moderate cognitive impairment with a mean MMSE score of 18.5±4.0. They had high percent body fat (BF) (BF; 40.2±6.8%) and were classified as overweight (BMI; 24.5±1.0 kg/m^2) with abdominal obesity (W/H ratio; 1.02±0.03). Rates of hypertension, diabetes, dyslipidemia, and osteoarthritis were 54.2%, 41.2%, 33.3%, and 8.3%, respectively. Most of the subjects had graduated from primary school or lower (95.8%) (Table 1). In training period, subjects attended 95.6% of their supervised exercise sessions. Subjects met their prescribed duration and intensity levels at 95.6% and 89.2%, respectively. Less than 10% of subjects reported regular exercise outside the study. No accidents or medical complications related directly to the training were observed.

Table 1 Clinical and demographic characteristics of subjects in this study.

Variables	**Mean±SD**
Age (yrs)	77.2±7.1
Body mass (kg)	53.6±13.1
Height (cm)	159.0±5.4
BMI (kg/m^2)	24.5±1.0
Body fat (%)	40.2±6.8
Fat mass (kg)	23.0±7.5
SMM (kg)	16.9±1.9
W/H ratio	1.02±0.03
MMSE score	18.5±4.0
Level of education	
Unable to read and write	8.3%
Incomplete primary school	16.7%
Complete primary school	70.8%
High school or university	4.2%
Marital status	
Single	33.3%
Married	54.2%
Widowed	12.5%

Table 1 Clinical and demographic characteristics of subjects in this study. (continues)

Underlying diseases	
Hypertension	54.2%
Diabetes	41.2%
Dyslipidemia	33.3%
Heart disease	0.0%
Pulmonary disease	0.0%
Osteoarthritis	8.3%

Data are expressed as mean±SD or percent, n=24. BMI; body mass index, SMM; skeletal muscle mass, W/H; waist to hip circumference, MMSE; mini-mental state examination

After ASE period, $\dot{V}O_{2\ peak}$ ($p<0.01$), HRR1min ($p<0.05$), and HRR2min ($p<0.05$) were increased significantly with respect to baseline. In addition, resting HR ($p<0.01$), systolic blood pressure (SBP) ($p<0.01$), and mean arterial pressure (MAP) ($p<0.01$) were significantly decreased with respect to baseline. After the control period, there was no significant changes in these variables (Table 2). $\dot{V}O_{2\ peak}$ ($p<0.01$) in ASE period was significantly increased when compared with control period. Resting HR ($p<0.01$), SBP ($p<0.01$), and MAP ($p<0.01$) were significantly decreased in ASE period when compared with control period. However, diastolic blood pressure, HRmax, HRR1min and HRR2min, and RPE were not significantly different between periods (Table 2). The data presented in Table 2 have been published in our previous report.[16]

Table 2 Aerobic capacity of subjects in control and ASE periods.

	Control		**ASE**	
	Baseline	**Post-Test**	**Baseline**	**Post-Test**
HR rest (beats/min)	81.4±10.8	82.3±9.7	81.5±13.1	77.4±9.0$^{**\ \dagger}$
SBP rest (mmHg)	147.0±18.7	146.5±19.1	148.5±22.3	132.5±6.2$^{**\ \dagger}$
DBP rest (mmHg)	78.9±7.5	77.1±12.0	76.2±12.9	74.6±7.6
MAP rest (mmHg)	101.6±10.5	100.3±13.4	100.3±14.6	93.9±6.4$^{*\ \dagger}$
$\dot{V}O_{2\ peak}$(mL/kg/min)	11.1±1.4	10.9±1.7	11.1±1.5	12.2±1.9$^{**\ \dagger}$
HR peak (beats/min)	137.3±7.5	137.0±8.0	136.3±9.0	138.8±6.9
HRR1min (beats)	13.0±3.2	13.8±2.2	13.3±1.5	14.5±1.9*
HRR2min (beats)	27.7±3.1	27.6±3.1	27.0±2.7	28.6±3.3*
RPE	18.2±1.5	18.0±1.8	17.9±1.9	17.9±1.8

Data are expressed as mean±SD, n=24. ASE; arm swing exercise, HR; heart rate, SBP; systolic blood pressure, DBP; diastolic blood pressure; MAP; mean arterial pressure, $\dot{V}O_{2\ peak}$; peak oxygen consumption, HRR1min; heart rate recovery at the first minute, HRR2min; heart rate recovery at the second minute, RPE; rating of perceived exertion. Significant difference from baseline within period; *$p<0.05$, ** $p<0.01$; Significant difference between periods; † $p<0.01$.

TUGT and 4-MWT improved significantly (p<0.01) with respect to the baseline but they were unchanged in control period (Table 3). TUGT and 4-MWT were significantly improved (p<0.01) in ASE period when compared with control period. However, handgrip strength was not significantly different between periods (Table 3).

Table 3 Functional mobility and handgrip strength of subjects in control and ASE periods.

	Control		ASE	
	Baseline	**Post-Test**	**Baseline**	**Post-Test**
TUGT (sec)	16.9±3.1	17.0±3.1	17.2±3.5	14.5±3.5** †
4-MWT (m/sec)	0.77±0.16	0.77±0.16	0.77±0.17	0.84±0.15** †
Handgrip strength (kg)	18.6±2.0	19.8±2.5	18.8±2.8	20.1±2.3

Data are expressed as mean±SD, n=24. ASE; arm swing exercise, TUGT; timed up and go test; 4-MWT; 4-meter walk test. Significant difference from baseline within period; *p<0.05, ** p<0.01; Significant difference between periods; † p<0.01.

Physical and mental component summary improved significantly (p<0.01) with respect to baseline but it was unchanged in control period (Table 4). Significant improvements with respect to baseline were observed in all domain-specific measures of SF-36; physical functioning (p<0.01), role limitation due to physical problems (p<0.01), social functioning (p<0.01), and metal health (p<0.01) (Table 4). Physical and mental component summary were significantly improved (p<0.01) in ASE period when compared with control period. Significant improvements in domain-specific measures of SF-36 were observed only in physical functioning (p<0.01), role limitation due to physical problems (p<0.01), social functioning (p<0.01) and metal health (p<0.01) (Table 4).

Table 4 Health-related quality of life of subjects in control and ASE periods.

	Control		ASE	
	Baseline	**Post-Test**	**Baseline**	**Post-Test**
Physical health	47.0±3.5	47.0±3.4	47.1±3.4	51.1±3.2** †
Physical functioning	47.7±6.0	47.8±5.9	47.9±6.5	55.2±6.4** †
Role-physical	45.3±7.3	45.1±7.4	44.7±5.6	50.5±5.7** †
Bodily pain	48.8±4.5	48.6±4.4	48.8±4.8	50.0±4.7*
General health	45.6±3.9	46.0±4.5	46.4±3.6	47.8±3.2
Mental health	47.7±3.7	47.8±3.9	48.0±4.0	51.8±3.7** †
Social functioning	47.4±5.5	47.5±5.3	47.7±6.2	54.5±4.8** †
Vitality	44.4±5.6	44.8±5.7	44.7±5.6	45.2±4.9
Role-emotional	49.2±4.5	49.3±4.4	49.3±4.5	50.7±4.9*
Mental health	49.0±6.6	48.9±6.3	49.6±6.4	54.2±7.0** †

Data are expressed as mean±SD, n=24. ASE; arm swing exercise. Significant difference from baseline within period; *p<0.05, ** p<0.01; Significant difference between periods; † p<0.01.

Discussion

Results of this study suggested that 12-week of low-intensity ASE training improves aerobic capacity, functional mobility, and HRQL in pre-frail elderly women. These results provide additional information and support for the current public health recommendation for physical activity in elderly population. Currently, ACSM recommendations for elderly suggest at least 150 minutes/week of moderate exercise or 60 minutes/week of high-intensity exercise.[9] However, due to physiological deterioration and time constraints, many older adults may be unable to accomplish the recommended physical activity levels.[10] Our results suggested that a mean of 118 minutes of low-intensity ASE per week seems to be a feasible exercise program that can be performed by virtually all older adults. Moreover, this result showed a satisfactory level of exercise intervention attendance rate for low-intensity ASE training (>90%). It may be preferable when considering factors such as fall risk, safety, compliance, and effectiveness.

This is the first study demonstrated improved aerobic capacity after 12-week of low-intensity ASE training in pre-frail elderly women and indicates that this population sustains the ability to adapt to endurance training with significant increases in $\dot{V}O_2$ peak. Frailty-associated declining in $\dot{V}O_2$ peak might involve a decline in muscle mass and in cardiac output.[24-27] A low $\dot{V}O_2$ peak has also been associated with diminished ability to accomplish activities associated with daily living in older adults.[4,28] Low-intensity exercise, such as ASE program employed in this study, has potential to enhance $\dot{V}O_2$ peak in pre-frail elderly women without unfavorable effects. This is a probable outcome, given the mechanism of physiological changes as a result of exercising regularly. Regular exercise induces stress on the cardiovascular and muscular systems in order for physical adaptation to occur.[4,11-12,29] In addition, ASE can be performed in either standing or sitting position, making it accessible to all elders regardless of their balance abilities. Thus, it is also appropriate for elderly with a high risk of falling and limited mobility.

Our results showed significant improvement in TUGT and 4-MWT after 12-week of low-intensity ASE training in pre-frail elderly women. Similar benefits were also evidenced in Brown *et al*.[12] whose results revealed significant improvements in physical performance among older adults with mild frailty following low-intensity exercise. Previous studies also found that low-intensity exercise was more effective for the vulnerable elderly.[7-8,11-12,29] Low-intensity ASE training has a beneficial effect on reducing the perceived degree of effort and dyspnea of a given activity and improving mobility. Adaptive response of aerobic capacity could be expected to translate into improved functional mobility. Previous studies reported that aerobic capacity was associated with functional mobility in older adults with and without chronic diseases.[11-12,30-32] In addition, subjects in this study were classified as mild-to-moderate cognitive impairment with a mean MMSE score of 18.5±4.0. As reported in our previous study, the ASE improves cognitive domains related to motor learning and sensorimotor control[16], which may enhance functional mobility. Functional mobility seems to be associated with executive function in elderly subjects with MCI.[33] Based on our results, we suggest that low-intensity ASE training for pre-frail elderly women not only promotes better cardiorespiratory fitness, but also improves functional mobility in this elderly population.

In addition, results of this study showed the beneficial effect of low-intensity ASE training on HRQL in pre-frail elderly women. Subjective evaluation of HRQL using SF-36 provided good validity and reliability in assessment of health perception in older adults.[22-23] Low-intensity ASE training can be a protective factor for good physical and mental health among pre-frail elderly women. Subjects can increase their vigor and decrease fatigue and as a result improve physical functioning and role limitation due to physical problems after 12-week of low-intensity ASE training. In addition, low-intensity ASE training has the potential to enhance $\dot{V}O_{2\ peak}$ in pre-frail elderly women. The $\dot{V}O_{2\ peak}$ relates to abilities to perform functional activities and limitations in elders.[34-35] The improved cardiorespiratory fitness can lead to better performance in activities of daily living.[35] In training period, subjects had greater social contact than in control period. It is possible that the increased level of socialization enhanced their mental health. This is supported by the significant changes in specific-domain measures of SF-36 for social functioning and mental health.

Moreover, increases in sense of enjoyment and a perceived improvement in well-being were also reported by subjects after low-intensity ASE training. This study is consistent with previous study that has reported low-intensity exercise was an important factor underlying the high adherence rate in frail elderly people.[36] The exercise intensity in this study was low, which explained the high attendance rate in the training period. This is likely to have a positive effect on exercise continuation and adherence that contributes to improving the HRQL.

Although the low-intensity ASE training has a beneficial effect on improving physical fitness and HRQL in pre-frail elderly women, samples used in this study may not represent the elderly population. More research is needed to investigate the effects of ASE on the general population of community-living elderly people since cardiorespiratory fitness and functional ability may vary in different groups of elderly population.

Conclusion

The findings of this study suggest a beneficial effect of low-intensity ASE training on improving physical fitness in pre-frail elderly women. This training program improves physical fitness, which is related to HRQL in pre-frail elderly individuals. Moreover, our results showed a satisfactory level of exercise intervention attendance rate for low-intensity ASE training. It may be preferable when considering factors such as fall risk, safety, compliance, and effectiveness.

Acknowledgement

This study was supported by the Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI) and the Faculty of Sports Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand (2013).We would like to thank the Exercise and Sport Sciences Research and Development Group, KhonKaen University, KhonKaen, Thailand. Finally, we would like to thank the volunteers for their enthusiastic participation in this study.

References

1. World Health Organization. Global Health and Aging 2010 [cited 2015 January 22]. Available from: https://www.nia.nih.gov/research/publication/global-health-and-aging/preface.
2. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2001; 56(3): M146-56. doi: 10.1093/gerona/56.3.M146.
3. Vellas B, Cestac P, Moley JE. Implementing frailty into clinical practice: we cannot wait. J Nutr Health Aging 2012; 16(7): 599-600. doi: 10.1007/s12603-012-0096-y.
4. Bastone AC, Ferriolli E, Teixeira CP, Dias JM, Dias RC. Aerobic fitness and habitual physical activity in frail and nonfrail community-dwelling elderly. J Phys Act Health 2015; 12(9): 1304-11. doi: 10.1123/jpah.2014-0290.
5. Jackson AS, Sui X, Hebert JR, Church TS, Blair SN. Role of lifestyle and aging on the longitudinal change in cardiorespiratory fitness. Arch Intern Med. 2009; 169(19): 1781-7. doi: 10.1001/archinternmed.2009.312.
6. Walston J, Hadley EC, Ferrucci L, Guralnik JM, Newman AB, Studenski SA, et al. Research agenda for frailty in older adults: toward a better understanding of physiology and etiology: summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults. J Am Geriatr Soc 2006; 54(6): 991-1001. doi: 10.1111/j.1532-5415.2006.00745.
7. Casas-Herrero A, Izquierdo M. Physical exercise as an efficient intervention in frail elderly persons. An Sist Sanit Navar 2012; 35(1): 69-85.
8. Peterson MJ, Giuliani C, Morey MC, Pieper CF, Evenson KR, Mercer V, et al. Physical activity as a preventative factor for frailty: the health, aging, and body composition study. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2009; 64(1): 61-8.doi: 10.1093/gerona/gln001.
9. American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. Med Sci Sports Exerc 2009; 41(7): 1510-30. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c.
10. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. Med Sci Sports Exerc 2008; 40(1): 181-8.
11. Tse AC, Wong TW, Lee PH. Effect of Low-intensity Exercise on Physical and Cognitive Health in Older Adults: a Systematic Review. Sports Med Open 2015; 1(1): 37. doi: 10.1186/s40798-015-0034-8.
12. Brown M, Sinacore DR, Ehsani AA, Binder EF, Holloszy JO, Kohrt WM. Low-intensity exercise as a modifier of physical frailty in older adults. Arch Phys Med Rehabil 2000; 81(7): 960-5. doi: 10.1053/apmr.2000.4425.
13. Leelayuwat N, Tunkumnerdthai O, Donsom M, Punyaek N, Manimanakorn A, Kukongviriyapan U, et al. An alternative exercise and its beneficial effects on glycaemic control and oxidative stress in subjects with type 2 diabetes. Diabetes Res Clin Pract 2008; 82(2): e5-8. doi: 10.1016/j.diabres.2008.08.010.
14. Tunkamnerdthai O, Auvichayapat P, Donsom M, Leelayuwat N. Improvement of pulmonary function with arm swing exercise in patients with type 2 diabetes. J Phys Ther Sci 2015; 27(3): 649-54. doi: 10.1589/jpts.27.649.
15. Division of Physical Activity Health, Department of Health, Ministry of Public Health. A National Activity Survey. Bangkok: Thai Health Promotion Foundation 2013 [cited 2016October15]. Available from: http://en.thaihealth.or.th/RESOURCE_CENTER.html
16. Phoemsapthawee J, Ammawat W, Leelayuwat N. The benefits of arm swing exercise on cognitive performance in older women with mild cognitive impairment. JEP online 2016; 19(6): 123-36.

17. Deschamps A, Onifade C, Decamps A, Bourdel-Marchasson I. Health-related quality of life in frail institutionalized elderly: effects of a cognition-action intervention and Tai Chi. J Aging Phys Act 2009; 17(2): 236-48.

18. Miller DI, Taler V, Davidson PS, Messier C. Measuring the impact of exercise on cognitive aging: methodological issues. Neurobiol Aging 2012; 33: 629-43. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2011.02.020.

19. Podsiadlo D, Richardson S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc 1991; 39: 142-8. doi: 10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.

20. Shechtman O, Mann WC, Justiss MD, Tomita M. Grip strength in the frail elderly. Am J Phys Med Rehabil 2004; 83(11): 819-26.

21. Bohannon RW.Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. J Geriatr Phys Ther 2008; 31(1): 3-10.

22. Stadnyk K, Calder J, Rockwood K.Testing the measurement properties of the Short Form-36 Health Survey in a frail elderly population. J Clin Epidemiol 1998; 51(10): 827-35. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00061-4.

23. Leurmarnkul W, Meetam P. Properties Testing of the Retranslated SF-36 (Thai Version). Thai J Pharm Sci 2005; 29(1-2): 69-88.

24. Fleg JL, Lakatta EG. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO2 max. J Appl Physiol 1988; 65(3): 1147-51.

25. de Oliveira RJ, Bottaro M, Motta AM, Francisco P, Marcelo G, Tailce ML, et al. Association between sarcopenia-related phenotypes and aerobic capacity indexes of older women. J Sports Sci Med 2009; 8(3): 337-43.

26. Paterson DH, Cunningham DA, Koval JJ, St Croix CM. Aerobic fitness in a population of independently living men and women aged 55-86 years. Med Sci Sports Exerc 1999; 31(12): 1813-20.

27. Stathokostas L, Jacob-Johnson S, Petrella RJ, Paterson DH. Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. J ApplPhysiol 2004; 97(2): 781-9. doi: 10.1152/japplphysiol.00447.2003.

28. Binder EF, Birge SJ, Spina R, Ehsani AA, Brown M, Sinacore DR, et al. Peak aerobic power is an important component of physical performance in older women. J Gerontol A BiolSci Med Sci 1999; 54(7): M353-6. doi: 10.1093/gerona/54.7.M353.

29. Seynnes O, Fiatarone Singh MA, Hue O, Pras P, Legros P, Bernard PL. Physiological and functional responses to low-moderate versus high intensity progressive resistance training in frail elders. J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2004; 59: 503-9. doi: 10.1093/gerona/59.5.M503.

30. Chen CH, Chen YJ, Tu HP, Huang MH, Jhong JH, Lin KL. Benefits of exercise training and the correlation between aerobic capacity and functional outcomes and quality of life in elderly patients with coronary artery disease. Kaohsiung J Med Sci 2014; 30(10): 521-30. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.kjms.2014.08.004.

31. Chou CH, Hwang CL, Wu YT. Effect of exercise on physical function, daily living activities, and quality of life in the frail older adults: a meta-analysis. Arch Phys Med Rehabil 2012; 93: 237-44. doi: 10.1016/j.apmr.2011.08.042.

32. Gjellesvik TI, Brurok B, Hoff J, Torhaug T, Helgerud J. Effect of high aerobic intensity interval treadmill walking in people with chronic stroke: a pilot study with one year follow-up. Top Stroke Rehabil 2012; 19: 353-60. doi: 10.1310/tsr1904-353.

33. Onen F, Henry-Feugeas MC, Roy C, Baron G, Ravaud P. Mobility decline of unknown origin in mild cognitive impairment: an MRI-based clinical study of the pathogenesis. Brain Res 2008; 1222: 79-86. doi: 10.1016/j.brainres.2008.05.027.
34. Paterson DH, Warburton DE. Physical activity and functional limitations in older adults: a systematic review related to Canada's Physical Activity Guidelines. Int J Behav Nutr Phys Act 2010; 7: 38. doi: 10.1186/1479-5868-7-38.
35. Cress ME, Meyer M. Maximal voluntary and functional performance levels needed for independence in adults aged 65 to 97 years. Phys Ther 2003; 83(1): 37-48.
36. Chin A, Paw MJ, van Poppel MN, Twisk JW, van Mechelen W. Once a week not enough, twice a week not feasible? A randomised controlled exercise trial in long-term care facilities [ISRCTN87177281]. Patient Educ Couns 2006; 63(1-2): 205-14. doi: 10.1016/j.pec.2005.10.008.

ผลทันทีของการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกาย ด้วยลูกเทนนิสต่อความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน

The immediate effects of foot self-massage in combination with exercise using tennis balls on balance performance in community-dwelling older adults

พนิดา หาญพิทักษ์พงศ์* สมฤทัย พุ่มสลุด
Panida Hanphitakphong* Somruthai Poomsalood

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

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: panida.up@gmail.com)
* Corresponding author (Email: panida.up@gmail.com)

Received September 2016
Accepted as revised January 2017

Abstract

Objectives: To determine immediate effects of foot self-massage in combination with exercise using tennis balls on balance performance in community-dwelling older adults

Materials and methods: This study was a quasi-experimental before/after study without a control group. Thirty healthy elderly adults both male and female (average age: 69.23±7.00 years, BMI: 23.05±3.82 kg/m^2) were participated. Participants performed foot self-massage combined with tennis ball exercise for 10 positions under researcher's supervision. Timed up and go test (TUG) and functional reach test (FRT) were used to assess functional balance before and after foot massage and exercise. Participants also provided satisfaction survey on the equipment and foot massage with exercise program after post-test. Data was analyzed by Wilcoxon signed-rank test and dependent t-test to compare differences between pre- and post-test of TUG and FRT respectively. An alpha level of $p<0.05$ was used to test statistical significance.

Results: The results presented that TUG significantly decreased at the end of the study (pre-test: 11.06±2.72 s, post-test: 9.92±2.65 s, $p=0.000$). FRT also showed a significant increase between pre- and the post-test (pre-test:26.58±6.66 cm, post-test:32.28±6.4 cm,$p=0.000$). Survey score was 4.53±0.63 out of 5 which classified as very satisfied.

Conclusion: Findings from this study demonstrated that foot self-massage combined with tennis ball exercise may improve functional balance and also build comfort for foot in elderly.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 100-113. Doi: 10.14456/jams.2017.9

Keywords: Elderly, balance, foot self-massage, exercise, tennis balls

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลทันทีของการนวดเท้าร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสต่อความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน

วัสดุและวิธีการ: เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลองประเมินผลก่อนและหลัง และไม่มีกลุ่มควบคุม อาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุสุขภาพดี เพศชายและหญิง จำนวน 30 ราย (อายุเฉลี่ย 69.23±7.00 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 23.05±3.82 กก/ม^2) ทดลองโดยให้อาสาสมัครนวดเท้าร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสจำนวน 10 ท่า ภายใต้การควบคุมของคณะผู้วิจัย ประเมินการทรงตัวด้วยการทดสอบความสมดุลร่างกายด้วยการเดิน (timed up and go test; TUG) และวิธีเอื้อมมือ (function reach test; FRT) ก่อนและหลังการทดลองเสร็จสิ้นทันที อาสาสมัครทำแบบประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์และวิธีการนวดเท้าร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสภายหลังเสร็จสิ้นการประเมินหลังการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Wilcoxon signed-rank test และ dependent t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ TUG และ FRT ตามลำดับ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการศึกษา: ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ TUG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ก่อน 11.06±2.72 วินาทีหลัง 9.92±2.65 วินาที ลดลง 1.14±1.12 วินาที $p=0.000$) และค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ FRT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ก่อน 26.58±6.66 ซม. หลัง 32.28±6.4 ซม. $p=0.000$) ค่าคะแนนเฉลี่ยความพึงพอใจมีค่าเท่ากับ 4.53±0.63 คะแนน จากคะแนนเต็ม 5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมากที่สุด

สรุปผลการศึกษา: ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสอาจมีส่วนช่วยพัฒนาการทรงตัวและสร้างความรู้สึกสบายที่เท้าของผู้สูงอายุได้

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 100-113. Doi: 10.14456/jams.2017.9

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ การทรงตัว การนวดเท้าด้วยตนเอง การออกกำลังกาย ลูกเทนนิส

บทนำ

ด้วยเทคโนโลยีทางการแพทย์และการรักษาพยาบาลที่เจริญก้าวหน้าในปัจจุบันส่งผลให้มนุษย์มีอายุยืนยาวมากขึ้น[1] สัดส่วนประชากรผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นทั่วโลก[2] สิ่งสำคัญประการหนึ่งที่ตามมาเมื่ออายุเพิ่มขึ้นคือ ความเสื่อมของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการควบคุมการทรงตัว[3] ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันของระบบประสาทรับความรู้สึก ระบบประสาทสั่งการ ระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ[4] และระบบประสาทขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้และความเข้าใจ[5] ทำให้ผู้สูงอายุมีความบกพร่องในการควบคุมการทรงตัว เสี่ยงต่อการหกล้มและอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต[6] การพัฒนาความสามารถด้านการทรงตัวในผู้สูงอายุมีส่วนสำคัญในการชะลอความเสื่อมถอยของการทรงตัวและป้องกันความเสี่ยงต่อการหกล้มซึ่งเป็นปัญหาสำคัญและพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ[7-8] การหกล้มถือเป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะทุพพลภาพหรือการเสียชีวิตในผู้สูงอายุ[2, 9]

การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการฝึกฝนต่างๆ เช่น ไทชิ[5,10-11] การฝึกการทรงตัวโดยใช้เครื่องที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์[12] มินิ แทรมโพลีน[13] การฝึกบน foam platform[14] การฝึกสมดุลการทรงท่าของร่างกายในท่าทางต่างๆ[15-17] ส่งผลช่วยพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ นอกจากนี้การทำหัตถบำบัด เช่น การนวดร่วมกับการขยับข้อต่อที่เท้าและข้อเท้า[18] และการนวดฝ่าเท้า[19] พบว่าช่วยพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุได้ทันที ปัจจุบันการนวดเท้าโดยใช้อุปกรณ์ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น มีรายงานการศึกษาพบว่าการเหยียบกะลามะพร้าวสามารถกระตุ้นการไหลเวียนโลหิตบริเวณเท้าเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อน่อง[20] พัฒนาการทรงตัว[21] บรรเทาความเมื่อยล้าและ

ช่วยสร้างความผ่อนคลาย[22] และการเหยียบกะลามะพร้าวมีผลช่วยลดอาการชาที่เท้าในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ได้[23]

เมื่อเร็วๆ นี้ มีการนำลูกเทนนิสมาใช้เป็นอุปกรณ์การนวดเพื่อบรรเทาอาการปวดบริเวณที่มีจุดกดเจ็บและเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ ได้รับความนิยมแพร่หลายในต่างประเทศ Grieve และคณะ[24] ศึกษานำร่องพบว่าการนวดคลายปมพังผืดที่ฝ่าเท้าด้วยตนเองโดยใช้ลูกเทนนิสเป็นเวลา 2 นาที จำนวน 1 ครั้งในท่านั่งเก้าอี้ สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณหลังส่วนล่างและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้ทันที โดยประเมินจากการทดสอบนั่งงอตัวและเหยียดแขนไปด้านหน้า (sit and reach test) ผู้วิจัยอธิบายว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงบวกที่พบอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความหยุ่นหนืด (viscoelastic) และทิโซทรอปิก (thixotropic) ของเยื่อหุ้ม (fascia) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อรวมถึงการไหลเวียนโลหิตจากการเสียดสีของเนื้อเยื่อบริเวณฝ่าเท้ากับลูกเทนนิส และการเปลี่ยนแปลงความยาวของ muscle spindle หรือ stretch perception

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการนวดฝ่าเท้าด้วยมือ[18-19] และการนวดเท้าด้วยกะลามะพร้าว[21] ที่พบว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานประสานสัมพันธ์ระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อ ทำให้ความสามารถในการรับความรู้สึกบริเวณเท้าเพิ่มขึ้น การตอบสนองเร็วขึ้นและการทรงตัวดีขึ้น ร่วมกับผลการศึกษาการนวดคลายปมพังผืดที่ฝ่าเท้าด้วยตนเองโดยใช้ลูกเทนนิสที่พบว่าสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณหลังส่วนล่างและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้ทันที[24] คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำลูกเทนนิสมาประยุกต์ใช้แทนกะลามะพร้าวในการนวดฝ่าเท้าและการนวดด้วยมือเพื่อพัฒนาการทรงตัวในผู้สูงอายุ เนื่องจากพิจารณาเห็นข้อจำกัดบางประการของการเหยียบกะลามะพร้าว ได้แก่ ความแข็งของผิวกะลาที่อาจส่งผลทำให้รู้สึกไม่สบายที่ฝ่าเท้าขณะเหยียบ การแตกร้าวของกะลาอาจทำให้ผู้เหยียบเกิดบาดแผลที่เท้า และประการสำคัญคือพื้นผิวภายนอกของกะลาอาจมีความลื่นจนทำให้ผู้เหยียบหกล้มและบาดเจ็บ ด้วยคุณสมบัติที่ดีของลูกเทนนิสคือมีความแข็งแรงและยืดหยุ่น ทนทาน พื้นผิวสัมผัสนุ่มและมีลักษณะโค้งมนที่รองรับฝ่าเท้าได้ดี จึงเป็นไปได้ว่าการนำลูกเทนนิสมาประยุกต์ใช้แทนกะลามะพร้าวในการนวดฝ่าเท้าเพื่อพัฒนาการทรงตัวน่าจะมีความเหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อผู้สูงอายุอีกทางหนึ่ง ที่ผ่านมายังไม่พบรายงานการศึกษาผลของการนวดเท้าด้วยลูกเทนนิสต่อความสามารถในการทรงตัว นอกจากนี้การนวดเท้าด้วยกะลามะพร้าวต่อการทรงตัว มีเพียงรายงานการยืนนวดเท้าบนกะลามะพร้าวเพียงอย่างเดียว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาความสมดุลในการทรงท่าของร่างกาย (balance training)[15-17] โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถในการตอบสนองของระบบประสาทโดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับรู้ของข้อต่อและการฝึกการทำงานของกล้ามเนื้อมาบูรณาการร่วมด้วย เพื่อให้ผู้สูงอายุได้รับการพัฒนาความสามารถในการทรงตัวอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลทันทีของการนวดเท้าร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสต่อความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุ ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการทรงตัว เพื่อลดความเสี่ยงต่อการหกล้มในผู้สูงอายุและส่งเสริมให้ผู้สูงอายุพึ่งพาตนเองในการดูแลสุขภาพต่อไป

วัสดุและวิธีการศึกษา

1. รูปแบบการศึกษาและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) โดยไม่มีกลุ่มควบคุม ประเมินผลก่อนและหลัง (pre-test and post-test design) อาสาสมัครเป็นผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดีทั้งเพศชายและหญิงจำนวน 30 ราย จำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากการศึกษาของ Vaillant และคณะ[18] ด้วยโปรแกรม G*Power 3.1.9 อ้างอิงตัวแปรระยะเวลาจากการทดสอบสมดุลร่างกายด้วยการเดิน (timed up and go test) โดยคำนวณขนาดอิทธิพล (effect size)ได้เท่ากับ 0.35 และกำหนดระดับความเชื่อมั่น (alpha level) เท่ากับ 0.05 ใช้อำนาจการทดสอบ (power) เท่ากับ 0.80 พบว่าต้องการอาสาสมัครทั้งหมด 30 ราย

เกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่

1) ผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชน มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป
2) สามารถเดินได้เองอย่างอิสระโดยไม่ใช้อุปกรณ์เครื่องช่วยเดินใดๆ
3) สื่อสารเข้าใจและสามารถปฏิบัติตามคำสั่งได้อย่างถูกต้อง
4) ไม่มีประสบการณ์การนวดเท้าหรือการเหยียบกะลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อการทรงตัวเป็นเวลาอย่างน้อย 6 เดือนก่อนเข้าร่วมการศึกษา
5) มีค่าระยะทางจากการทดสอบสมดุลร่างกายด้วยวิธีการเอื้อมมือ (functional reach test) มากกว่าหรือเท่ากับ 15 ซม.[25]
6) ใช้เวลาจากการทดสอบสมดุลร่างกายด้วยการเดิน (time up and go test) น้อยกว่า 20 วินาที[25]

ส่วนเกณฑ์การคัดออก ได้แก่

1) การรับรู้ความรู้สึกที่เท้า การรับรู้ตำแหน่งและการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างบกพร่องหรือผิดปกติ
2) มีแผลเปิดหรือโรคติดต่อทางผิวหนังบริเวณรยางค์ส่วนล่างโดยเฉพาะบริเวณเท้า
3) มีโรคประจำตัวที่ไม่ได้ควบคุมหรือเป็นอุปสรรคต่อการศึกษา เช่น เบาหวาน โรคของอวัยวะการทรงตัวในหูชั้นใน โรคพาร์กินสัน โรคสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์ และโรคทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ เช่น ข้ออักเสบรูมาตอยด์ เป็นต้น

การศึกษานี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา วันที่ 1 เมษายน 2558 เลขที่รับรอง 5802010005

2. ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ผู้วิจัยประชาสัมพันธ์เชิญชวนอาสาสมัครจากชุมชนแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา อาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การศึกษาได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ ขั้นตอนการศึกษา ลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษาและบันทึกข้อมูลทั่วไป อาสาสมัครทุกคนได้รับการประเมินความสามารถในการทรงตัวโดยใช้การทดสอบ TUG และ FRT ตามลำดับ ขณะก่อน (pre-test) และหลัง (post-test) การนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสจากอุปกรณ์ที่ผู้วิจัยร่วมกันออกแบบและสร้างขึ้น (Figure 1)

2.1 วิธีการนวดเท้าด้วยตนเองและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิส

อาสาสมัครทุกรายได้รับการสอนวิธีการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิส จำนวน 10 ท่า พักระหว่างท่า 20 วินาที รวมใช้เวลา 30 นาที อาสาสมัครฝึกการเคลื่อนไหวแต่ละท่าจนสามารถปฏิบัติได้ถูกต้องครบถ้วนและทำได้ต่อเนื่องตั้งแต่ท่าแรกจนถึงท่าสุดท้ายโดยยืนบนอุปกรณ์ (Figure 1) ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้แจ้งแก่อาสาสมัครล่วงหน้าตั้งแต่ก่อนเริ่มการศึกษา ขณะทดลองอาสาสมัครปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลของผู้วิจัย (under supervision of researcher)

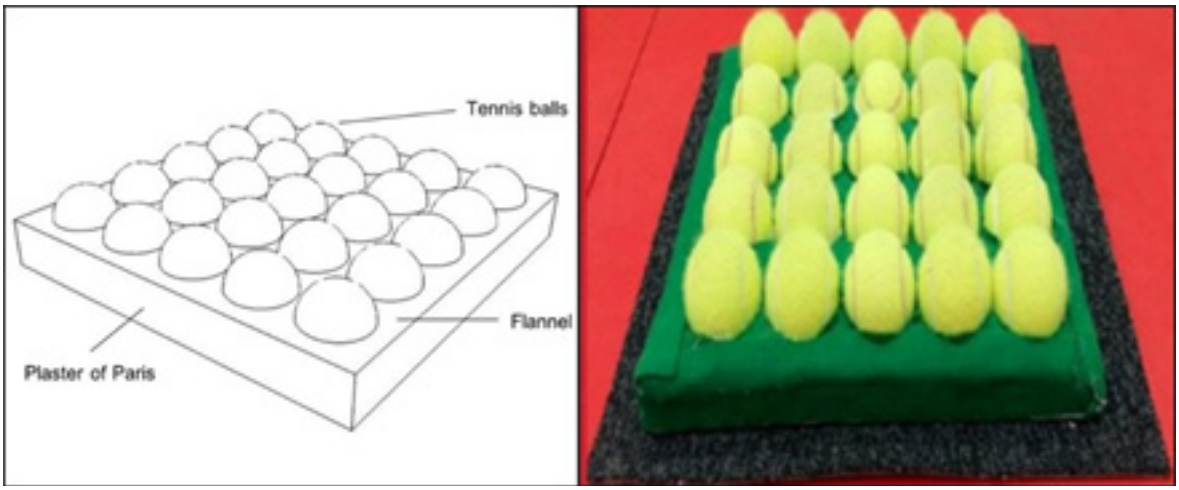


Figure 1 *Equipment for foot self-massage combined with exercise.*

Figure 2 *Foot massage: sit on a chair (Position 1).*

Figure 3 *Marching: slow speed (Position 3).*

Figure 4 *Stand on tiptoe (Position 4).*

Figure 5 *Foot massage: stand on a smooth surface (Position 10)*

2.2 รายละเอียดการนวดเท้าและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสท่าที่ 1-10

ท่าที่ 1 ท่านั่งนวดฝ่าเท้า (foot massage – sit on a chair): อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิงตัวตรง หน้ามองตรง วางมือทั้งสองข้างบนหน้าขา เท้าทั้งสองข้างวางราบบนพื้น แยกเท้าออกจากกันเล็กน้อย ข้อสะโพกและข้อเท้างอทำมุม 90 องศา ใช้เท้าขวานวดบนลูกเทนนิสแถวแรก (แถวที่ใกล้ที่สุด) เริ่มที่ลูกริมขวามือสุด ออกแรงกด โดยเริ่มจากเท้าส่วนหน้า (forefoot) เท้าส่วนกลาง (midfoot) และเท้าส่วนหลัง (hindfoot) จังหวะละ 2 ครั้ง แล้วนวดในทิศทางวนกลับจาก hindfoot, midfoot และ forefoot

ตามลำดับ ถือเป็น 1 รอบ จากนั้นเปลี่ยนเป็นใช้เท้าซ้ายนวดบนลูกเทนนิสแถวแรกลูกริมซ้ายมือสุดทำเช่นเดียวกับเท้าขวาทำซ้ำข้างละ 2 รอบ (Figure 2)

ท่าที่ 2 ท่าลุกจากนั่งไปยืน (sit to stand)[16-17]: อาสาสมัครนั่งบนเก้าอี้ที่มีพนักพิง ประสานมือทั้ง 2 ข้างไว้ด้วยแล้วเหยียดแขนตรงพร้อมออกแรงโน้มตัวไปด้านหน้าเพื่อลุกขึ้นยืนตัวตรง ยืนตรงค้างไว้ 5 วินาที แล้วค่อยๆ ย่อตัวกลับลงสู่ท่านั่งเก้าอี้ ทำซ้ำ 10 รอบ

ท่าที่ 3 ท่ายืนย่ำเท้าแกว่งแขน-จังหวะช้า (marching-slow speed)[15]: อาสาสมัครยืนบนลูกเทนนิส มือทั้ง 2 ข้างปล่อยข้างลำตัว กางขาออกเล็กน้อย ยืนย่ำเท้าอยู่กับที่สลับเท้าขวา-ซ้าย โดยแกว่งแขนสลับพร้อมกันตามจังหวะความเร็วที่ผู้วิจัยให้เสียงสัญญาณ ขวา-ซ้ายนับเป็น 1 ครั้ง ทำ 10 ครั้ง ถือเป็น 1 รอบ โดยทำซ้ำ 2 รอบ (Figure 3)

ท่าที่ 4 ท่ายืนเขย่งปลายเท้า (stand on tiptoe)[15]: อาสาสมัครยืนบนลูกเทนนิส มือทั้ง 2 ข้างจับที่เอว กางขาออกเล็กน้อย เขย่งปลายเท้าทั้ง 2 ข้างพร้อมกันให้สูงที่สุด โดยค้างไว้ 5 วินาที แล้วกลับสู่ท่ายืนเท้าราบบนลูกเทนนิส เขย่งปลายเท้า-วางเท้าลงนับเป็น 1 ครั้ง ทำ 10 ครั้ง ถือเป็น 1 รอบ โดยทำซ้ำ 2 รอบ (Figure 4)

ท่าที่ 5 ท่ายืนขาเดียว (single leg stand)[15]: อาสาสมัครยืนบนลูกเทนนิส มือทั้ง 2 ข้างปล่อยข้างลำตัวมือทั้ง 2 ข้างจับที่เอว ยืนทรงตัวด้วยขาขวาเพียงข้างเดียว ค้างไว้ 5 วินาที จากนั้นกลับสู่ท่ายืนเท้าราบบนลูกเทนนิส แล้วเปลี่ยนเป็นยืนทรงด้วยขาซ้ายเพียงข้างเดียว ค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 รอบ

ท่าที่ 6 ท่าก้าวขึ้น-ลง (step up and down)[16]: อาสาสมัครยืนบนเสื่อโยคะมือทั้ง 2 ข้างปล่อยข้างลำตัว ก้าวเท้าขึ้นลงสลับขาขวา-ซ้าย จำนวน 10 รอบ (ให้ส้นเท้าอยู่ในแนวเดียวกับลูกเทนนิสแถวที่ใกล้ที่สุด) จากนั้นก้าวเท้าขึ้นลงสลับขาขวา-ซ้าย จำนวน 10 รอบ (ให้ปลายเท้าอยู่ในแนวเดียวกับลูกเทนนิสแถวที่ไกลที่สุด) ทำซ้ำ 2 รอบ

ท่าที่ 7 ท่ายืนย่อ (squat)[17]: อาสาสมัครยืนบนลูกเทนนิส แล้วค่อยๆ ย่อเข่าทั้ง 2 ข้างลงพร้อมกันให้ได้มุมงอเข่าประมาณ 120 องศา โดยยกแขนทั้ง 2 ข้างเหยียดตรงไปด้านหน้าให้ขนานกับพื้นในลักษณะคว่ำฝ่ามือ ย่อเข่าค้างไว้ 5 วินาที แล้วค่อยๆ เหยียดเข่าขึ้นกลับสู่ท่ายืนตรง มือทั้ง 2 ข้างปล่อยข้างลำตัว ทำซ้ำ 5 รอบ

ท่าที่ 8 ท่ายืนย่ำเท้าแกว่งแขน-จังหวะเร็ว (marching-high speed)[15]: เหมือนท่าที่ 3 คืออาสาสมัครยืนย่ำเท้าอยู่กับที่สลับเท้าขวา-ซ้าย โดยแกว่งแขนสลับพร้อมกัน แต่ให้เพิ่มความเร็วตามจังหวะที่คณะผู้วิจัยให้เสียงสัญญาณ

ท่าที่ 9 ท่ายืนนวดฝ่าเท้าบนลูกเทนนิส (foot massage - stand on a rough surface): อาสาสมัครยืนตรงบนลูกเทนนิสบริเวณตรงกลางอุปกรณ์ มือทั้ง 2 ข้างปล่อยข้างลำตัวนวดบริเวณ forefoot ของเท้าขวาบนลูกเทนนิสแถวที่ไกลที่สุดทางด้านหน้าเริ่มที่ลูกริมขวามือสุด จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นขยับมานวดบนลูกเทนนิสลูกถัดมาทางซ้ายมือ จำนวน 2 ครั้ง ทำเช่นนี้จนครบลูกเทนนิสทั้งแถว (5 ลูก) และทำย้อนกลับไปสู่ลูกเทนนิสลูกแรกที่อยู่ริมขวามือสุดและเปลี่ยนเป็นการนวดบริเวณ forefoot ของเท้าซ้าย midfoot ของเท้าขวา midfoot ของเท้าซ้าย hindfoot ของเท้าขวาและ hindfoot ของเท้าซ้ายด้วยวิธีการเดียวกัน ตามลำดับ

ท่าที่ 10 ท่ายืนนวดฝ่าเท้าบนพื้นผิวเรียบ (foot massage - stand on a smooth surface): เหมือนท่าที่ 1 แต่เปลี่ยนจากท่าเริ่มต้นในท่านั่งเป็นท่ายืนตรงบนเสื่อโยคะ (Figure 5)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

อาสาสมัครได้รับการประเมินความสามารถการทรงตัว 2 วิธี ได้แก่ การทดสอบ TUG และ FRT ตามลำดับ โดยเว้นระยะพักระหว่าง 2 การทดสอบเป็นเวลา 2 นาที

3.1.1 การทดสอบความสมดุลร่างกายด้วยการเดิน (Timed up and go test; TUG)[25-26]

อาสาสมัครนั่งเก้าอี้ที่มีพนักพิงและที่นั่งสูงจากพื้นประมาณ 46 ซม. เริ่มทดสอบด้วยการออกคำสั่ง “เดิน” จากนั้นอาสาสมัคร

ลุกขึ้นจากเก้าอี้ โดยพยายามไม่ใช้มือช่วยพยุงแล้วเดินตรงไปด้านหน้าเป็นระยะทาง 3 เมตร เมื่อถึงกรวยจราจรให้เดินวนกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิมอีกครั้ง ผู้ทำการทดสอบออกคำสั่งให้อาสาสมัครเดินด้วยความเร็วมากที่สุดที่สามารถทำได้แต่ปลอดภัยและคอยเดินตามประกบด้านข้างในขณะที่อาสาสมัครเดินเพื่อป้องกันอันตรายจากการหกล้มโดยไม่รบกวนจังหวะการเดินของอาสาสมัคร จับเวลาที่ใช้ตั้งแต่เริ่มลุกจากเก้าอี้ (ออกคำสั่ง “เดิน”) จนกระทั่งอาสาสมัครกลับมานั่งที่เก้าอี้ตัวเดิมอีกครั้ง อ่านค่าหน่วยเวลาเป็นนาทีและวินาที อาสาสมัครได้ทดลองฝึกปฏิบัติ 1 ครั้ง โดยไม่จับเวลา จากนั้นทดสอบจริง 1 ครั้ง บันทึกเวลาที่ใช้เดินเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1.2 การทดสอบความสมดุลร่างกายด้วยวิธีเอื้อมมือ (Function reach test; FRT)[25, 27]

ผู้ทำการทดสอบติดสายวัดบนผนังที่ระดับสูงจากพื้น 1.5 เมตร หรือเหมาะสมกับความสูงของอาสาสมัครแต่ละราย โดยพิจารณาให้สายวัดอยู่ในแนวเดียวกับระดับไหล่ของอาสาสมัคร ให้อาสาสมัครยืน ณ จุดที่กำหนดซึ่งเป็นจุดเริ่มต้น (0) ของสายวัดและหันด้านขวาหรือด้านถนัดเข้าหาผนังโดยเว้นระยะห่างเล็กน้อยเพื่อป้องกันการสัมผัสกับผนัง จากนั้นให้อาสาสมัครยกแขนด้านขวาขึ้นมาทางด้านหน้าลำตัวขนานกับแนวพื้นราบ ศอกเหยียดตรง ความสูงระดับไหล่หรือจัดให้ข้อไหล่งอประมาณ 90 องศาและเริ่มการทดสอบด้วยคำสั่ง “พยายามเอื้อมมือไปด้านหน้าให้ได้ไกลมากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้โดยไม่ล้ม” ในขณะทดสอบพิจารณาให้แขนของอาสาสมัครอยู่ในแนวขนานกับสายวัดโดยไม่สัมผัสกับผนัง ผู้ทำการทดสอบคอยระวังการล้มที่อาจเกิดขึ้นพร้อมตรวจสอบว่ามีการหมุนลำตัวหรือการก้าวเท้าออกจากตำแหน่งที่กำหนดหรือไม่ วัดระยะทางที่อาสาสมัครเอื้อมไปได้ไกลจากสายวัดที่ติดไว้ที่ผนัง อ้างอิงจุดบริเวณปลายนิ้วกลาง อ่านค่าหน่วยเป็นเซนติเมตร ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 30 วินาที บันทึกระยะทางการเอื้อมที่ได้โดยพิจารณาค่าที่ดีที่สุดเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3 ประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์และวิธีการนวดเท้าและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิส

ภายหลังเสร็จสิ้นการประเมินความสามารถในการทรงตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง (post-test) อาสาสมัครทำแบบประเมินความพึงพอใจต่ออุปกรณ์และวิธีการนวดเท้าและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสเป็นลำดับสุดท้ายโดยมีคำถาม 7 ข้อ ได้แก่

1) ความรู้สึกสบายที่บริเวณฝ่าเท้าขณะใช้งาน
2) ภาพลักษณ์ของอุปกรณ์
3) ความแข็งแรงทนทาน / ปลอดภัยของอุปกรณ์ขณะใช้งาน
4) ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้อุปกรณ์ต่อการพัฒนาการทรงตัวในขณะยืนและเดิน
5) ความง่ายและสะดวกในการใช้งาน
6) ความรู้สึกได้รับแรงกด / การกระตุ้นที่ฝ่าเท้าขณะการใช้งาน
7) ความพึงพอใจโดยรวม

ทั้งนี้ มีเกณฑ์การให้คะแนนตั้งแต่ 1-5 โดยคะแนน 1 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด คะแนน 2 หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย คะแนน 3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง คะแนน 4 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก และคะแนน 5 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด สำหรับเกณฑ์การแปลผลคะแนนมีดังต่อไปนี้คือ คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด[22]

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้สอนวิธีการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสและผู้ประเมินความสามารถในการทรงตัวไม่ใช่บุคคลเดียวกัน ผู้ประเมินได้รับการฝึกฝนและทดสอบความน่าเชื่อถือของการประเมินความสามารถในการทรงตัวโดยใช้การทดสอบ TUGและ FRT ในอาสาสมัครจำนวน 15 ราย พบว่ามีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ดีมาก กล่าวคือ intraclass Correlation Coefficients (ICC 3,1) เท่ากับ 0.880 และ 0.857 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) อธิบายลักษณะทั่วไปของอาสาสมัครและความพึงพอใจต่ออุปกรณ์และวิธีการนวดเท้าด้วยตนเองและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสทดสอบการกระจายของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test พบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเดินจากการทดสอบ TUG มีการกระจายข้อมูลไม่ปกติ จึงทดสอบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังนวดเท้าด้วยตนเองและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสด้วยสถิติ Wilcoxon signed-rank Test และพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะทางในการเอื้อมมือจากการทดสอบ FRT มีการกระจายข้อมูลปกติ จึงทดสอบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังนวดเท้าด้วยตนเองและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสด้วยสถิติ dependent student's t-test วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีอาสาสมัครจำนวน 30 ราย ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครแสดงใน Table 1 เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสจำนวน 10 ท่า พบว่าเวลาที่ใช้ในการเดินจากการทดสอบ TUG ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง (pre-test 11.06±2.72 sec., post-test 9.92±2.65 sec. $p<0.05$) และพบว่าระยะทางในการเอื้อมมือจากการทดสอบ FRT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง (pre-test 26.58±6.66 cm, post-test 32.28±6.40 cm, $p<0.05$) (Table 2) นอกจากนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่ออุปกรณ์และวิธีการนวดเท้าและออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสมีค่าเท่ากับ 4.50±0.63 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจระดับมากที่สุด (Table 3)

Table 1 Demographic characteristic of participants (Mean±SD).

Data	Mean±SD
Gender, women: men	7 : 23
Age (year)	69.23±7.00
Weight (kg)	54.44±11.67
Height (cm)	152.72±8.49
Body mass index (kg/m^2)	23.05±3.82

Table 2 Balance performance variables between pre- and post-test of participants (N=30).

Variables	Mean±SD			*p*-value
	Pre-test	Post-test	Difference	
TUG (sec)	11.06±2.72	9.92±2.65	-1.14±1.12	0.001*
FRT (cm)	26.58±6.66	32.28±6.40	5.70±4.17	0.001**

Note: **Pre- and post-test significantly different at p<0.05 by Wilcoxon signed-rank test*

***Pre- and post-test significantly different at p<0.05 by dependent student's t-test*

Table 3 Mean and standard deviation (Mean±SD) of satisfaction level to the equipment and foot self-massage with tennis ball exercise after intervention (N=30).

Topic	Score Mean±SD	Satisfaction level
1. Image of the equipment	4.60±0.50	Very satisfied
2. Simplicity and ease of use	4.47±0.68	Satisfied
3. Durability/ Safety of the equipment	4.57±0.68	Very satisfied
4. Feeling of the pressure/stimulation in the foot	4.43±0.73	Satisfied
5. Feeling of relaxation in the foot	4.63±0.56*	Very satisfied
6. Benefits from the exercise program on balance development during standing and walking	4.50±0.63	Very satisfied
Total mean score	4.53±0.63	Very satisfied
7. Overall satisfaction	4.63±0.67	Very satisfied

Note: **The highest mean score of satisfaction level.*

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า การนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสจำนวน 10 ท่าใช้เวลา 30 นาที ในผู้สูงอายุสุขภาพดีมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ใช้ในการเดินจากการทดสอบ TUG ลดลง 1.14 วินาที ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ค่าเฉลี่ยของระยะทางในการเอื้อมมือจากการทดสอบ FRT เพิ่มขึ้น 5.70 เซนติเมตร ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Vaillant และคณะ[18] ที่ศึกษาการนวดฝ่าเท้าและการเคลื่อนไหวข้อต่อที่เท้าและข้อเท้าจำนวน 1 รอบ เป็นเวลา 20 นาที พบว่าช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุได้ทันที โดยค่าเฉลี่ย TUG ลดลง 0.92 วินาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของพลอยไพลิน[16] ที่ศึกษาการนวดเท้า 30 นาที พบว่ามีผลเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้สูงอายุได้ทันทีเช่นกัน โดยค่าเฉลี่ย TUG ลดลง 0.22 วินาทีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับค่าจากการทดสอบ FRT มีทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสอดคล้องกับการศึกษาของพลอยไพลินที่มีค่าเฉลี่ยของ FRT เพิ่มขึ้น 0.41 ซม. อย่างไรก็ตาม ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับสภาวะหลอก[19] เมื่อพิจารณาการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ FRT มากกว่าการศึกษาของพลอยไพลิน ทั้งนี้อาจเนื่องจากความแตกต่างหลายปัจจัย ได้แก่ 1) study design โดยการศึกษาก่อนหน้าเป็น crossover design แต่การศึกษาครั้งนี้เป็น pre-test and post-test design 2) อายุเฉลี่ยของอาสาสมัคร การศึกษาก่อนหน้าอาสาสมัครมีอายุเฉลี่ย 66.66 ปี แต่การศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครมีอายุเฉลี่ย

69.23 ปี 3) ค่า base line ของตัวแปรที่ศึกษาการศึกษาก่อนหน้าอาสาสมัครมีค่าเฉลี่ย FRT เท่ากับ 30.07±9.14 ซม. แต่การศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครมีค่าเฉลี่ย FRT เท่ากับ 26.58±6.66 ซม. 4) การพิจารณาค่า FRT ในการวิเคราะห์ข้อมูล การศึกษาก่อนหน้าใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 3 ครั้ง แต่การศึกษาครั้งนี้เลือกค่าที่ดีที่สุดจากการทดสอบ 3 ครั้ง และ 5) รูปแบบของ intervention การศึกษาก่อนหน้าทำหัตถบำบัดเพียงอย่างเดียว แต่การศึกษาครั้งนี้มีการผสมผสานการนวดเท้าร่วมกับการออกกำลังกายที่มุ่งเน้นการฝึกสมดุลในการทรงท่าของร่างกาย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่ศึกษาแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่า baseline ของตัวแปรที่ศึกษาในการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าเฉลี่ย TUG เท่ากับ 11.06±7.72 วินาทีแสดงถึงอาสาสมัครมีสมดุลในการทรงท่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับการก้าวเดินและการทรงท่าเล็กน้อยถึงปานกลาง และภายหลังการทดลองพบค่าเฉลี่ย TUG ลดลงเป็น 9.92±2.65 วินาที แสดงว่าอาสาสมัครมีการก้าวเดินและมีสมดุลในการทรงท่าอยู่ในระดับที่มีความปลอดภัยสำหรับการเคลื่อนไหวร่างกายในชีวิตประจำวัน[25] การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความสามารถการทรงตัวของอาสาสมัครมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นสำหรับค่า baseline ของ FRT มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.58±6.66 ซม. แสดงถึงอาสาสมัครมีความสามารถในการควบคุมสมดุลของร่างกายได้ดีและมีความเสี่ยงในการหกล้มน้อย[25] และภายหลังการทดลองค่าเฉลี่ย FRT เพิ่มขึ้นเป็น 32.28±6.40 ซม. แสดงว่าอาสาสมัครมีความสามารถในการควบคุมสมดุลของร่างกายได้ดีเพิ่มมากขึ้น มีความเสี่ยงในการหกล้มน้อยลงมากยิ่งขึ้น คล้ายคลึงกับการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร TUG จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร FRT บ่งชี้ถึงการพัฒนาเพิ่มขึ้นของความสามารถการทรงตัวของอาสาสมัครเช่นกัน

จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่าผู้สูงอายุมักมีปัญหาความบกพร่องในการควบคุมการทรงตัวและมีความเสี่ยงต่อการหกล้ม ในขณะเดียวกันมีรายงานว่าการนวดร่วมกับการขยับข้อต่อที่เท้าและข้อเท้า[18] การนวดเท้าด้วยมือ[19] และการออกกำลังกายโดยเน้นฝึกการทรงตัวมีผลช่วยพัฒนาความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุได้[15-17] โดยการนวดร่วมกับการขยับข้อต่อที่เท้าและข้อเท้าและการนวดเท้าด้วยมือมีผลทันทีในการพัฒนาความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุนอกจากนี้ การนวดเท้าด้วยกะลามะพร้าว 10 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ นาน 8 สัปดาห์ สามารถพัฒนาการทรงตัวในคนวัยหนุ่มสาวได้[21] และในต่างประเทศมีการศึกษานวดคลายปมพังผืดที่ฝ่าเท้าด้วยตนเองโดยใช้ลูกเทนนิส พบว่าสามารถช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณหลังส่วนล่างและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้ทันที[24] ดังนั้นค่า TUG และ FRT ที่ดีขึ้นในการศึกษานี้ผู้วิจัยคาดว่าอาจเป็นผลมาจากการนวดเท้าด้วยตนเองด้วยลูกเทนนิสมากที่สุด เพราะสอดคล้องกับการศึกษาการนวดร่วมกับการขยับข้อต่อที่เท้าและข้อเท้าและการนวดเท้าด้วยมือซึ่งมีผลทันทีต่อการพัฒนาความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุ และสอดคล้องกับการศึกษาการนวดคลายปมพังผืดที่ฝ่าเท้าด้วยตนเองโดยใช้ลูกเทนนิสซึ่งเพิ่มความยืดหยุ่นบริเวณหลังส่วนล่างและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้ทันที แต่การออกกำลังกายโดยเน้นฝึกการทรงตัวมีผลช่วยพัฒนาความสามารถการทรงตัวในผู้สูงอายุได้นั้นต้องอาศัยช่วงเวลาการฝึกฝน

ในการศึกษาครั้งนี้อาสาสมัครนวดเท้าด้วยตนเองบนลูกเทนนิสจำนวน 3 ท่า คือท่านั่งนวดฝ่าเท้า (ท่าที่ 1) ท่ายืนนวดฝ่าเท้าบนลูกเทนนิส (ท่าที่ 9) และท่ายืนนวดฝ่าเท้าบนพื้นผิวเรียบ (ท่าที่ 10) โดยอาสาสมัครทำการนวดซ้ำๆ และออกแรงกดฝ่าเท้าลงบนลูกเทนนิสอย่างเป็นจังหวะทั่วบริเวณฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้างในท่านั่ง (ท่าที่ 1) และท่ายืน (ท่าที่ 9 และ 10) จึงอาจช่วยเพิ่มความสามารถในการรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (proprioceptive joint sense) จากการกระตุ้นการรับรู้ของหน่วยรับความรู้สึก (receptor activation) หน่วยรับความรู้สึกจากข้อต่อ (joint mechanoreceptors) และส่งผลดีต่อ stepping reactions ประสิทธิภาพของข้อมูลความรู้สึกทางกาย (somatosensory information) มีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการควบคุมการทรงท่า (postural control)[18-19, 21] อีกทั้งผลของการนวดอาจช่วยทำให้หลอดเลือดบริเวณฝ่าเท้าขยายตัว เพิ่มการไหลเวียนโลหิตและส่งผลทำให้การทำงานของระบบกายสัมผัส (somatosensory system) มีประสิทธิภาพมากขึ้น[19] เมื่อพิจารณาท่ายืนนวดฝ่าเท้าบนลูกเทนนิส (ท่าที่ 9) และท่ายืนนวดฝ่าเท้าบนพื้นผิวเรียบ (ท่าที่ 10) จะเห็นว่าอาสาสมัครนวดเท้าในท่ายืนซึ่งต้องมีการถ่ายน้ำหนักตัวในทิศทางด้านหน้าและหลังร่วมด้วยและข้อเท้าของอาสาสมัครอยู่ในลักษณะกระดกปลายเท้าขึ้น (ankle dorsiflexion) ขณะออกแรงกดเท้าลงบนลูกเทนนิสโดยใช้น้ำหนักตัวของอาสาสมัครอย่างซ้ำๆ ต่อเนื่องเป็นจังหวะ จึงอาจช่วยส่งเสริมการรับรู้ข้อมูลความรู้สึกทางกายร่วมกับการกระตุ้นต่อปฏิกิริยาการควบคุมท่าทางอัตโนมัติในขณะยืนที่บริเวณข้อเท้า และอาจมีผลช่วยเพิ่มความสามารถในการตอบสนองของระบบประสาทและระบบประสาทกล้ามเนื้อในการควบคุมสมดุลจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย ซึ่งอาจส่งผลทำให้การทรงตัวพัฒนาดีขึ้น[19, 21, 23]

นอกจากผลของการนวดเท้าด้วยลูกเทนนิสแล้ว การลดลงของค่า TUG และการเพิ่มขึ้นของค่า FRT ในการศึกษาครั้งนี้อาจเกิดจากการออกกำลังกายที่เน้นฝึกการทรงตัวร่วมด้วย อธิบายได้ว่าค่าเฉลี่ย TUG ที่ลดลงทันทีภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองแสดงถึงอาสาสมัครสามารถควบคุมสมดุลในการ

ทรงท่าจากทักษะพื้นฐานในการเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น ได้แก่ การนั่ง การลุกขึ้นยืนจากเก้าอี้ การเดิน การหมุนตัว การหยุดและการนั่งลงบนเก้าอี้ ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะท่าทางของท่าออกกำลังกายที่มีการถ่ายน้ำหนักตัวในทิศทางต่างๆ และมีการเคลื่อนของจุดรวมมวลในท่านั่งนวดฝ่าเท้า (ท่าที่ 1) ท่าก้าวขึ้น-ลง (ท่าที่ 6) การถ่ายน้ำหนักจากขาข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่งในท่ายืนย่ำเท้าแกว่งแขน-จังหวะช้า (ท่าที่ 3) และท่ายืนย่ำเท้าแกว่งแขน-จังหวะเร็ว (ท่าที่ 8) การยืนบนขาข้างเดียวซึ่งเป็นการลดขนาดฐานรองรับและฝึกควบคุมสมดุลด้วยข้อเท้าในท่ายืนขาเดียว (ท่าที่ 5) การฝึกการทำงานของกล้ามเนื้อโดยให้น้ำหนักตัวและฝึกควบคุมสมดุลด้วยข้อเท้าในท่ายืนเขย่งปลายเท้า (ท่าที่ 4) และฝึกควบคุมสมดุลด้วยข้อเข่าและข้อสะโพกในท่ายืนย่อ (ท่าที่ 7) นอกจากนี้ ลักษณะการออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้เป็นการเคลื่อนไหวร่างกายที่มีแบบแผนโดยทำซ้ำๆ เป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง เริ่มจากท่าง่ายไปสู่ท่าที่มีความซับซ้อนมากขึ้น บนพื้นผิวเรียบที่มีความอ่อนนุ่มเล็กน้อยและพื้นผิวที่ไม่เรียบคือมีลักษณะโค้งมนจากรูปทรงของลูกเทนนิส อีกทั้งพื้นผิวต่างระดับที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 8 ซม. การเคลื่อนไหวลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลให้การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (joint proprioception) มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น โดยอาจกระตุ้นต่อปฏิกิริยาการควบคุมท่าทางอัตโนมัติในขณะยืนทั้งที่ข้อเท้า สะโพกและการก้าวเท้าไปข้างหน้าจึงมีผลช่วยเพิ่มความสามารถในการตอบสนองของระบบประสาทและระบบประสาทกล้ามเนื้อในการควบคุมสมดุลจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายจึงส่งผลทำให้อาสาสมัครมีความสามารถในการทรงตัวดีขึ้น[5, 15-17, 25]

การเพิ่มขึ้นของค่าเฉลี่ย FRT แสดงถึงอาสาสมัครสามารถควบคุมสมดุลของร่างกายได้ดีขึ้นโดยสามารถถ่ายน้ำหนักไปด้านหน้าและควบคุมการเปลี่ยนแปลงศูนย์ถ่วงของร่างกายได้ดีขึ้น ซึ่งการที่อาสาสมัครมีค่า FRT เพิ่มขึ้นทันทีภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองอาจเนื่องจากลักษณะท่าทางของการออกกำลังกายที่มีการถ่ายน้ำหนักตัวไปทางด้านหน้าในท่านั่งนวดฝ่าเท้า (ท่าที่ 1) และท่าก้าวขึ้น-ลง (ท่าที่ 6) อีกทั้งมีการฝึกการทำงานของกล้ามเนื้อโดยให้น้ำหนักตัวและฝึกควบคุมสมดุลด้วยข้อเท้าในท่ายืนเขย่งปลายเท้า (ท่าที่ 4) โดยปฏิบัติซ้ำๆ เป็นจังหวะบนลูกเทนนิสจึงอาจส่งผลทำให้การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (joint proprioception) มีความแม่นยำมากขึ้น รวมถึงมีการกระตุ้นต่อปฏิกิริยาการควบคุมท่าทางอัตโนมัติในขณะยืนที่ข้อเท้าทำให้การตอบสนองของระบบประสาทรวมทั้งระบบประสาทกล้ามเนื้อในการควบคุมสมดุลจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายมีประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้การทรงตัวดีขึ้นเช่นกัน[5,15-16,25] อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดของวิธีวิจัยซึ่งวัดก่อนและหลังจึงอาจส่งผลทำให้ผู้ถูกวัดมีความคุ้นเคยกับการวัดมากขึ้นก็เป็นได้เนื่องจากไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ

ผลประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัคร พบว่าความพึงพอใจต่อความรู้สึกสบายที่บริเวณฝ่าเท้ามีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 4.63±0.56 คะแนน จึงอาจเป็นไปได้ว่าการนวดเท้าด้วยลูกเทนนิสในการศึกษาครั้งนี้ ให้ผลของ mechanical effects, psychological effects และ physiological effects เช่นเดียวกับการนวดเท้า (foot massage) ด้วยมือ[28] จึงอาจมีผลช่วยสร้างความผ่อนคลายแก่อาสาสมัครได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ประเมินตัวแปรที่สะท้อนถึงผลดังที่กล่าวมา ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรประเมินตัวแปรในประเด็นดังกล่าวร่วมด้วย เช่น องศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (joint mobility) ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ (muscle tension) ความดันโลหิต (blood pressure) และอัตราการเต้นของหัวใจ (heart rate) เป็นต้น

ข้อจำกัดในการศึกษาและข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

การศึกษาครั้งนี้เป็นรายงานแรกที่นำเสนอผลของการนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสต่อความสามารถการทรงตัว แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมาที่กล่าวถึงการนวดด้วยมือหรือการนวดเท้าด้วยกะลามะพร้าวเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ผลดีที่ได้จากการศึกษานี้อาจเป็นผลจากการเรียนรู้ในการทดสอบซ้ำ ดังนั้น การศึกษาต่อไปจึงควรมีอาสาสมัครกลุ่มควบคุมหรือมีการสุ่มไขว้ นอกจากนี้ การศึกษาผลทันทีอาจเห็นผลที่ไม่ชัดเจนจึงควรมีการติดตามผลการศึกษาในระยะยาวรวมถึงมีการทดสอบค่าตัวแปรอื่นๆ เพิ่มเติม

สรุปผลการศึกษา

การนวดเท้าด้วยตนเองร่วมกับออกกำลังกายด้วยลูกเทนนิสอาจมีผลช่วยพัฒนาความสามารถด้านการทรงตัวและสร้างความรู้สึกสบายที่เท้าของผู้สูงอายุสุขภาพดีที่อาศัยอยู่ในชุมชนได้ จึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการส่งเสริมการทรงตัวในผู้สูงอายุเพื่อลดความเสี่ยงในการหกล้มซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญและพบได้บ่อยในผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านพระครูอาทรพัฒนพิศาล เจ้าอาวาสวัดแม่กาห้วยเคียน จังหวัดพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการเก็บข้อมูล ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้และขอขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้การสนับสนุนการสร้างอุปกรณ์ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Branch JS, Simonsick EM, Kritchevsky S, Yaffe K, Newman AB. The associated between physical function and lifestyle activity and exercise in the health, aging and body composition study. J Am Geriatr Soc 2004; 52: 502-9.
2. Jitapunkul S, Bunnag S, Ebrahim S. Health care for elderly people in developing countries: a case study of Thailand. Age Ageing 1993; 22: 377-81.
3. Era P, Heikkinen E, Guuse-Nilsson I, Schroll M. Postural balance in elderly people: change over a five-year follow-up and its predictive value for survival. Aging Clin Exp Res 2002; 14: 37-46.
4. Mazzeo RS, Cavanagh P, Evans WJ, Fiatarone M, Hagberg J, MaAuley E. Position stand exercise and physical activity for older adults. Med Sci Sports Exerc 1998; 30: 992-1008. doi: 10.1097/00005768-199806000-00033
5. Saenphan S, Sungkarat S, Boripuntakul S, Watcharasaksilp K. Effects of home-based Tai Chi training on balance in older adults with mild cognitive impairment. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2016; 4(1): 124-33 (in Thai).
6. Patla AE, Frank JS, Winter DA, Rietdyk S, Prentice S, Prasad S. Age-related changes in balance control system: initiation of stepping. Clin Biomech 1992; 8: 179-84.doi: 10.1016/0268-0033(93)90012-7.
7. Boonyarat S, Nualnetr N, Eungpinichpong W. Emasithi A. Effects of a physical therapy program based on client-centered approach on functional balance in the elderly. JMTPT 2009; 21(1): 57-73 (in Thai).
8. Nualnetr N, Sriruang J, Boonmat R, Chaiyamoon A, Boonyarat S. Assessment of risk of falling in community-dwelling elderly by using the Thai fall risk assessment tool and the berg balance scale. JMTPT 2010; 22(2): 179-87 (in Thai).
9. Thiamwong L. Fall prevention for community-dwelling older adults. GMM 2004; 5(2): 42-7.
10. Tousignant M, Corriveau H, Roy PM, Desrosiers J, Dubuc N, Hebert R, et al. The effect of supervised tai chi intervention compared to a physiotherapy program on fall-related clinical outcomes: a randomized clinical trial. Disabil Rehabil 2012; 34(3): 196-201.doi: 10.3109/09638288.2011.591891.
11. Hong Y, Li JX, Robinson PD. Balance control, flexibility, and cardiorespiratory fitness among older tai chi practitioners. Br J Sports Med. 2000; 34: 29–34.
12. Lapanantasin S, Kumban W, Maneesai P, Kongkwamsuk S. Effects of balance training by group exercise program and balance training device in Thai elderly women. TJPT 2009; 31(3): 112-22 (in Thai).
13. deOliveria MR, daSilva RA, Dascal JB, Teixeira DC. Effect of different types of exercise on postural balance in elderly women: a randomized controlled trial. Arch Gerontol Geriatr 2014; 59: 506–14.doi: 10.1016/j.archger.2014.08.009.
14. Hirase T, Inokuchi S, Matsusaka N, Okita M. Effects of a balance training program using a foam rubber pad in community – based older adults: a randomized controlled trial. J Geriatr Phys Ther 2015; 38(2): 62-70.doi: 10.1519/JPT.0000000000000023.
15. Barnett A, Smith B, Lord SR, Williams M, Baumand A. Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at risk older people: a randomised controlled trial. Age Aging 2003; 32: 407-14.
16. Nitz JC, Choy NL. The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomized controlled trial. Age Aging 2004; 33: 52-8.

17. Garriga MG, Guerra M, Pages E, Manini TM, Jimenez R, Unnithan VB. The effect of functional circuit training on physical frailty in frail older adults: a randomized controlled trial. J Aging Phys Act 2010; 18: 401-24.
18. Vaillant J, Rouland A, Martigne P, Braujou R, Nissen MJ, Vuillerme N, et al. Massage and mobilization of the feet and ankles in elderly adults: effects on clinical balance performance. Manual Ther. 2009; 14(6): 661-4.doi: 10.1016/j.math.2009.03.004.
19. Namkorn P. Effects of foot massage on functional mobility and balance performance in the elderly [Masterthesis]. Khon Kaen:Khon Kaen University; 2013 (in Thai).
20. ChoopeakJ. Effects of supportive-educative program in promoting Thai traditional walking exercise on physical fitness, self-care agency, and percieved health status among the elderly in the community: a case study of Panomwang Subdistrict, Phatthalung Province [Master thesis]. Songkla: Prince of Songkla University; 2010 (in Thai).
21. Boonyarom O, Somthavil S, Srisupornkornkul K, Kowittayanon K , Jaepanya S, Boonyong K, et al. Effects of foot reflexology by coconut shells walking on balance. JAHS 2015; 2(2): 75.
22. Chananchida Yuktirat, Nichanant Sermsri. The design and development of foot massage plate from coconut shell. ISSRI 2014; 8(4): 197-99.
23. Borisut S, Kong-in W, Naka K. The comparison of foot care knowledge program and the program of foot care knowledge integrating with coconut shell stepping on foot numbness in persons with type 2 diabetes. J Nurs Sci 2009; 21(1): 94-105 (in Thai).
24. Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, Bourton AJ, Jeffries C, Scott H. The immediate effect of bilateral selfmyofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: a pilot randomised controlled trial. J Bodyw Mov Ther 2015; 19: 544-52.doi: 10.1016/j.jbmt.2014.12.004
25. GulsatitpornS. Physical therapy in older adults. 2nd ed. Bangkok: Offset Press Co., Ltd.; 2009(in Thai).
26. SungkaratS. Neurorehabilitation of brain disorders: from theory to practice. Chiang Mai: Siampimnana Co. Ltd.; 2015 (in Thai).
27. Tantisuwat A, Chamonchant D, Boonyong S. Multi-directional Reach Test: An Investigation of the Limits of Stability of People Aged between 20–79 Years. J Phys Ther Sci 2014; 26: 877–80. doi: 10.1589/jpts.26.877.
28. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time and movement time. Med Sci Sports Exerc 2014; 36: 1397-402.
29. Kaur J, Kaur S, Bhardwaj N. Effect of foot massage and reflexology on physiological parameters of critically ill patients. Nursing Midwifery Res J2012; 8(3): 223-33.

ผลของการออกกำลังกายแบบพิลาทิสต่อความมั่นคงของแกนกลางลำตัว ในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย

Effect of Pilates exercise on spinal stabilization in sedentary subjects with subacute non-specific low back pain

เบญจมาภรณ์ หาญเจริญกุล*
*Benjamaporn Hancharoenkul**

สาขาวิชากายภาพบำบัด สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย
Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Mae Fah Luang University, Chiang Rai Province, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: benjamaporn.han@mfu.ac.th)
* Corresponding author (Email: benjamaporn.han@mfu.ac.th)

Received September 2016
Accepted as revised January 2017

Abstract

Background: Modern lifestyle in both young and older people is increasingly sedentary with less demand for physical activity and inadequate active exercise. Fewer bodily movements and static posture, mainly sitting, results in a prolonged back muscle contraction which is a cause of back pain.

Objectives: To investigate the effects of Pilates exercise on spinal stabilization in sedentary subjects with subacute non-specific low back pain.

Materials and methods: Forty-two volunteers aged 18-23 years with sedentary lifestyle and subacute non-specific low back pain, were recruited. Subjects were divided into experimental (N=21) and control (N=21) groups. Subjects in experimental group performed Pilates exercise program which consisted of five movements, approximately 45 minutes/day, 4 days/week, for 4 consecutive weeks. Subjects in control group continued their normal daily activity without performing the exercise program. Outcome variables of the study were lumbopelvic stability measured by lumbopelvic stability test (LPST) and pain level measured by visual analogue scale (VAS).

Results: At the end of the study, experimental group showed an increase in lumbopelvic stability (pre-test: max=3 and min=1, post-test: max=4 and min=2, $p<0.001$) and a decrease in level of low back pain (pre-test 5.07±1.80, post-test 1.53±1.30, $p<0.001$) compared to control group, with statistical significance.

Conclusion: Results showed that Pilates exercise was effective in increasing spinal stability and decreasing pain level in sedentary subjects with subacute non-specific low back pain.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 114-122. Doi: 10.14456/jams.2017.10

Keywords: Pilates exercise, spinal stability, sedentary lifestyle, non-specific low back pain

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: วิถีการดำรงชีวิตในปัจจุบันทำให้มนุษย์มีกิจกรรมที่นั่งอยู่กับที่มากขึ้น ขยับตัวหรือเคลื่อนไหวร่างกายน้อยลง รูปแบบของวิถีชีวิตดังกล่าวเกิดกับบุคคลทั่วไปทั้งในวัยผู้ใหญ่หรือวัยรุ่นเนื่องจากไม่เข้าร่วมกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกายไม่เพียงพอ การเคลื่อนไหวที่ลดลงหรือท่าทางที่อยู่กับที่ (static posture) โดยเฉพาะเมื่ออยู่ในท่านั่ง กล้ามเนื้อหลังต้องหดตัวเป็นระยะเวลานานจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการปวดหลังได้

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบพิลาทิสต่อการควบคุมความมั่นคงของแกนกลางลำตัวในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย

วัสดุและวิธีการ: อาสาสมัครจำนวน 42 ราย อายุระหว่าง 18-23 ปี เป็นผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มออกกำลังกายแบบพิลาทิส จำนวน 21 ราย ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย จำนวน 5 ท่า เป็นเวลา 45 นาทีต่อวัน ทำ 4 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุม จำนวน 21 ราย ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติและจำกัดการออกกำลังกาย ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ระดับความสามารถในการควบคุมความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวและระดับอาการปวดหลังส่วนล่าง โดยใช้แบบประเมินระดับความมั่นคงของเอวและอุ้งเชิงกราน (lumbopelvic stability test: LPST) และมาตรวัดความปวดด้วยสายตา (visual analogue scale: VAS) ตามลำดับ

ผลการศึกษา: เมื่อสิ้นสุดโปรแกรม กลุ่มออกกำลังกายมีระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้น (ก่อน: สูงสุดระดับ 3 และต่ำสุดระดับ 1 และหลัง: สูงสุดระดับ 4 และต่ำสุดระดับ 2, $p<0.001$) และมีระดับอาการปวดหลังส่วนล่างลดลง (ก่อน 5.07±1.80 และหลัง 1.53±1.30, $p<0.001$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการศึกษา: ประสิทธิผลของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทิสสามารถส่งเสริมการควบคุมความมั่นคงของแกนกลางลำตัวและลดอาการปวดหลังส่วนล่างในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 114-122. Doi: 10.14456/jams.2017.10

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบพิลาทิส ความมั่นคงของแกนกลางลำตัว พฤติกรรมนั่งอยู่กับที่อาการปวดหลังส่วนล่างแบบไม่จำเพาะเจาะจง

บทนำ

วิถีชีวิตที่มีการเคลื่อนไหวน้อย (sedentary lifestyle) คือลักษณะการดำรงชีวิตที่มีกิจกรรมในลักษณะการนั่งอยู่กับที่เป็นเวลานาน หรือมีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อยลง วิถีชีวิตดังกล่าวใช้พลังงานของร่างกายไม่เกิน 1.0-1.5 ของการใช้พลังงานขณะพัก (metabolic equivalent of task; MET)[1] เกิดได้กับบุคคลทั้งในวัยผู้ใหญ่หรือวัยรุ่นที่ไม่มีการเข้าร่วมกิจกรรมทางกาย หรือมีการออกกำลังกายอย่างไม่สม่ำเสมอ ยิ่งไปกว่านั้น ปัจจุบันมนุษย์ได้รับอิทธิพลจากอุปกรณ์เทคโนโลยีจำนวนมากที่ประดิษฐ์ออกมาในรูปแบบของอุปกรณ์เพื่อเสริมความบันเทิงต่างๆ เช่น เกมคอมพิวเตอร์ ทีวี เกมจากโทรศัพท์มือถือ รวมถึงกิจกรรมการเรียนเป็นเวลานาน การอ่านหนังสือ การทำการบ้าน และการเดินทางที่สะดวกสบาย กิจกรรมที่กล่าวมานั้นนำมาซึ่งการขาดความสมดุลระหว่างการนำพลังงานขาเข้า (energy intake) และการใช้พลังงานขาออก (energy expenditure)

อาชีพเป็นปัจจัยเสริมสำคัญที่ทำให้ขาดความสมดุลของการใช้พลังงานของร่างกาย ส่วนใหญ่มักเป็นอาชีพที่มีการเคลื่อนไหวน้อยอันได้แก่ พนักงานออฟฟิศ เจ้าหน้าที่ประจำห้องแล็บ รวมถึงธุรกิจออนไลน์ทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต เป็นต้น ปัจจุบัน พบว่าวัยรุ่นมีแนวโน้มพฤติกรรมการเคลื่อนไหวร่างกายลดลงเช่นกัน เนื่องจากมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ที่ส่งเสริมให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวลดลง[2] ได้แก่ คอมพิวเตอร์พกพา เครื่องเล่นเกมแบบพกพา รวมถึงสมาร์ทโฟน เป็นต้น อิริยาบถส่วนใหญ่ในการทำกิจกรรมเป็นท่าทางที่ต้องอยู่กับที่ (static posture) และ/หรือนั่งเป็นเวลานาน (prolonged sitting) เช่น การนั่งเล่นเกม การส่งข้อความโต้ตอบทางโทรศัพท์

การนั่งทำงานหน้าจอคอมพิวเตอร์และการนั่งดูทีวี เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น กิจกรรมดังกล่าวของวัยรุ่นส่วนใหญ่มักเป็นกิจกรรมที่ทำเป็นประจำซ้ำกันทุกวันจนส่งผลให้เกิดความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก Shu-Mei Chen และคณะ[3] พบว่าการอยู่ในท่าทางหนึ่งเป็นเวลานาน (prolonged posture) เป็นปัจจัยเสี่ยงที่สามารถทำให้เกิดอาการปวดหลังได้ จากผลการสำรวจความชุกของอาการปวดหลัง โดยใช้แบบสอบถาม Adolescent Healthand Lifestyle Survey 2003 ในช่วงอายุระหว่าง 14, 16 และ 18 ปี พบว่า เพศหญิงมีค่าความชุกของอาการปวดหลังสูงกว่าในเพศชาย ระยะเวลาที่ใช้ทำกิจกรรมที่มากหรือเกินกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน อาจเป็นปัจจัยเสี่ยงต่ออาการปวดหลังอย่างมีนัยสำคัญ เช่น การดูทีวีอยู่ที่บ้าน หรือการเล่นเกมส์เป็นเวลาติดต่อกันเกินกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน การเล่นคอมพิวเตอร์ติดต่อกันมากกว่า 5 ชั่วโมงต่อวัน หรือมากกว่า 42 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ รวมถึงการใช้อินเทอร์เน็ตมากกว่าหรือเท่ากับ 42 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการปวดหลัง[3] เนื่องจากการทำกิจกรรมเหล่านี้ช่วงรยางค์ส่วนบนเป็นการเคลื่อนไหวแบบ dynamic action ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงท่าทางอย่างอิสระและมีแรงที่กระทำต่อการเคลื่อนไหวในรยางค์ส่วนบนมากกว่าช่วงลำตัวที่เป็นท่าทางที่อยู่กับที่ (static posture) ทำให้ใช้พลังงานน้อยลง[4] เนื่องจากเมื่ออยู่ในท่านั่งกล้ามเนื้อหลังต้องหดตัวเป็นระยะเวลานาน ทำให้ระดับออกซิเจนลดลงและเกิดการคั่งของของเสียภายในกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ (tendon) รวมถึงเอ็นยึดกระดูก (ligament) เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการปวดหลัง[5] และส่งผลให้ร่างกายไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังให้อยู่ในระยะการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลัง (neutral zone) ไว้ได้ ทำให้ความมั่นคงของแกนกลางลำตัวลดลง และเมื่อกระดูกสันหลังมีความมั่นคงลดลงอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อเอ็นกล้ามเนื้อ และเอ็นยึดกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังเพิ่มขึ้น[6]

การออกกำลังกายที่เหมาะสมอย่างสม่ำเสมอมีประโยชน์ในการเสริมสร้างสุขภาพให้ร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน เสริมความแข็งแรงของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก รู้สึกผ่อนคลาย ปรับปรุงการทำงานของระบบประสาทการออกกำลังกายแบบพิลาทิสเป็นการออกกำลังกายที่สามารถเสริมสร้างความมั่นคงของโครงสร้างแกนกลางลำตัว เป็นการฝึกการเคลื่อนไหวแบบซ้ำๆ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้การทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันของร่างกาย และถือว่าเป็นการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน[7] การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบพิลาทิสต่อการเพิ่มความมั่นคงของแกนกลางลำตัวในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย

วัสดุและวิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศหญิงและชาย ที่มีอายุระหว่าง 18-23 ปี จำนวน 42 ราย เป็นผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย อ้างอิงหลักเกณฑ์การหาค่ากลุ่มตัวอย่างประชากรจากการศึกษาก่อนหน้า[8] ด้วยโปรแกรม G*power 3.0.10 (effect size เท่ากับ 0.8, alpha level 0.05 และค่า power เท่ากับ 0.95) ซึ่งคำนวณได้จำนวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 19 ราย และมีการคิดคำนวณการตกออก (drop out) ที่ 20% ดังนั้นจึงได้กลุ่มประชากรตัวอย่างกลุ่มละ 21 ราย จำนวน 42 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิสและกลุ่มควบคุมโดยวิธีการสุ่มอย่างง่ายโดยมีอายุ น้ำหนัก และส่วนสูงที่ไม่แตกต่างกัน ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมที่นั่งอยู่กับที่ด้วยแบบประเมิน Adolescent sedentary activities questionnaire (ASAQ) โดยมีระดับคะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 6,048 คะแนน[9] และตอบแบบสอบถามคัดกรองผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างเบื้องต้น Oswestry Disability Index (Version 1.0) ฉบับภาษาไทยในผู้ป่วยปวดหลัง โดยระดับความรุนแรงของอาการปวดหลังส่วนล่าง ได้ระดับคะแนนอยู่ที่ร้อยละ 21 ขึ้นไป ถึงร้อยละ 60 (10-27 คะแนน จากคะแนนเต็ม 45 คะแนน) ซึ่งแสดงถึงการมีพฤติกรรมที่นั่งอยู่กับที่[9] ร่วมกับมีอาการปวดหลังที่มีการรบกวนการดำเนินชีวิตประจำวัน[10] รวมถึงปวดหลังอย่างน้อย 3 เดือนนอกจากนี้กลุ่มตัวอย่างที่มีโรคประตัว เช่น โรคหัวใจ หอบหืด หรือภาวะที่เป็นข้อห้ามในการออกกำลังกาย และมีความผิดปกติของการมองเห็น การได้ยิน และการสื่อสาร หรือประสบอุบัติเหตุบริเวณหลังในช่วง 3 เดือนที่ผ่านมาถูกคัดออกจากการศึกษาในครั้งนี้

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง อาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยลงลายมือชื่อแสดงความยินยอมตอบแบบสอบถามและตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยการศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องโดยมีการเปรียบเทียบแบบสุ่ม (pilot randomized controlled trial) แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (sample randomization) ด้วยวิธีการจับสลากซึ่งเป็นการเลือกโดยไม่มีการคืนที่ (sampling without replacement) ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ระดับ

ความสามารถในการควบคุมความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัว[11] และระดับอาการปวดหลังส่วนล่าง เปรียบเทียบก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบพิลาทิส ทั้งภายในกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แบบประเมินระดับความสามารถในการควบคุมความมั่นคงของเอวและอุ้งเชิงกราน (Lumbopelvic stability test: LPST)[11] และแบบประเมินมาตรวัดความปวดด้วยสายตา (Visual Analogue Scale: VAS)[12] ทั้งนี้ มีการทดสอบเครื่องมือเพื่อคำนวณหาค่าความเที่ยงและแม่นยำของการวัดก่อนนำไปใช้จริง ซึ่งได้ค่าความน่าเชื่อถือ Intraclass Correlation Coefficient (ICC) เท่ากับ 0.533 และ 0.99 ตามลำดับ

ขั้นตอนการดำเนินการ

อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการประเมินระดับความสามารถในการควบคุมความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวด้วยแบบประเมินระดับความสามารถในการควบคุมความมั่นคงของเอวและอุ้งเชิงกราน (LPST) และประเมินระดับอาการปวดหลังส่วนล่าง ด้วยแบบประเมินมาตรวัดความปวดด้วยสายตา (VAS) ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย โดยกลุ่มออกกำลังกายแบบพิลาทิสได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายจำนวน 5 ท่า ปฏิบัติ 10 ครั้ง/รอบ จำนวน 2 รอบ เป็นระยะเวลา 45 นาที โดยออกกำลังกายสัปดาห์ละ 4 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์[13] กลุ่มควบคุมให้ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติและจำกัดการออกกำลังกาย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS version 17 โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของทั้งสองกลุ่ม โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) และ independent t-test อธิบายข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างแสดงเป็นค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: SD) และค่าร้อยละ (percentage) จากการทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลพบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบโค้งปกติ 2) วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระดับความสามารถในการควบคุมความมั่นคงของส่วนแกนกลางลำตัวก่อนและหลังการได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบพิลาทิสภายในกลุ่มทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติแบบ non-parametric ได้แก่ สถิติ Wilcoxon signed ranks test และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Mann-Whitney U test และ 3) วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการปวดหลังส่วนล่างภายในกลุ่มทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติ dependent t-test และเปรียบเทียบระดับความรุนแรงของอาการปวดหลังส่วนล่างระหว่างกลุ่ม โดยใช้สถิติ independent t-test โดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% และกำหนดค่า alpha level ที่ $p<0.05$ จึงถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษา

คุณลักษณะพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษามีจำนวนทั้งสิ้น 42 ราย เป็นเพศหญิง 35 ราย และเพศชาย 7 ราย ทั้งสองกลุ่มมีค่าเฉลี่ยของอายุและค่าเฉลี่ยของความเจ็บปวดด้วยสายตาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p=0.001$ และ $p=0.003$ ตามลำดับ และเมื่อสอบถามเกี่ยวกับกิจกรรมที่นั่งอยู่กับที่ โดยใช้แบบประเมิน ASAQ พบว่ามีช่วงคะแนนที่มากกว่า 6,048 คะแนน และตอบแบบคัดกรองผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างเบื้องต้น Oswestry Disability Index (Version 1.0) ฉบับภาษาไทยในผู้ป่วยปวดหลัง พบว่า มีช่วงคะแนน 10-27 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 21-60 ผลคะแนนจากแบบคัดกรองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า กลุ่มตัวอย่างมีพฤติกรรมที่นั่งอยู่กับที่[8] ร่วมกับมีอาการปวดหลังที่มีการรบกวนการดำเนินชีวิตประจำวัน[10] (Table 1)

Table 1 Subject's demographic data.

Basic data (N=42)	Exercise group (N=21)	Control group (N=21)	*p*-value
Male (%)	3 (14.29)	4 (19.05)	0.679
Female (%)	18 (85.71)	17 (80.95)	
Age (years)	19.67±0.97	21.57±0.98	0.001*
Weight (kilograms)	59.67±11.37	55.81±8.27	0.216
High (centimeters)	160.71±7.10	162.10±6.00	0.500
Adolescent sedentary activities questionnaire (ASAQ)	8361.71±2034.03	9222.24±1279.75	0.110
Oswestry disability index	12.57±2.77	12.14±1.98	0.568
The lumbopelvic stability levels	1.38±0.67	1.48±0.81	0.849
Visual analogue scale	5.07±1.80	6.56±1.18	0.003*

Data is expressed as Mean±SD; * Difference was statistically significant at $p<0.05$

1. ระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัว (Lumbopelvic stability level: LPST)

จากการประเมินระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัว พบว่า กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิส มีค่าการทดสอบสูงสุดก่อนได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายคือระดับ 3 และค่าต่ำสุดคือระดับ 1 หลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย ค่าการทดสอบสูงสุดคือระดับ 4 และค่าต่ำสุดคือระดับ 2 การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ภายหลังจากการออกกำลังกาย กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิสมีระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) แต่ในกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.083$) เมื่อเปรียบเทียบระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวระหว่างกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิส และกลุ่มควบคุม พบว่าภายหลังจากการเข้าร่วมการศึกษาทั้งสองกลุ่มมีระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (Table 2)

2. ค่าความเจ็บปวดด้วยสายตา (Visual analogue scale: VAS)

จากการประเมินค่าความเจ็บปวดด้วยสายตาในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิส พบว่ามีค่าการทดสอบก่อนได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิสเฉลี่ยเท่ากับ 5.07±1.80 และมีค่าการทดสอบภายหลังได้รับการออกกำลังกาย เฉลี่ยเท่ากับ 1.53±1.30 การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ภายหลังจากได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิส อาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกายมีค่าความเจ็บปวดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) สำหรับกลุ่มควบคุม มีค่าการทดสอบก่อนเข้าร่วมการศึกษาเฉลี่ยเท่ากับ 6.56±1.18 และมีค่าการทดสอบภายหลังเข้าร่วมการศึกษา เฉลี่ยเท่ากับ 7.04±1.15 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ภายหลังเข้าร่วมการศึกษา อาสาสมัครกลุ่มควบคุมค่าความเจ็บปวดด้วยสายตาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) เมื่อเปรียบเทียบค่าความเจ็บปวดด้วยสายตาระหว่างกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิสและกลุ่มควบคุม ทั้งสองกลุ่มมีผลต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูล (mean difference) เท่ากับ -3.05 นอกจากนี้ยังพบว่า ภายหลังจากการเข้าร่วมการศึกษา ทั้งสองกลุ่มมีค่าความเจ็บปวดด้วยสายตาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) (Table3)

Table 2 Comparison of lumbopelvic stability levels between experimental and control group.

Lumbopelvic stability level	Exercise group (N=21)	Control group (N=21)	Comparison between group
Pre-test			
Median	1.00	1.00	
Interquartile range (IR) (Q1,Q3)	1.00,2.00	1.00,2.00	<0.001*
Post-test			
Median	2.00	1.00	
Interquartile range (IR) (Q1,Q3)	2.00,3.00	1.00,2.00	
p-value	<0.001*	0.083	

pre- and post- test by using Wilcoxon's signed ranks test and compare between groups by Mann-Whitney U test. * Difference was statistically significant at $p<0.05$

Table 3 Comparison of pain intensity between experimental and control group.

Visual analogue scale	Exercise group (N=21)	Control group (N=21)	Comparison between group
Pre-test (Mean±SD)	5.07±1.80	6.56±1.18	Mean difference -3.05
Post-test (Mean±SD)	1.53±1.30	7.04±1.15	
95%CI	2.92-4.16	-0.75 - (-0.22)	4.75-6.28
t-test	11.906	-3.879	14.563
p-value	<0.001*	0.001*	<0.001*

pre- and post- test by using dependent t-test and compare between groups by independent t-test.* Difference was statistically significant at $p<0.05$

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบพิลาทิสในการควบคุมความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะจง เปรียบเทียบก่อนและหลังออกกำลังกายและเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง จากผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 42 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 21 ราย ภายหลังจากการออกกำลังกายแบบพิลาทิสเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าระดับความสามารถในการควบคุมความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.001$) และอาการปวดหลังส่วนล่างแบบไม่จำเพาะจงมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) สามารถกล่าวได้ว่า ผลจากการออกกำลังกายแบบพิลาทิสสามารถกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อชั้นลึกเพื่อรักษาการทรงท่าให้นิ่งร่วมกับอาศัยการเรียนรู้อย่างมีแบบแผนของกล้ามเนื้อและระบบประสาทจึงส่งผลให้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวมีความแข็งแรงและความทนทานเพิ่มขึ้น[14] สอดคล้องกับการศึกษาของ Leopoldino และคณะ[15] และ Borges และคณะ[16] ที่พบว่าผู้เข้าร่วมการศึกษาซึ่งเป็นผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่ร่วมกับมีอาการปวดหลังส่วนล่างทุกคนมีความมั่นคงในส่วนของแกนกลางลำตัวลดลง เนื่องจากลักษณะการใช้ชีวิตประจำวันที่มีการทำงานที่ไม่เหมาะสม มีการทรงท่าใดท่าหนึ่งเป็นระยะเวลานาน ส่งผลทำให้เกิดการทำงานที่ไม่ประสานสัมพันธ์กันระหว่างกระดูกสันหลัง กล้ามเนื้อและระบบประสาท ทำให้ความมั่นคงในส่วนของแกนกลางลำตัวลดลงและนำมาซึ่งอาการปวดหลังส่วนล่าง[16] การศึกษาของ Sureeporn และคณะ[12] เกี่ยวกับผลการออกกำลังกายแบบพิลาทิสเพื่อเพิ่มความมั่นคงและความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อเอวและอุ้ง

เชิงกรานโดยกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการการออกกำลังกายแบบพิลาทิสได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย 45 นาทีต่อวันเป็นเวลา 2 วันต่อสัปดาห์ทั้งหมด 8 สัปดาห์ โดยมีการวัดผลในช่วงสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ของการออกกำลังกาย พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบพิลาทิส มีการเพิ่มของความมั่นคงของเอวและอุ้งเชิงกรานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม Hodges และ Richardson[17] ได้กล่าวว่า ความสามารถในการหดตัวค้างไว้ของกล้ามเนื้อ transversus abdominis ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อมัดลึกของร่างกายขณะทำการเคลื่อนไหวของแขนหรือขา สัมพันธ์กับผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่าง (low back pain) โดยปกติกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวได้แก่ กล้ามเนื้อ transversus abdominis กล้ามเนื้อ internal oblique และกล้ามเนื้อ lumbar multifidus มีการหดตัวเพื่อเพิ่มความมั่นคงส่วนของแกนกลางลำตัวก่อนการเคลื่อนไหวของส่วนรยางค์แขนขา นอกจากนี้ การศึกษาของ Dieen และคณะ[18] ที่ดูผลของการออกกำลังกายแบบเฉพาะเจาะจงต่อความมั่นคงของส่วนแกนกลางลำตัวในผู้ที่มีอาการปวดหลังส่วนล่างเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบทั่วไป พบว่า การออกกำลังกายแบบเฉพาะเจาะจงสามารถทำให้ความมั่นคงในส่วนแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้นร่วมกับลดอาการปวดหลังส่วนล่างได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบทั่วไป เมื่อร่างกายมีความมั่นคงในส่วนแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้นทำให้อาการเจ็บปวดบริเวณหลังส่วนล่างลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Cassandra และคณะ[19] ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการออกกำลังกายแบบพิลาทิสและการออกกำลังกายเพิ่มความมั่นคงแกนกลางลำตัวทั่วไปต่อระดับความเจ็บปวดและความบกพร่องทางร่างกาย ในผู้ป่วยปวดหลังส่วนล่างเรื้อรังแบบไม่จำเพาะเจาะจง จำนวน 33 ราย โดยกลุ่มทดลองได้รับการออกกำลังกายแบบพิลาทิสและแผ่นประคบร้อน กลุ่มควบคุมได้รับการออกกำลังกายเพิ่มความมั่นคงแกนกลางลำตัวทั่วไปและแผ่นประคบร้อน เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า ระดับของความเจ็บปวด (VAS) และความบกพร่องทางร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่มออกกำลังกายแบบพิลาทิสสามารถลดระดับความเจ็บปวดและฟื้นตัวได้ดีกว่ากลุ่มออกกำลังกายเพิ่มความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวทั่วไป เมื่อร่างกายมีความมั่นคงของแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้นทำให้สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังให้อยู่ในระยะการเคลื่อนไหว (neutral zone) ที่ปกติ ส่งผลต่อการลดอาการบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อเอ็นกล้ามเนื้อและเอ็นยึดกระดูกบริเวณกระดูกสันหลัง[6] ส่งผลต่อการลดลงของอาการปวดหลังส่วนล่างได้

ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการออกกำลังกายแบบพิลาทิสจะเน้นในส่วนของศูนย์กลางของร่างกาย การหายใจ และการทำงานของกล้ามเนื้อมัดลึก[14] ที่ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ transversus abdominis กล้ามเนื้อ internal oblique และกล้ามเนื้อ lumbar multifidus กล้ามเนื้อทั้ง 3 มัดมีการหดตัวเพื่อให้เกิดแรงดันขึ้นในช่องอก เมื่อแรงดันในช่องอกเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้เกิดความมั่นคงในส่วนของแกนกลางลำตัวเพิ่มขึ้น การออกกำลังกายแบบพิลาทิสจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อดังกล่าวเพื่อรักษาการทรงท่าให้นิ่งขณะออกกำลังกาย[14] สามารถเพิ่มการทรงท่าในการทำกิจกรรมของผู้ที่มีอาการปวดหลังที่มีการขาดความสมดุลในการควบคุมท่าทาง ส่งผลให้เพิ่มระดับความมั่นคงแกนกลางลำตัวและลดอาการเจ็บปวดบริเวณหลังได้[20]

สรุปผลการศึกษา

การออกกำลังกายโดยเสริมสร้างความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวแบบพิลาทิสในผู้ที่มีพฤติกรรมนั่งอยู่กับที่และมีอาการปวดหลังส่วนล่างกึ่งเฉียบพลันแบบไม่จำเพาะเจาะจงร่วมด้วย สามารถเพิ่มระดับความมั่นคงส่วนแกนกลางลำตัวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.001) และสามารถช่วยลดระดับอาการปวดหลังส่วนล่างได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.001) เมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มก่อนและหลังการออกกำลังกาย และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มออกกำลังกายและกลุ่มควบคุม

เอกสารอ้างอิง

1. LeBlanc AG, Spence JC, Carson V, Connor Gorber S, Dillman C, Janssen I. et al. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in the early years (aged 0-4 years). Appl Physiol Nutr Metab. 2012 Aug; 37(4): 753-72. doi: 10.1139/h2012-063.
2. Sedentary lifestyle. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Sedentary_lifestyle.
3. Chen SM, Liu MF, Cook J, Bass S, Lo SK. Sedentary lifestyle as a risk factor for low back pain: a systematic review. Int Arch Occup Environ Health 2009; 82(7): 797-806. doi: 10.1007/s00420-009-0410-0.
4. Hakala PT, Rimpela AH, Saarni LA, Salminen JJ. Frequent computer-related activities increase the risk of neck-shoulder and low back pain in adolescents. Eur J Public Health 2006; 16(5): 536-41.
5. Waddell G. Clinical assessment of lumbar impairment. Clin Orthop Relat Res 1987; 221: 110-20.
6. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. part I. function, dysfunction, adaptation, and enhancement. J Spinal Disord 1992; 5: 383-9.
7. Di Lorenzo CE. Pilates: What is it? Should it be done in rehabilitation. Sports Health 2011; 3(4): 352–61. doi: 10.1177/1941738111410285.
8. Hardy LL, Booth ML, Okely AD. The reliability of the Adolescent Sedentary Activity Questionnaire (ASAQ). Prev Med 2007; 45(1): 71-4.
9. Matthews CE, George SM, Moore SC, Bowles HR, Blair A, Park Y, et al. Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in US adults. Am J Clin Nutr 2012; 95(2): 437-45. doi: 10.3945/ajcn.111.019620.
10. Nimanussornkul T. Reliability of Oswestry Disability Index (version 1) Thai version for chronic low back pain with radiculopathy. Buddhachinaraj Medical Journal 2008; Suppl 2: 337-46 (in Thai)
11. Hagins M, Adler K, Cash M, Daugherty J, Mitrani G. Effects of Practice on the Ability to Perform Lumbar Stabilization Exercises. J Orthop Sports Phys Ther 1999; 29(9): 546-55.
12. Scott J, Huskisson EC. Vertical or horizontal visual analogue scales. Ann Rheum Dis 1979; 38(6): 560.
13. Phrompaet S, Paungmali A, Pirunsan U, Sitilertpisan P. Effects of Pilates training on lumbo-pelvic stability and flexibility. Asian J Sports Med 2011; 2(1): 16–22.
14. Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the “powerhouse”: I. J Bodyw Mov Ther 2004; 8(1): 15-24. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S1360-8592(03)00057-3.
15. Leopoldino AA, Avelar NC, Passos GB Jr, Santana NA Jr, Teixeira VP Jr, de Lima VP, et al. Effect of Pilates on sleep quality and quality of life of sedentary population. J Bodyw Mov Ther 2013; 17(1): 5-10. doi: 10.1016/j.jbmt.2012.10.001.
16. Borges J, Baptista AF, Santana N, Souza I, Kruschewsky RA, Galvao-Castro B, et al. Pilates exercises improve low back pain and quality of life in patients with HTLV-1 virus: a randomized crossover clinical trial. J Bodyw Mov Ther 2014; 18(1): 68-74. doi: 10.1016/j.jbmt.2013.05.010.
17. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. Phys Ther 1997; 77(2): 132-42; discussion 142-4.
18. van Dieen JH, Jaap H, Moseley GL, and Hodges PW. Motor control changes and low back pain: cause or effect?. In: Hodges PW, Cholewicki J, van Dieen JH, eidtor. Spinal control: the rehabilitation of back pain. UK: Elsevier, 2013; 207-17. doi: 10.1016/B978-0-7020-4356-7.00018-5.

19. Dsa CF, Rengaramanujam K, Kudchadkar MS. To assess the effect of modified Pilates compared to conventional core stabilization exercises on pain and disability in chronic nonspecific low back pain-randomized controlled trial. Indian J Physiother Occup Ther 2014; 8(3): 202-7. doi: 10.5958/0973-5674.2014.00382.7.

20. Tsao H, Hodges PW. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. Exp Brain Res 2007; 181(4): 537-46.

ผลของการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน ต่อสมรรถภาพทางกายและการทรงตัวในสตรีที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง

The effect of exercise with bicycle's inner tube on improvement of physical fitness and balance in women with metabolic syndrome

กนกทิพย์ สว่างใจธรรม[1*] เบญจมาภรณ์ หาญเจริญกุล[1] อรณิช วิมลรัตน์[1] สรายุธ มงคล[2]

Kanokthip Sawangjaithum[1*] Benjamaporn Hancharoenkul[1] Oranich Vimolratana[1] Sarayoot Mongkol[2]

[1]สาขาวิชากายภาพบำบัด สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

[1]Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Mae Fah Luang University, Chiang Rai Province, Thailand

[2]คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ กรุงเทพฯ

[2]Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: kanokthips@gmail.com)

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

Received September 2016

Accepted as revised January 2017

Abstract

Background: Metabolic syndrome is a health problem that lead to various abnormal functions of body system, including physical fitness and balance. Exercise is one of the easiest way to improve physical fitness and reduce risk of various diseases.

Objective: To compare the effect of exercise by bicycle's inner tube on physical fitness and balance in women with metabolic syndrome.

Materials and methods: Fifty-one females, aged 30-50 years old, were divided into control (n=25) and exercise (n=26) group. All subjects were measured by six minute walk test (6MWT), grip strength, back strength, shoulder flexibility test, sit and reach, percentage of body fat, and time up and go (TUG) test before and after exercise by bicycle's inner tube for 60 minute/day, 3 days/week and within 8 consecutive weeks.

Results: It was found that scores of 6MWT distance, grip strength, back strength, shoulder flexibility, sit and reach, and TUG were significantly different between before and after exercise (p<0.05) within exercise group.

Conclusion: Results from the study showed that exercise by bicycle's inner tube can improve physical fitness and balance in women with metabolic syndrome.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 123-131. Doi: 10.14456/jams.2017.11

Keywords: Metabolic syndrome, exercise by bicycle's inner tube, physical fitness, balance

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: กลุ่มอาการอ้วนลงพุงเป็นปัญหาสุขภาพที่มาพร้อมกับการทำงานที่ผิดปกติของร่างกายทั้งด้านการลดลงของสมรรถภาพทางกายและความสามารถในการทรงตัว การออกกำลังกายเป็นวิธีการสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายและลดความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพได้

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานต่อสมรรถภาพทางกายและการทรงตัวในสตรีที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง

วัสดุและวิธีการ: อาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 30-50 ปี จำนวน 51 ราย แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม 25 ราย และกลุ่มทดลอง 26 ราย ได้รับการทดสอบด้วยการเดินหกนาที การวัดแรงบีบมือ การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง การวัดความยืดหยุ่นของข้อไหล่ ความยืดหยุ่นของหลังและขา การวัดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย และการทดสอบการทรงตัวด้วย time up and go test ก่อนและหลังการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน วันละ 60 นาที 3 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ผลการศึกษา: พบว่าระยะทางที่เดินในภายใน 6 นาที แรงบีบมือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง ความยืดหยุ่นของข้อไหล่ ความยืดหยุ่นของหลังและขา และการทรงตัวของผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงเพศหญิงก่อนและหลังการออกกำลังกายมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ภายในกลุ่มทดลอง

สรุปผลการศึกษา: สามารถสรุปได้ว่าการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายและการทรงตัวในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงเพศหญิงได้

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 123-131. Doi: 10.14456/jams.2017.11

คำสำคัญ: กลุ่มอาการอ้วนลงพุง การออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน สมรรถภาพทางกาย การทรงตัว

บทนำ

Metabolic syndrome คือ กลุ่มความผิดปกติที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดซึ่งพบร่วมกันได้บ่อย ได้แก่ ความผิดปกติของไขมันในเลือด ความดันโลหิต ระดับน้ำตาล ตลอดจนปัจจัยที่เป็น prothrombotic และ proinflammatory กลุ่มอาการอ้วนลงพุง (metabolic syndrome) มีชื่อเรียกพ้องกันหลายชื่อ เช่น insulin resistance syndrome, deadly quartet, syndrome X, Reaven syndrome เป็นต้น[1] กลุ่มอาการอ้วนลงพุง เป็นภาวะที่ร่างกายมีดัชนีมวลกายมากกว่าค่าปกติ ลักษณะเด่นคือมีรอบเอวมากกว่า 102 เซนติเมตรในเพศชาย และ 88 เซนติเมตรในเพศหญิง

จากการศึกษาพบว่ากลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีความสัมพันธ์กับภาวะโรคเรื้อรังมากกว่าดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI) จึงส่งผลต่อสุขภาวะในการทำให้เกิดโรคเรื้อรัง เช่น หยุดหายใจขณะหลับ (obstructive sleep apnea), hypoventilation syndrome, chronic hypoxia, hypercapnia และนอนกรน การสะสมของไขมันที่หน้าท้องเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (diabetes mellitus type 2) โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดสมอง โรคทางจิต โรคระบบทางเดินหายใจ หัวใจเต้นผิดจังหวะและหัวใจล้มเหลวตามมา[2] มีผลต่อคุณภาพชีวิตและความสูญเสียทางเศรษฐกิจ พบว่าภาครัฐต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลเพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากภาวะโรคอ้วนและภาวะแทรกซ้อนที่ตามมารวมถึงค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพและการสูญเสียสุขภาวะจากความพิการและ/หรือการตายก่อนวัยอันควร[3]

กลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีผลเสียต่อสมรรถภาพทางกายหลายด้าน คนอ้วนลงพุงที่มีความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง ระดับน้ำตาลในเลือดสูงและ high density lipoprotein (HDL) ต่ำ ส่งผลให้ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ (forced expiratory volume in one second; FEV_1) และปริมาตรการหายใจออกอย่างเร็วและแรงจนสุดลมหายใจหลัง

หายใจเข้าอย่างเต็มที่ (forced vital capacity; FVC) ลดลง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและสมรรถภาพปอดลดลง[4] คนอ้วนจะมีลักษณะการหายใจที่ผิดปกติ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหัวใจและสมรรถภาพปอดต่ำกว่าคนปกติ เนื่องจากมีการสะสมของไขมันที่หน้าท้อง อวัยวะภายในและกล้ามเนื้อกระบังลมซึ่งทำให้กล้ามเนื้อหายใจต้องทำงานมากกว่าปกติจนเกิดการล้า[5] จึงส่งผลต่อความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันและการออกกำลังกาย คนอ้วนมักมีความไม่มั่นคงในการทรงท่า เป็นผลมาจากชีวกลศาสตร์ที่ไม่เหมาะสม ทั้งการทำงานของกล้ามเนื้อและการทรงท่าทางของร่างกาย[6] เสี่ยงต่อการล้มได้ง่าย เพศหญิงที่อ้วนลงพุงจะมีการเปลี่ยนแปลงของศูนย์กลางมวลเลื่อนมาข้างหน้า ซึ่งรบกวนการควบคุมกลไกของข้อเท้า ทำให้ความสามารถในการทรงตัวลดลงจึงมีความเสี่ยงต่อการล้มมากกว่าเพศชาย

การรักษากลุ่มอาการอ้วนลงพุง มุ่งเน้นไปที่การเปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิต การลดน้ำหนักและการออกกำลังกาย[1] ซึ่งการออกกำลังกายนี้เป็นแนวทางป้องกันและควบคุมโรคแทรกซ้อนในกลุ่มอาการอ้วนลงพุงที่สำคัญ ทำได้ง่าย ให้ผลดี การออกกำลังกายมีหลายรูปแบบ คณะผู้วิจัยเห็นว่าการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานเป็นวิธีการที่สะดวก อุปกรณ์เป็นวัสดุเหลือใช้ที่หาได้ในชุมชน มีลักษณะคล้ายยางยืดสำหรับออกกำลังกายที่ขายทั่วไป ซึ่งจากการศึกษาก่อนหน้าพบว่าการออกกำลังกายด้วยแรงต้านในสตรีอ้วน อายุ 30-50 ปี ทำให้ร้อยละของไขมันในร่างกายและเส้นรอบเอวลดลงและมีผลดีต่อสุขภาพในระยะยาว[7] การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน 12 สัปดาห์มีผลลดความดันโลหิตส่วนกลางและส่วนปลาย (central and brachial systolic/diastolic blood pressures) ในอาสาสมัครที่มีภาวะอ้วนได้ซึ่งมีผลในการป้องกันโรคหัวใจที่เกิดจากโรคอ้วน[8] และจากการศึกษาผลการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางยืดพบว่าสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (arm-lifting test, chair stand test) และระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาที (6MWT) ได้[9] 6MWT มักใช้ประเมินสมรรถภาพปอดและหัวใจในกลุ่มโรคหัวใจและโรคเรื้อรัง การทบทวนวรรณกรรมพบว่าผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีผลกระทบต่อสมรรถภาพทางกาย แต่ยังไม่พบการศึกษาใดที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานต่อสมรรถภาพทางกายในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาท่าทางการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน เพื่อใช้ในการศึกษาผลที่มีต่อสมรรถภาพทางกายและความสามารถในการทรงตัว เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ราคาถูก ใช้งานได้ง่าย สะดวกในการเก็บรักษา

ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง โดยเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานที่มีต่อสมรรถภาพทางกายและการทรงตัว เพื่อให้ผู้ที่สนใจตระหนักถึงความสำคัญและนำความรู้จากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่ส่งผลต่อสุขภาวะในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงได้

วัสดุและวิธีการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

อาสาสมัครเพศหญิง มีอายุระหว่าง 30-50 ปี อาศัยอยู่ในจังหวัดเชียงราย คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการใช้โปรแกรม G-power อ้างอิงจากการศึกษาของ Misra และคณะ[10] ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 52 ราย อาสาสมัครทุกรายลงลายมือชื่อแสดงความยินยอมเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีเกณฑ์คัดเข้า คือ มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 25 กิโลกรัม/เมตร^2 มีเส้นรอบเอวมากกว่า 80 เซนติเมตร และต้องมีภาวะดังต่อไปนี้อย่างน้อย 2 ข้อ ความดันโลหิตมากกว่า 130/85 มิลลิเมตรปรอท หรือผู้ที่ได้รับยาลดความดันโลหิต ระดับ triglyceride มากกว่า 150 มิลลิกรัม/เดซิลิตร หรือผู้ที่เป็นไขมันสูงและได้รับยาลดไขมัน ระดับ HDL น้อยกว่า 50 มิลลิกรัม/เดซิลิตร หรือผู้ที่ได้รับยาลดไขมัน ระดับน้ำตาลมากกว่า 100 มิลลิกรัม/เดซิลิตร หรือผู้ที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 เกณฑ์การคัดออก คือ มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตที่ไม่สามารถควบคุมได้ โรคหอบหืด โรคทางระบบกล้ามเนื้อและกระดูก เช่น ข้อเข่าเสื่อม หมอนรองกระดูกทับเส้นประสาท มีการบาดเจ็บของรยางค์แขนและขาที่จำกัดการเคลื่อนไหวของมือและเท้า หรือใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน มีความผิดปกติของการมองเห็น การได้ยินและการสื่อสาร อาสาสมัครจะได้รับการประเมินระดับความหนักของกิจกรรมทางกายไว้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

2. วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบ experimental research design ผ่านการรับรองจริยธรรมงานวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวงเลขที่ REH-57031 ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วยการสำรวจประชากรในชุมชน เขตเทศบาลตำบลนางแลและท่าสุดที่มีภาวะอ้วนลงพุงและนัดประชุมเพื่อชี้แจงรายละเอียดโครงการ รวมทั้งรับสมัครผู้สนใจเข้าร่วมโครงการ จากนั้นนัดหมายอาสาสมัครที่สนใจเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ วิธีการและขั้นตอนทั้งการทดสอบและการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน รวมทั้งอธิบายถึงสิทธิในการยินยอมหรือปฏิเสธในการเข้าร่วมวิจัยและการเก็บรักษาความลับของ

ข้อมูลวิจัย คัดกรองอาสาสมัครและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์การคัดเข้าร่วมการวิจัยโดยนักวิจัยคนที่ 1 จากนั้นสุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 26 ราย นัดกลุ่มตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลโดยกำหนดรหัสประจำตัว ประกอบด้วย การวัดสัญญาณชีพ การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องวัดแรงบีบมือ (Takei, T.K.K. 5401 Grip-D) และเครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลัง (Takei, T.K.K. 5402 Back-D) วัดสัดส่วนไขมันในร่างกายด้วยเครื่องวัดไขมันใต้ผิวหนัง (Lange skinfold caliper) วัดความยืดหยุ่นด้วย sit and reach box ทดสอบการทรงตัวด้วย time up and go และทดสอบสมรรถภาพของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตด้วยการเดิน 6 นาที (6MWT) โดยนักกายภาพบำบัดที่มีประสบการณ์ในการทดสอบสมรรถภาพทางกายมากกว่า 2 ปี จากนั้นนัดหมายกลุ่มทดลองออกกำลังกายที่อาคารอเนกประสงค์ประจำหมู่บ้าน โดยใช้ยางในรถจักรยาน ขนาด 24 นิ้ว (swallow) ขนาดแรงต้านเทียบได้กับ Thera-band สีน้ำเงินที่มีแรงต้าน 2.6 กิโลกรัม (ขณะดึงยืดหนึ่งเท่า) 3 วันต่อสัปดาห์ ทั้งหมด 8 สัปดาห์ ด้วยความหนักของการออกกำลังกายระดับความหนักปานกลาง อาสาสมัครต้องออกกำลังกายตามท่าทางที่ผู้วิจัยกำหนดโดยการนำของผู้ช่วยวิจัยที่ได้รับการฝึกฝนมาแล้ว รวม 29 ท่า (Figure 1) แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะอบอุ่นร่างกาย 10 นาที (10 ท่า) ระยะออกกำลังกาย 40 นาที (12 ท่า) ระยะผ่อนคลาย 10 นาที (7 ท่า) รวมทั้งสิ้น 60 นาที ก่อนเริ่มโปรแกรมออกกำลังกาย วัดความดันโลหิตและอัตราการเต้นของหัวใจในขณะพักทุกครั้งก่อนการออกกำลังกายเพื่อความปลอดภัย โดยนักวิจัยคนที่ 2 หลังจากครบโปรแกรมการออกกำลังกายทดสอบสมรรถภาพทางกายและประเมินการทรงตัวอีกครั้งโดยทำหลังจากวันออกกำลังกายวันสุดท้าย 1 วัน โดยนักวิจัยคนที่ 3 และผู้ช่วยวิจัยที่ไม่ทราบว่าอาสาสมัครเป็นกลุ่มใดและเป็นคนเดียวกับผู้ทำการทดสอบก่อนการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการอธิบายผลเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษาและใช้สถิติ paired t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างก่อนและหลังการออกกำลังกายภายในกลุ่มทดลอง ใช้สถิติ independent t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างหลังการออกกำลังกายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

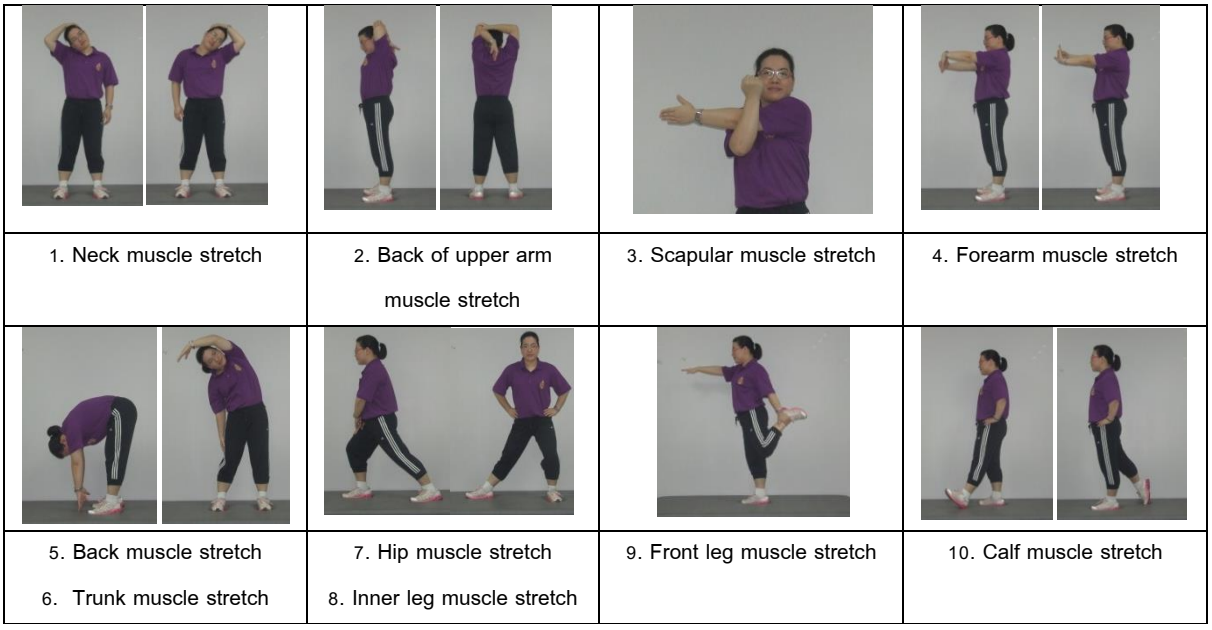
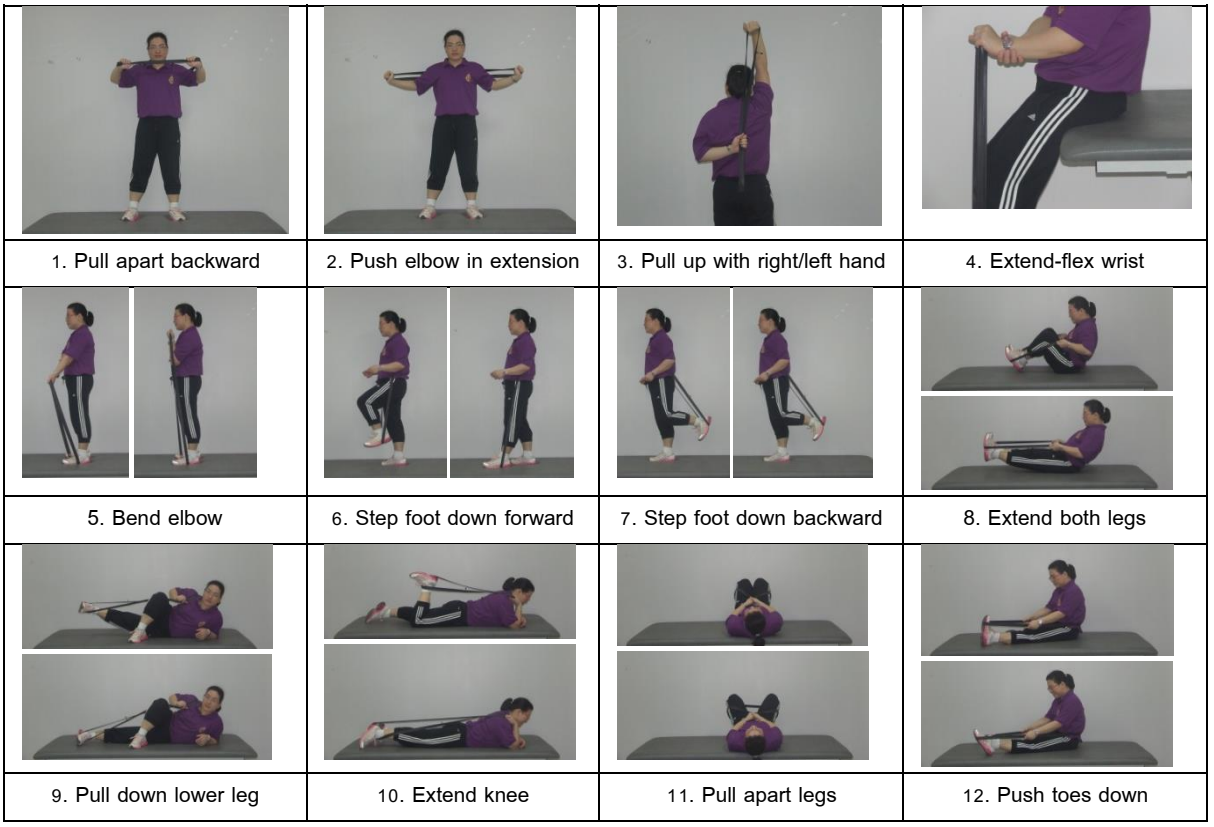


Figure 1 *Exercise program with bicycle's inner tube on improvement of physical fitness and balance in women with metabolic syndrome.*



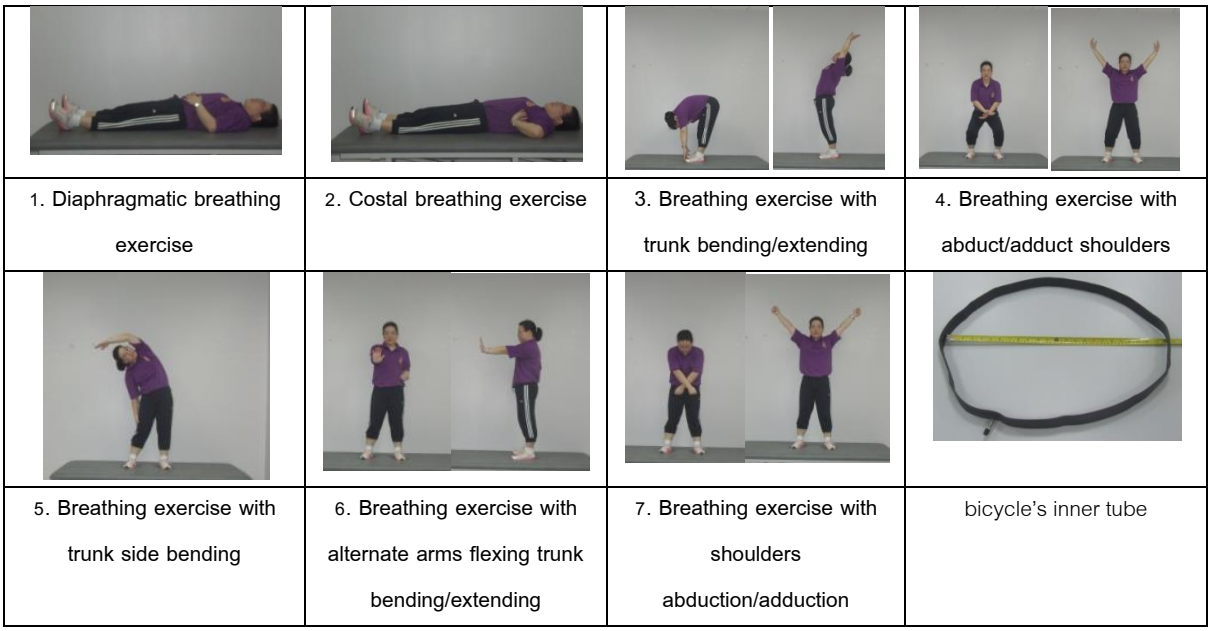


Figure 1 *Exercise program with bicycle's inner tube on improvement of physical fitness and balance in women with metabolic syndrome. (continued)*

ผลการศึกษา

รายงานนี้ศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน ในสตรีไทยจำนวน 51 ราย ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง อายุระหว่าง 30-50 ปี ให้การออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน วันละ 60 นาที 3 วันต่อสัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีอาสาสมัครจำนวน 1 รายไม่สามารถมาร่วมวิจัยได้ตามเวลาที่กำหนด โดยให้เหตุผลว่า ติดธุระส่วนตัว ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมพบว่า อายุเฉลี่ย 41.00±5.97 และ 41.96±6.88 ปี ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 31.09±5.06 และ 30.62±4.02 กิโลกรัม/เมตร^2 ค่าความดันโลหิตเฉลี่ยเท่ากับ 135.31±17.49/89.54±11.03และ131.56±16.06/88.16±11.12 มิลลิเมตรปรอท ค่าอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพกเฉลี่ย 0.90±0.03 และ 0.87±0.05 ค่าอัตราการเต้นของหัวใจเฉลี่ยเท่ากับ 78.88±9.69 และ 83.00±9.78 ครั้ง/นาที และค่า total cholesterol เฉลี่ย 202.77±33.45 และ 215.24±41.74 mg/dL ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 The subject's demographic data.

Variables	Resistance exercise group (n=26) (Mean±SD)	Control group (n=25) (Mean±SD)
Age (year)	41.00±5.97	41.96±6.88
Body mass index (kg/m^2)	31.09±125.06	30.62±4.02
Waste to hip ratio	0.90±0.03	0.87±0.05
Systolic/Diastolic blood pressure (mmHg)	135.31±17.49/89.54±11.03	131.56±16.06/88.16±11.12
Heart rate (beat/min)	78.88±9.69	83.00±9.78
Total cholesterol (mg/dl)	202.77±33.45	215.24±41.74

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรก่อนและหลังการทดลองออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอาสาสมัครกลุ่มทดลองมีการเพิ่มขึ้นของตัวแปร ดังนี้ ระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาที (6MWT), grip strength, back strength, sit and reach, shoulder flexibility test และมีการลดลงของเวลาที่ใช้ในการทดสอบการทรงตัว (TUG) และ total cholesterol ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ %body fat ที่ลดลง (Table 2)

Table 2 Variables before and after 8 weeks exercise by bicycle's inner tube in women with metabolic syndrome (n=26).

Variables	Pre exercise	After exercise	*p*-value	95% Confidence difference	
	Mean±SD	Mean±SD		Lower	Upper
6MWT (meter)	386.81±43.10	423.46±46.06	0.00*	-50.34	-22.96
Grip strength (kg)	28.20±3.46	29.52±3.59	0.00*	-2.14	-.49
Back strength (kg)	74.44±17.89	90.80±25.77	0.00*	-26.80	-5.92
Shoulder flexibility (cm)	-9.00±8.07	-3.48±3.63	0.00*	-7.91	-3.12
Sit and reach (cm)	10.26±8.40	12.46±7.26	0.00*	-3.25	-1.12
TUG (sec)	7.62±0.94	6.56±1.37	0.00*	.60	1.51
%Body fat	45.02±0.15	44.94±0.25	0.07	-.01	.17
Total cholesterol (mg/dl)	202.77±33.45	177.50±25.18	0.00*	11.72	38.81

*significant differences between before and after training; p<0.05

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีดังนี้ 6MWT 36.65±33.89, 2.28±40.75 เมตร ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มทดลองและลดลงในกลุ่มควบคุม grip strength 1.31±2.03, -1.60±3.82 กิโลกรัม back strength 16.36±25.84, -9.21±18.86 กิโลกรัม shoulder flexibility 5.51±5.93, -22.14±15.04 เซนติเมตร sit and reach 2.19±2.63, -2.58±4.18 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ลดลงในกลุ่มทดลองและเพิ่มขึ้นในกลุ่มควบคุม มีดังนี้ TUG -1.06±1.11, 0.04±0.88 วินาที %body fat -0.08±0.22, 0.01±0.13 total cholesterol (mg/dL) -25.26± 33.52, 1.68±24.52 ซึ่งพบว่า 6MWT, shoulder flexibility, TUG และ total cholesterol มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ sit and reach, back strength, grip strength และ %body fat หลังการทดลองระหว่างกลุ่ม (Table 3)

Table 3 Variable improvement between control group (n=26) and exercise by bicycle's inner tube group (n=25) in women with metabolic syndrome (independent t-test).

Variables	Exercise (n=26)	Control (n=25)	*p*-value	95% Confidence difference	
	Mean±SD	Mean±SD		Lower	Upper
6MWT (meter)	36.65±33.89	2.28±40.75	0.00*	13.31	55.43
Grip strength (kg)	1.31±2.03	-1.60±3.82	0.74	-1.99	1.43
Back strength (kg)	16.36±25.84	-9.21±18.86	0.26	-5.62	19.92
Shoulder flexibility (cm)	5.51±5.93	-22.14±15.04	0.00*	-23.01	-10.23
Sit and reach (cm)	2.19±2.63	-2.58±4.18	0.69	-2.34	1.57
TUG (sec)	-1.06±1.11	0.04±0.88	0.00*	-1.66	-0.52
%Body fat	-0.08±0.22	0.01±0.13	0.79	-0.20	0.01
Total cholesterol (mg/dl)	-25.26± 33.52	1.68±24.52	0.00*	-43.53	-10.36

*significant differences between exercise and control group; p<0.05

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ก่อนการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานของกลุ่มอาสาสมัครสตรีที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุง เมื่อเปรียบเทียบสมรรถภาพทางกายกับค่ามาตรฐานตามเพศและอายุ พบว่าค่าสมรรถภาพทางกายอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง แต่การทรงตัวอยู่ในระดับปลอดภัยสำหรับการเคลื่อนไหวในกิจวัตรประจำวัน แสดงให้เห็นว่าผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีสมรรถภาพทางกายที่เสี่ยงต่อโรคเรื้อรังและปัญหาสุขภาพ เนื่องจากกลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีการสะสมของไขมันบริเวณท้องในปริมาณมากจึงมีความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรัง[11] การที่อาสาสมัครมีสมรรถภาพทางกาย ด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในระดับต่ำมากสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงที่ไม่ค่อยทำกิจกรรมทางกาย เป็นไปตามข้อมูลพื้นฐานที่สำรวจข้อมูลพื้นฐานที่พบว่าอาสาสมัครไม่มีการทำกิจกรรมทางกายในระดับหนักร้อยละ 72 อาสาสมัครใช้เวลาว่างพักผ่อนโดยไม่ทำกิจกรรมทางกาย เช่น นอนหรืออ่านหนังสือ

หลังออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยาน 8 สัปดาห์ ในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงมีแนวโน้มการทำงานของหัวใจมีประสิทธิภาพและสมรรถภาพร่างกายที่ดีขึ้น เห็นได้จากระยะทางที่เดินได้ใน 6 นาทีเพิ่มขึ้น เนื่องจากการฝึกออกแรงกล้ามเนื้อมัดใหญ่ทั้ง 12 ท่า ตามหลักการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านเป็นการออกแรงความหนักระดับปานกลางต้านทานกับความหนืดของยางในรถจักรยานที่เปรียบเทียบได้กับยางยืด Thera band สีน้ำเงิน มีความหนักประมาณ 5.8 ปอนด์/2.6 กิโลกรัม โดยคณะผู้วิจัยได้ทดสอบความหนักของโปรแกรมด้วยการบันทึกอัตราการเต้นของหัวใจขณะออกกำลังกายโดยควบคุมให้อยู่ระหว่าง 120-140 ครั้งต่อนาที และสอบถามระดับความเหนื่อยของอาสาสมัครขณะออกกำลังกายด้วย การฝึกที่ความหนักระดับปานกลางนี้มีผลต่อการทำงานของระบบ

หัวใจและหลอดเลือดในการส่งเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ทำงานอย่างต่อเนื่อง ทำให้สมรรถภาพทางกายดีขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกเพิ่มขึ้นเช่นกัน เป็นผลจากการให้กล้ามเนื้อทำงานต้านแรงต้านจากความหนืดของยางในรถจักรยาน สอดคล้องกับการศึกษาของ Myers และคณะที่พบว่าการฝึกแรงต้านทานด้วยยางยืดสามารถช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ[12] ด้านความยืดหยุ่นของร่างกายที่เพิ่มขึ้น เป็นผลของโปรแกรมอบอุ่นร่างกายที่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 ท่า ก่อนการออกกำลังกายทุกครั้ง รวม 24 ครั้ง ร่วมกับผลของการทำงานของกล้ามเนื้อทำให้อุณหภูมิภายในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น จึงส่งผลต่อความยืดหยุ่นดังกล่าว และการทรงตัวขณะเคลื่อนที่ดีขึ้นโดยเห็นได้จากระยะเวลาที่ทำได้ในการทดสอบ TUG ลดลง เนื่องจากการควบคุมการทรงตัวขึ้นกับปัจจัยด้านการรับความรู้สึก (sensory) การทำงานของกล้ามเนื้อ (motor) และการรับรู้ (cognition)[13] อาสาสมัครได้รับการฝึกด้วยท่าทางและขนาดแรงต้านที่เป็นการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อจึงส่งเสริมให้ความสามารถในการทรงตัวในกลุ่มตัวอย่างดีขึ้นได้ แตกต่างผลการศึกษาก่อนหน้าที่ไม่พบความแตกต่างของการทรงตัว (TUG) ระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายด้วย Thera band[14] ขณะออกกำลังกายมีการใช้แรงในการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อมัดใหญ่ที่เป็นจังหวะและต่อเนื่อง ยังสามารถช่วยให้มีการปรับตัวของระบบประสาท (neural adaptation) ที่ 2-3 สัปดาห์แรกของการออกกำลังกาย ทำให้ระบบประสาททำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นและยังทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติของหัวใจทำงานได้ดีขึ้น สัมพันธ์กับสมรรถภาพของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต[15] การออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องเป็น 60 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ 8 สัปดาห์ ในระดับความหนักปานกลาง ส่งผลให้อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายสูงขึ้น มีการใช้พลังงานจากไขมันและคาร์โบไฮเดรตมากขึ้นจึงทำให้แหล่งพลังงานที่เป็นไขมันในเลือดลดลงด้วย

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sundell และคณะที่พบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านทานในนักกีฬาสามารถพัฒนากำลังความแข็งแรง ขนาดของกล้ามเนื้อและมวลกระดูกและยังมีประโยชน์ในการเผาผลาญไขมันมากกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก[16] โดยทั่วไป คนปกติมักนิยมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกมากกว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน แต่จากการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านมีประโยชน์มาก โดยเฉพาะในกลุ่ม metabolic syndrome เพราะสามารถรักษาและป้องกันโรคได้ดีกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิก นอกจากนี้ ผู้ที่เป็นโรคอ้วนยังมีระบบการหายใจที่แย่ลงส่งผลให้มีอาการเหนื่อยหอบง่าย การทำงานของระบบหายใจในคนอ้วนต้องการใช้ปริมาณออกซิเจนมากกว่าคนปกติ[5] คนอ้วนจะมีความรู้สึกเหนื่อยเมื่อให้ออกกำลังกายจึงทำได้ไม่นาน การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตได้[17] ดังนั้นโปรแกรมการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านด้วยยางในรถจักรยานในครั้งนี้จึงเหมาะสมสำหรับกลุ่มอาการอ้วนลงพุง ทั้งนี้ขณะออกกำลังกายมีช่วงหยุดพักระหว่างเปลี่ยนท่าและระหว่างรอบทำให้ไม่เหนื่อยมากสามารถทำได้ครบ 60 นาที อาสาสมัครได้รับประโยชน์จากการออกกำลังกายทั้งด้านการป้องกันภาวะแทรกซ้อนและควบคุมโรคอีกด้วย

จากการศึกษา ทำให้ทราบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนลงพุงมีพื้นฐานสมรรถภาพทางกายในระดับต่ำกว่าปกติ มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพ ทั้งความดันโลหิตสูง โรคหอบหืดและโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อได้ จึงควรส่งเสริมสมรรถภาพด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่น และการทรงตัวในผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงด้วย โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีผลต่อสมรรถภาพทางกายดังกล่าว ทำให้สมรรถภาพมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงสามารถนำการออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานนี้ไปประยุกต์ใช้ได้ งานวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องการควบคุมกิจวัตรประจำวันของอาสาสมัคร มีการดำเนินการออกกำลังกายสองสถานที่เนื่องจากการสุ่มเข้ากลุ่มได้อาสาสมัครที่อาศัยอยู่ห่างกันและกิจกรรมทางสังคมของอาสาสมัครตามวัฒนธรรมของชุมชนที่มีผลต่อการบริโภค เช่น งานปีใหม่ งานกฐิน งานเลี้ยงสังสรรค์

สรุปผลการศึกษา

การออกกำลังกายด้วยยางในรถจักรยานสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายด้าน ความยืดหยุ่นของข้อไหล่ สมรรถภาพของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต ลดไขมันในเลือด และเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้ที่มีกลุ่มอาการอ้วนลงพุงได้ สามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปแสดงให้เห็นถึงผลของการออกกำลังกายและประยุกต์ใช้วัสดุเหลือใช้ในการออกกำลังกายต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และขอขอบพระคุณเทศบาลตำบลนางแลและท่าสุด ในความร่วมมือจนงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Deerochanawong, C. Metabolic Syndrome. Royal College Bulletin. 2006; 23(1): 5-17
2. Costa TR, Lima TP, Gontijo PL, Carvalho HA, Cardoso FP, Faria OP, et al Correlation of respiratory muscle strength with anthropometric variables of normal-weight and obese women. Rev Assoc Med Bras 2010; 56(4): 403-8.
3. Pitayatienanan P, Butchon R, Yothasamut J, Aekplakorn W, Teerawattananon Y, Suksomboon N, et al. Economic costs of obesity in Thailand: a retrospective cost-of-illness study. BMC Health Serv Res 2014; 14:146. doi:10.1186/1472-6963-14-146.
4. Chen WL, Wang CC, Wu LW, Kao TW, Chan JY, Chen YJ, et al. Relationship between lung function and metabolic syndrome. PLoS One 2014; 9(10): e108989. Doi:10.1371/journal.pone.0108989.
5. Mongkol S. The effect of obesity on respiratory and cardiovascular system. Bull Chiang Mai Assoc Med Sci 2555; 45: 10-16.
6. Del Porto HC, Pechak CM, Smith DR, Reed-Jones RJ. Biomechanical effects of obesity on balance. Int J Exerc Sci 2012; 5: 301-20.
7. Schmitz KH, Jensen MD, Kugler KC, Jeffery RW, Leon AS. Strength training for obesity prevention in midlife women. Int J Obes 2003; 27: 326–33. doi:10.1038/sj.ijo.802198.
8. Croymans DM, Krell SL, Oh CS, Katiraie M, Lam CY, Harris RA, et. al. Effects of resistance training on central blood pressure in obese young men. J Hum Hypertens 2014; 28(3): 157–64. doi:10.1038/jhh.2013.81.
9. Oesen S, Halper B, Hofmann M, Jandrasits W, Franzke B, Strasser EM, et.al. Effects of elastic band resistance training and nutritional supplementation on physical performance of institutionalized elderly — A randomized controlled trial. Exp Gerontol 2015; 72: 99-108.
10. Misra A, Alappan NK, Vikram NK, Goel K, Gupta N, Mittal K, et al. Effect of supervised progressive resistance-exercise training protocol on insulin sensitivity, glycemia, lipids, and body composition in Asian Indians with type 2 diabetes. Diabetes Care 2008; 31: 1282-7. doi: 10.2337/dc07-2316.
11. Rao DP, Dai S, Lagace´C, Krewski D. Metabolic syndrome and chronic disease. Chronic Dis Inj Can 2014; 34(1): 36-45.
12. Myers JB, Pasquale MR, Laudner KG, Sell TC, Bradley JP, Lephart SM. On-the-field resistance-tubing exercises for throwers: an electromyographic analysis. J Athl Train 2005; 40(1): 15-22.
13. Waldman M. Balance. In: Huber F, Well C, editor. Therapeutic exercise: treatment planning for progression. St. Louis, USA: Elsevier Saunders; 2006: 127-30.
14. Yu W, An C, Kang H. Effects of resistance exercise using thera-band on balance of elderly adult: a randomized controlled trial. J Phys Ther Sci 2003; 25: 1471-3. doi:10.1589/jpts.25.1471.
15. Castinheiras-Neto AG, da Costa-Filho IR, Veras Farinatti PT. Cardiovascular responses to resistance exercise are affected by workload and intervals between sets. Arq Bras Cardiol 2010; 95(4): 493-501.
16. Sundell J. Resistance training Is an effective tool against metabolic and frailty syndromes. Adv Prev Med 2011; 2011:984683. doi:10.4061/2011/984683.
17. Osho OA, Akinbo S, Osinubi A, Olawale O. Effect of weight bearing and non-weight bearing aerobics combined with resistance exercises on the cardiopulmonary functions of Nigerians with type 2 diabetes mellitus. J Diabetes Metab 2011; S10:001. doi:10.4172/2155- 6156.S10-001.

การศึกษาเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่สูบบุหรี่ สูบบุหรี่มือสอง และไม่สูบบุหรี่

Comparison of respiratory muscle strength between cigarettes smokers, second-hand smokers and non-cigarettes smokers

กนกทิพย์ สว่างใจธรรม[1] เบญจมาภรณ์ หาญเจริญกุล[1*] สรายุธ มงคล[3]

Kanokthip Sawangjaithum[1] Benjamaporn Hancharoenkul[1*] Sarayoot Mongkol[3]

อัจฉราภรณ์ คำศรีใจ[2] ศิวรักษ์ กิจชนะไพบูลย์[3]

Utcharaporn Kamsrijai[2] Siwaruk Kitchanapaiboon[3]

[1]สาขากายภาพบำบัด สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

[1]Physical Therapy Department, School of Health Sciences, Mae Fah Luang University, Chiang Rai Province, Thailand

[2]สาขาปรีคลินิก สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

[2]Pre Clinic Department, School of Health Sciences, Mae Fah Luang University, Chiang Rai Province, Thailand

[3]คณะกายภาพบำบัด วิทยาลัยเซนต์หลุยส์ กรุงเทพฯ

[3]Faculty of Physical Therapy, Saint Louis College, Bangkok, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: bright2548@hotmail.com)

* Corresponding author (Email: bright2548@hotmail.com)

Received September 2016

Accepted as revised January 2017

Abstract

Background: Smoking is a crucial problem for public health affecting smokers and also, their second-hand smokers.

Objectives: To compare the respiratory muscle strength among smoker group, second-hand smoker group, and non-smoker group.

Materials and methods: One hundred and twenty males and females, aged between 20-40 years old, were recruited and divided into three groups. Vital signs and respiratory muscle strength were measured in all subjects. Respiratory muscle strength was measured by respiratory pressure meter for three times with one minute resting period. The highest value was selected for data analysis.

Results: Result of the study demonstrated that maximal inspiratory and expiratory pressure were not significantly different among three groups (p<0.05). However, there was trend that mean values of the maximal inspiratory and expiratory pressure in non-smoker group was higher than those of other two groups.

Conclusion: Smoking might cause a decrease in mean value of the maximal inspiratory and expiratory pressure. Therefore, further study should focus in wider scope of other factors including sample size, age, sex, etc.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 132-137. Doi: 10.14456/jams.2017.12

Keywords: Respiratory muscle strength, smoker, second-hand smoker, non-smoker

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การสูบบุหรี่เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ผลกระทบจากการสูบบุหรี่สามารถเป็นอันตรายต่อทั้งผู้สูบและผู้ที่มิได้สูบที่อยู่ใกล้เคียง หรือผู้สูบบุหรี่มือสอง ได้เช่นเดียวกัน

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจของคนสูบบุหรี่ คนสูบบุหรี่มือสอง และคนที่ไม่สูบบุหรี่ ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่มีอายุระหว่าง 20-40 ปี

วัสดุและวิธีการ: คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 120 ราย ผู้ถูกทดสอบมาพบผู้วิจัยเพียงครั้งเดียว จากนั้นวัดสัญญาณชีพในทุกราย ประกอบด้วย อุณหภูมิกาย อัตราการหายใจขณะพัก อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก และค่าความดันโลหิต หลังจากนั้นวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ทำซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดยระหว่างการวัดแต่ละครั้ง ผู้ถูกทดสอบพักครั้งละ 1 นาที จากนั้นเลือกค่าที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งเป็นค่าดีที่สุดในการทดสอบ

ผลการศึกษา: พบว่าค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกของกลุ่มสูบบุหรี่ กลุ่มสูบบุหรี่มือสอง และกลุ่มไม่สูบบุหรี่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ อย่างไรก็ตาม ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกของกลุ่มสูบบุหรี่มีแนวโน้มสูงกว่าทั้งสองกลุ่ม

สรุปผลการศึกษา: การสูบบุหรี่อาจมีแนวโน้มทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกลดลง แม้ว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มที่ไม่สูบบุหรี่ จึงควรมีการศึกษาถึงปัจจัยอื่นในขอบข่ายที่กว้างขึ้น ได้แก่ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง อายุ เพศ เป็นต้น

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 132-137. Doi: 10.14456/jams.2017.12

คำสำคัญ: ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ คนสูบบุหรี่ คนสูบบุหรี่มือสอง คนไม่สูบบุหรี่

บทนำ

การสูบบุหรี่เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญและต้องการการแก้ไขในทุกประเทศ ประเทศไทยให้ความสำคัญและตระหนักต่อปัญหา รวมถึงผลกระทบจากการสูบบุหรี่และการได้รับควันบุหรี่ทางอ้อม (passive smoking) จึงมีการขับเคลื่อนและสนับสนุนให้มีการรณรงค์ให้ข้อมูลข่าวสาร การออกกฎระเบียบข้อบังคับต่างๆ และมีการควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่อย่างต่อเนื่อง ตลอดจนการผลักดันทางด้านกฎหมายด้วยการออกพระราชบัญญัติคุ้มครองสุขภาพผู้ไม่สูบบุหรี่ พ.ศ. 2535[1] แต่จากรายงานสถิติผู้สูบบุหรี่ในประเทศไทย พบว่าคนไทยเสียชีวิตจากโรคที่เกิดจากการสูบบุหรี่ปีละ 52,000 คน หรือวันละ 142 คน องค์การอนามัยโลกได้คำนวณไว้ว่าอีกประมาณ 25 ปีข้างหน้าทั่วโลกจะมีผู้เสียชีวิตด้วยโรคอันเนื่องมาจากการสูบบุหรี่สูงขึ้นถึงปีละ 10 ล้านคน หรือวันละ 27,000 คน[2]

การสูบบุหรี่เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้สูบบุหรี่เอง องค์การอนามัยโลกรายงานว่า การสูบบุหรี่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งปอด โรคถุงลมโป่งพอง และโรคระบบทางเดินหายใจอื่นๆ ทั้งยังเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้มากกว่าผู้ที่ไม่สูบบุหรี่[3] โรคเหล่านี้มิได้เกิดกับผู้สูบบุหรี่เท่านั้น แต่เกิดกับผู้บริสุทธิ์ที่สูดหายใจเอาควันบุหรี่จากผู้สูบบุหรี่ซึ่งอยู่ในบริเวณแวดล้อมเดียวกันซึ่งเรียกว่าควันบุหรี่มือสอง (second-hand smoke) เข้าไปด้วย[4] การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการได้รับควันบุหรี่ประมาณครึ่งชั่วโมงทำให้ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่มีปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ในเลือดเท่ากับคนที่สูบบุหรี่เอง 1 มวน นอกจากนี้ยังพบว่าการอยู่ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก การสูบบุหรี่ทุก 20 มวน ทำให้ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ต้องหายใจเอาควันบุหรี่เข้าไปปริมาณเท่ากับการสูบบุหรี่เอง 1 มวน และผู้ที่ได้รับควันบุหรี่มือสองวันละ 3 ชั่วโมงขึ้นไป เสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจเพิ่มขึ้นร้อยละ 25-30 ควันบุหรี่มือสองก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบหลอดเลือดหัวใจทันทีที่ได้รับควันบุหรี่[5] ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สาร nicotine บางส่วนเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตและมีผลโดยตรงต่อการหลั่งสาร

epinephrine ทำให้ความดันโลหิตสูงและหัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ[6] การศึกษาผลการสูบบุหรี่ที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในคนไทยยังมีน้อย[7] พบแต่เพียงการเปรียบเทียบของการสูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่ที่พบว่ามีผลต่อระบบหายใจและยังไม่พบการทำการศึกษาในกลุ่มของการสูบบุหรี่มือสอง การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle strength) ของคนที่สูบบุหรี่ คนที่สูบบุหรี่มือสองและคนที่ไม่สูบบุหรี่

วัสดุและวิธีการศึกษา

<u>กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา</u>

กลุ่มคนที่สูบบุหรี่ สูบบุหรี่มือสอง และกลุ่มคนที่ไม่สูบบุหรี่ ทั้งเพศชายและเพศหญิง มีอายุอยู่ระหว่าง 25-40 ปี จำนวนกลุ่มละ 40 ราย ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดเชียงราย ทั้งสามกลุ่มมีอายุ เพศ น้ำหนัก และส่วนสูง ที่ไม่แตกต่างกันสำหรับในกลุ่มที่สูบบุหรี่มีจำนวนมวนของบุหรี่ที่ใช้สูบภายในกลุ่มใกล้เคียงกัน และมีระยะเวลาในการสูบบุหรี่ไม่แตกต่างกันในทั้งสองกลุ่มโดยให้คำจำกัดความของผู้สูบบุหรี่ดังนี้

ผู้ที่สูบบุหรี่เป็นประจำ หมายถึง มีนิสัยในการสูบบุหรี่และสูบบุหรี่สม่ำเสมอเป็นประจำทุกวัน วันที่มีกิจธุระ หรือป่วยอาจงดสูบบุหรี่เป็นการชั่วคราว[3] สูบบุหรี่มานานตั้งแต่ 1 ปีเป็นต้นไป (กลุ่มที่สูบบุหรี่ต้องมีความถี่ และระยะเวลาในการสูบบุหรี่ที่ไม่แตกต่างกันและมีจำนวนมวนของบุหรี่ที่สูบภายในกลุ่มไม่แตกต่างกัน)

ผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ หมายถึง คนที่ไม่สูบบุหรี่ชนิดใดเลย มีสุขภาพแข็งแรง ไม่มีประวัติของคนในครอบครัวสูบบุหรี่ ไม่สูบบุหรี่ตลอดชีวิต หรือ จำนวนสูบทั้งหมดน้อยกว่า 0.5 ซอง/ปี และไม่สูบเลยในช่วง 6 เดือนหลัง ไม่มีประวัติโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและไม่มีประวัติอยู่ใกล้ชิดกับคนที่สูบบุหรี่ (second-hand smoker)[8]

ผู้ที่สูบบุหรี่มือสอง (second-hand smoker) หมายถึง ผู้ที่มิได้สูบบุหรี่แต่ได้รับควันบุหรี่จากสิ่งแวดล้อมหรือจากผู้สูบบุหรี่ที่อยู่ใกล้ โดยมีระยะเวลาสัมผัสควันบุหรี่จากผู้อื่น 30 นาที ถึง 3 ชั่วโมงต่อวัน[2]

โดยมีเกณฑ์คัดออกคือ มีโรคประตัว เช่น มะเร็งปอด มะเร็งในช่องปาก วัณโรค หอบหืด โรคหัวใจหรือภาวะที่เป็นข้อห้ามในการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ เช่น ไอเป็นเลือด ภาวะลมรั่วในช่องเยื่อหุ้มปอด ความดันโลหิตสูง ความดันโลหิตต่ำ เพิ่งได้รับการผ่าตัด เส้นเลือดแดงโป่ง ติดเชื้อทางระบบทางเดินหายใจ หรือสตรีมีครรภ์ มีความผิดปกติของการมองเห็นและการสื่อสาร และออกกำลังกายอย่างน้อย 30 นาที หรือ ดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ หรือคาเฟอีนมาอย่างน้อย 2 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

วิธีการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ผ่านการรับรองงานจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตามเอกสารเลขที่ REH-54013 อาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยลงลายมือชื่อแสดงความยินยอม ตอบแบบสอบถาม และตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ก่อนทำการศึกษา คณะผู้วิจัยได้เข้าไปทำความคุ้นเคยกับชุมชนใน จังหวัดเชียงราย เพื่อคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ โดยอธิบายข้อมูลเกี่ยวกับการทำวิจัยและการเข้าร่วมในการศึกษาวิจัย รวมไปถึงเพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ตรงกับเกณฑ์การคัดเข้าและเพื่อให้ได้จำนวนของผู้ถูกทดลองตามที่โครงการวิจัยกำหนดไว้

<u>การเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม</u>

ในการศึกษาวิจัยครั้ง มีกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 120 ราย ถูกคัดเลือกโดยการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถาม ซึ่งดัดแปลงมาจาก ATS-DLD-78 Respiratory Adult Questionnaire (แปลแบบสอบถามเป็นภาษาไทยและนำไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.72) เพื่อนำมาแบ่งกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มสูบบุหรี่ (เพศชายจำนวน 20 ราย และเพศหญิงจำนวน 20 ราย) กลุ่มสูบบุหรี่มือสอง (เพศชายจำนวน 20 ราย และเพศหญิงจำนวน 20 ราย) และกลุ่มไม่สูบบุหรี่ (เพศชายจำนวน 20 ราย และเพศหญิงจำนวน 20 ราย)

<u>การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ</u>

หลังจากแบ่งกลุ่ม ผู้ถูกทดสอบได้รับคำอธิบายเกี่ยวกับการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ วิธีการทำ และประโยชน์ที่ได้จากการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ผู้ถูกทดสอบทุกคนต้องเซ็นชื่อยินยอมเพื่อเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้ผู้ถูกทดสอบมาพบผู้วิจัยเพียงครั้งเดียว จากนั้นวัดสัญญาณชีพประกอบด้วย ความดันโลหิต และอัตราการเต้นหัวใจ หลังจากนั้นวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจด้วยเครื่อง Respiratory Pressure Meter (MicroRPM®, Micromedical, England) จำนวน 3 ครั้ง พัก 5 นาที ระหว่างการทดสอบ และวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกจำนวน 3 ครั้ง นำค่าที่อาสาสมัครทำได้ดีที่สุดมาวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) และ independent t-test อธิบายข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ one-way ANOVA การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่ได้ในทั้งสามกลุ่มโดยกำหนดค่านับสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการศึกษา

คุณลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 120 ราย (Table 1) แบ่งกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจงออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มสูบบุหรี่ (เพศชายจำนวน 20 ราย และเพศหญิงจำนวน 20 ราย) กลุ่มสูบบุหรี่มือสอง (เพศชายจำนวน 20 รายและเพศหญิงจำนวน 20 ราย) และกลุ่มไม่สูบบุหรี่ (เพศชาย จำนวน 20 ราย และเพศหญิงจำนวน 20 ราย) จากตารางที่ 1 พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของกลุ่มสูบบุหรี่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่สูบบุหรี่และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของกลุ่มไม่สูบบุหรี่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มสูบบุหรี่ และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง แสดงให้เห็นว่าการสูบบุหรี่และการสูบบุหรี่มือสองมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตทั้งขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัว อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม

Table 1 The demographic data of subjects (N=120).

	Smoker group (N=40)	**Second hand smoker group (N=40)**	**Non-smoker group (N=40)**	***p*-value**
Age (year)	30.55±3.87	32.22±4.12	32.45±4.79	0.60
Body temperature(Celsius)	36.73±0.41	36.45±0.56	36.72±0.39	0.63
Resting heart rate (beat per minute)	91.55±12.29	84.5±11.41	87.30±13.70	0.96
Resting respiratory rate (beat per minute)	21.02±1.44	20.27±1.30	20.07±1.11	0.70
Systolic blood pressure (mmHg)	125.45±12.88	125.47±13.79	122.35±15.99	0.13
Diastolic blood pressure(mmHg)	83.2±10.20	84.57±9.40	79.65±10.96	0.22

Data are presented as mean±SD

ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้า (maximal static inspiratory pressure; MIP) และ ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออก (maximal static expiratory pressure; MEP) ในกลุ่มไม่สูบบุหรี่มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสูบบุหรี่และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง (Table 2) แสดงให้เห็นว่า กลุ่มไม่สูบบุหรี่มีแนวโน้มที่จะมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกมากกว่ากลุ่มสูบบุหรี่และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าสูงสุดของ MIP และ MEP มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยการใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าค่า MIP และ MEP ทั้งกลุ่มสูบบุหรี่ กลุ่มสูบบุหรี่มือสอง และกลุ่มไม่สูบบุหรี่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลมาสถิติในเรื่องของเพศชายและเพศหญิง เปรียบเทียบกันทั้ง 3 กลุ่มพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.00$

Table2 Comparison of respiratory muscle strength between groups (N=120).

	Smoker group (N=40)	**Second hand smoker group (N=40)**	**Non-smoker group (N=40)**	***p*-value**
Maximal static inspiratory pressure (cmH2O)	106.6±36.28	108.13±19.77	112.95±32.20	0.80
Maximal static expiratory pressure (cmH2O)	127.95±30.72	119.98±34.34	133.20±39.51	0.51

Data are presented as mean±SD

วิเคราะห์ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (respiratory muscle strength) ของคนสูบบุหรี่ คนสูบบุหรี่มือสอง และคนที่ไม่สูบบุหรี่ การศึกษาพบว่า อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักของกลุ่มสูบบุหรี่ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่สูบบุหรี่และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง และพบว่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวของกลุ่มไม่สูบบุหรี่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มสูบบุหรี่ และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง แสดงให้เห็นว่าคนที่สูบบุหรี่และคนที่สูบบุหรี่มือสองมีแนวโน้มจะมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และคลายตัวสูงกว่าคนที่ไม่สูบบุหรี่ และอาจมีแนวโน้มสูงในคนที่สูบบุหรี่มากกว่าคนที่ไม่สูบบุหรี่และสูบบุหรี่มือสอง รายงานวิจัยของ Burns และคณะพบว่าสารนิโคตินในบุหรี่ซึ่งดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดมีผลโดยตรงต่อต่อมหมวกไตให้ปล่อยสาร catecholamine ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจ และความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น[9] Comroe และคณะพบว่าสารนิโคตินสามารถจับกับ chemoreceptor ใน carotid และ aortic body ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มข้นของสารนิโคตินเพียงเล็กน้อยสามารถกระตุ้นเซลล์ประสาทใน sympathetic ganglion ได้ ส่งผลทำให้ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและคลายตัวรวมถึงอัตราการเต้นของหัวใจสูงขึ้น[10] จากผลการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจออกของคนสูบบุหรี่ คนที่สูบบุหรี่มือสอง และคนที่ไม่สูบบุหรี่ ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม แต่อาจมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและออกในกลุ่มที่ไม่สูบบุหรี่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสูบบุหรี่และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Terzano และคณะ ที่พบว่า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังลดลงตามความรุนแรงของโรค การสูบบุหรี่หรือได้รับควันบุหรี่ ส่งผลให้ทำให้เยื่อหุ้มปอดเกิดการแข็งตัวหรือมีพังผืดเกิดขึ้นภายในปอดไม่สามารถขยายตัวได้เต็มที่ ส่งผลทำให้ปอดสูญเสียความยืดหยุ่นของการคืนสภาพทั้งภายในและภายนอกของผนังทรวงอก มีผลต่อความดันอากาศภายในปอด ปริมาตรอากาศที่เข้าและออกจากปอดลดลง ทำให้การทำงานประสานสัมพันธ์ระหว่างกล้ามเนื้อกระบังลมและกล้ามเนื้อหายใจลดลง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจลดลงได้[11] แสดงให้เห็นว่าการสูบบุหรี่สามารถส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ สาเหตุหนึ่งอาจมาจากนิโคตินมีผลระงับการทำงานของตัวรับแอเซทิลโคลีน (acetylcholine receptors) ในศูนย์สำหรับควบคุมการหายใจที่อยู่ในก้านสมอง ซึ่งส่งยับยั้งการทำงานของเซลล์ประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ ได้แก่ กลุ่มเซลล์ประสาทของเส้นประสาทสมองคู่ที่ 12 ซึ่งอยู่ในเมดัลลา ออบลองกาตา (medulla oblongata) กลุ่มเซลล์ประสาทใน anterior horn ของไขสันหลังระดับคอและทรวงอก[12] ส่งผลต่อกระบวนการการหายใจที่ต้องอาศัยการทำงานประสานสัมพันธ์กันระหว่างกล้ามเนื้อกระบังลม กล้ามเนื้อ external และ internal intercostal เพื่อทำให้ทรวงอกและปอดเกิดการเคลื่อนไหว ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศกับความดันภายในถุงลม หากสูญเสียกระบวนการการทำงานดังกล่าวจะทำให้แรงดันที่เกิดขึ้นขณะหายใจลดลง ส่งผลต่อการวัดแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้เช่นเดียวกัน

ข้อจำกัดของการศึกษาครั้งนี้

การนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ทั้งข้อมูลจากผลค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ในผู้สูบบุหรี่ ผู้สูบบุหรี่มือสองและผู้ไม่สูบบุหรี่นั้น มีข้อจำกัดของการศึกษาที่ควรนำมาพิจารณา คือ อาสาสมัครขอถอนตัวหลังจากการคัดเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากมีความกลัวกับการทดสอบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจและกังวลกับผลตรวจค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่อาจพบความผิดปกติส่งผลให้เกิดความไม่สบายใจ จึงขอถอนตัวจากการศึกษา

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ปัจจัยอื่นที่คณะผู้วิจัยยังไม่ได้ศึกษาร่วมด้วย เช่น ปัจจัยจากพฤติกรรมการทำงาน ฝุ่นหรือควันต่างที่ได้รับ ปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น หรือทำการศึกษาในช่วงอายุอื่นๆ เนื่องจากช่วงอายุ 25-40 ปีที่ผู้วิจัยทำการศึกษา กล้ามเนื้อหายใจยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางโครงสร้างหรือหน้าที่การทำงาน หากศึกษาถึงปัจจัยอื่นร่วมด้วยอาจจะสะท้อนให้เห็นถึงสภาวะการณ์ที่เป็นจริงมากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่ายังไม่มีความชัดเจนในเรื่องของความแข็งแรงกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มสูบบุหรี่ ไม่สูบบุหรี่ และสูบบุหรี่มือสอง แต่อย่างไรก็ตามก็พบว่ามีแนวโน้มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มไม่สูบบุหรี่มีค่าสูงกว่ากลุ่มสูบบุหรี่และกลุ่มสูบบุหรี่มือสอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) ที่สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Thailand. Department of Disease Control, Ministry of Public Health. The Non-smokers' Health Protection Act of 1992. 6th ed. Bureau of Tobacco Control, Bureau of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control:Ministry of Public Health. 2005. (in Thai).
2. Jones C. Harms of cigarette smoking in respiratory and circulatory system. In: Vachalathiti R, editor. Physical therapy and harms of cigarette smoking. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai).
3. National Statistical Office. Statistical Year Book Thailand 2004: Survey of Thai smokers practice. Ministry of Information and Communication Technology. Bangkok, Thailand. 2004.
4. American Cancer Society. Secondhand Smoke. [Internet]. [cited 2015 Nov 13]. Available from: http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/tobaccocancer/secondhand-smoke
5. Bureau of Tobacco Control, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. Cigarette second hand smoke. [Internet]. [cited 2010 Jul 7]. Available from: http://www.thaiantitobacco.com/th/index.php?option=com_content&tesk=view&id=161&Itemid=41.
6. Moyer TP, Charlson JR, Enger RJ, Dale LC, Ebbert JO, Schroeder DR, et al. Stimultanous analysis of nicotine, nicotine metabolites and tobacco alkaloids in serum or urine by tandem mass spectrometry, with clinically relevant metabolic profiles. ClinChem 2002; 48: 1460-71.
7. Tantisuwat A,Thaveeratitham P. Effects of smoking on chest expansion, lung function, and respiratory muscle strength of youths. J Phys Ther Sci 2014; 26: 167-70.
8. The World Bank. Curbing the epidemic: governments and the economics of tobacco control 1999. Washington D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. (in Thai)., translated from English]. Bureau of Tobacco Control: Ministry of Public Health. 2000.
9. Burns HJ, Rand MJ. Action of nicotin on the heart. Br Med J 1958; 18: 137-9.
10. Comroe JH Jr. The pharmacological actions of nicotine. Ann NY Acad Sci 1960; 90: 48-51.
11. Terzano C, Ceccarelli D, Conti V, Graziani E, Ricci A, Petroianni A. Maximal respiratory static pressures in patients with different stages of COPD severity. Respir Res 2008; 21: 9:8. doi: 10.1186/1465-9921-9-8.
12. Shao XM, Feldman JL. Central cholinergic regulation of respiration: nicotinic receptors. Acta Pharmacol Sin 2009; 30: 761-70.doi: 10.1038/aps.2009.88.

การประเมินท่าทางการทำงานและความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อในช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว

Assessment of working posture and work-related musculoskeletal disorders in Dok Kaew broom weaving workers

*อรุณีย์ พรหมศรี**

*Arunee Promsri**

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา

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

* *ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: arunee.pr@up.ac.th)*

* *Corresponding author (Email: arunee.pr@up.ac.th)*

Received September 2016

Accepted as revised January 2017

Abstract

Background: Working posture is one important factor of the ergonomics. If workers perform an awkward working posture such as long-term excessive bending from neutral position of a part of the body or repeating their working motion in high frequency in each working session, they may have work-related musculoskeletal disorders.

Objectives: To assess working posture and work-related musculoskeletal disorders in Dok Kaew broom making workers, Dong Suwan Sub-district, Dok Khamtai District, Phayao Province.

Materials and methods: Eleven volunteers were recorded their working motion in steps of making and embroidering a broomstick by two video digital cameras. Working postures were evaluated by rapid upper limb assessment (RULA) represented as the level of final score 1-4 while work-related musculoskeletal disorders were reported by the Standard Nordic Questionnaires.

Results: It was found that working postures of all volunteers were awkward postures represented by the final scores level 2-4. In the analysis of working posture, volunteers with the final score level 4 must change their working postures immediately because they raised their shoulders 20°-45°, flexed elbows 60°-100°, flexed trunk and neck more than 20°. In addition, results of work-related musculoskeletal disorders in both seven days and one year ago showed that most volunteers had disorders at wrist/hand (35.72%), elbows (28.57%), shoulder (21.43%), neck (7.14%), and low back (7.14%).

Conclusion: The working postures of Dok Kaew broom weaving workers were found within awkward postures. These might be a cause of work-related musculoskeletal disorders especially found in upper limbs, neck, and low back. Thus, to completely evaluate the ergonomic factors and work-related musculoskeletal disorders, other factors of ergonomics and physical assessments should be assessed and followed-up.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(1): 138-147. Doi: 10.14456/jams.2017.13

Keywords: Ergonomics, working posture, work-related musculoskeletal disorders, broom weaving workers

บทคัดย่อ

บทนำ: ท่าทางการทำงานเป็นหนึ่งปัจจัยสำคัญทางการยศาสตร์ หากคนงานมีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น การเอียงของส่วนของร่างกายจากแนวมาตรฐานเป็นระยะเวลานานๆ หรือเคลื่อนไหวซ้ำๆ ด้วยความถี่สูงในแต่ละรอบการทำงาน คนงานอาจได้รับการบาดเจ็บของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานได้

วัตถุประสงค์: เพื่อประเมินท่าทางการทำงานและสำรวจความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานในช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว ตำบลดงสุวรรณ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา

วัสดุและวิธีการ: อาสาสมัครจำนวน 11 ราย ได้รับการบันทึกภาพเคลื่อนไหวในขั้นตอนประกอบด้ามและการถักลายด้วยกล้องวีดีโอดิจิตอลจำนวน 2 เครื่อง ประเมินท่าทางการทำงานของอาสาสมัครด้วยแบบประเมิน rapid upper limb assessment (RULA) และประเมินผลเป็นระดับคะแนนสุดท้าย (final score) บันทึกข้อมูลความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานของอาสาสมัครด้วยแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค (Standard Nordic Questionnaires)

ผลการศึกษา: ท่าทางการทำงานของอาสาสมัครทั้งหมดเป็นท่าทางที่ไม่เหมาะสม โดยมีระดับคะแนนสุดท้ายอยู่ในระดับ 2-4 เมื่อวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของอาสาสมัครที่มีระดับคะแนนสุดท้ายในระดับ 4 ซึ่งต้องเปลี่ยนท่าทางการทำงานทันที พบว่า อาสาสมัครมีการงอข้อไหล่ 20°-45° งอข้อศอก 60°-100° ก้มลำตัว และก้มคออยู่ในช่วงมากกว่า 20° นอกจากนี้ ผลการศึกษาข้อมูลความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานทั้งในช่วง 7 วันและ 1 ปีที่ผ่านมา พบว่าอาสาสมัครมีความผิดปกติบริเวณข้อมือ/มือร้อยละ 35.72 ข้อศอก ร้อยละ 28.57 ข้อไหล่ ร้อยละ 21.43 คอ ร้อยละ 7.14 และหลังส่วนล่าง ร้อยละ 7.14

สรุปผลการศึกษา: ท่าทางการทำงานของช่างทำไม้กวาดดอกแก้วเป็นท่าทางที่ไม่เหมาะสมและอาจเป็นสาเหตุของความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่รยางค์บน คอ และหลังส่วนล่าง ดังนั้น เพื่อเป็นการประเมินปัจจัยทางการยศาสตร์และความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานอย่างสมบูรณ์ ปัจจัยทางการยศาสตร์ด้านอื่นๆ และการตรวจร่างกายควรได้รับการตรวจสอบและติดตาม

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(1): 138-147. Doi: 10.14456/jams.2017.13

คำสำคัญ: การยศาสตร์ ท่าทางการทำงาน ความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อ ช่างทำไม้กวาด

บทนำ

ไม้กวาดดอกหญ้าเป็นอุปกรณ์การทำความสะอาดในครัวเรือนที่เกิดจากภูมิปัญญาท้องถิ่น ในพื้นที่ตำบลดงสุวรรณ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา มีประชากรประกอบอาชีพทำไม้กวาดจากหญ้าก๋งที่มีเอกลักษณ์พิเศษด้วยการถักลายดอกแก้วที่บริเวณด้ามไม้กวาดและมีชื่อเรียกเฉพาะว่า 'ไม้กวาดดอกแก้ว' การประกอบอาชีพทำไม้กวาดดอกแก้วสร้างรายได้แก่ครัวเรือนและชุมชน ทั้งยังเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ระดับ 5 ดาว ของจังหวัดพะเยา ขั้นตอนการทำไม้กวาดดอกแก้วประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเตรียมดอกหญ้าก๋ง การถักดอกหญ้าเป็นมัด และการประกอบด้ามและถักลาย ขั้นตอนเตรียมดอกหญ้าก๋งและการถักดอกหญ้าเป็นมัดเป็นขั้นตอนที่ช่างทำไม้กวาดดอกแก้วส่วนใหญ่ทำเตรียมไว้เป็นจำนวนมากเพื่อเตรียมประกอบด้ามและถักลาย ในขั้นตอนการประกอบด้ามและถักลาย ช่างทำไม้กวาดดอกแก้วจะประกอบด้ามไม้กวาดและถักลายบนเก้าอี้ที่ประกอบขึ้นมาเฉพาะที่เรียกว่า 'ม้ายู'[1] (Figure 1) ในขั้นตอนนี้ ช่างทำไม้กวาดดอกแก้วต้องทำงานในท่านั่งอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ร่วมกับมีการก้มการออกแรงดึงเส้นเชือกไนล่อนเพื่อมัดด้ามไม้กวาดและถักลายเพื่อตกแต่งด้ามไม้กวาดอันเป็นเอกลักษณ์ของไม้กวาดดอกแก้ว ท่าทางการทำงานดังกล่าวอาจเป็นท่าทางที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาสุขภาพได้ การศึกษาที่ผ่านมาพบว่าความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อพบได้มากในบุคคลวัยแรงงานและยังสัมพันธ์กับลักษณะงานที่ทำและส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของบุคคลนั้นได้ [2-4]

Figure 1 *A special chair 'MaYu' for weaving Dok Kaew broom.*

การศึกษาการยศาสตร์เป็นการศึกษาธรรมชาติของงาน มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาและปรับปรุงสภาพการทำงาน เพื่อลดอันตราย ป้องกันโรค และการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน เพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีขึ้น ปัจจัยด้านสภาพและสิ่งแวดล้อมการทำงานเป็นปัจจัยหลักทางการยศาสตร์ที่ สัมพันธ์กับการเกิดกลุ่มอาการผิดปกติทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน (work-related musculoskeletal disorders)[2,5] ได้ เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านสภาพการทำงาน เช่น ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม (awkward postures) ซึ่งเป็นท่าทางการทำงานของร่างกายที่ตำแหน่งของส่วนต่างๆ ของร่างกาย เช่น ลำตัว แขน ขา หรือ คอ เบี่ยงเบนไปจากท่าปกติหรือจากแนวธรรมชาติ (neutral anatomical posture) ทั้งการบิดเอี้ยวตัว การงอ หรือ เหยียดแขนขามากเกินไป เป็นสาเหตุทำให้เกิดกลุ่มอาการผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรังได้[6] ท่าทางการทำงานที่ซ้ำซาก (repetition) หรือ การเคลื่อนไหวซ้ำๆ อย่างต่อเนื่องยังสามารถก่อให้เกิดการบาดเจ็บสะสมต่อระบบกระดูกและกล้ามเนื้อได้มากขึ้น[7] รวมถึงการออกแรงมากเกินไป (excessive force) หรือ การออกแรงปริมาณน้อยเป็นเวลานาน การออกแรงกล้ามเนื้อแบบสถิตย์ (static loading) รวมถึงแรงกดเฉพาะจุดบนส่วนของร่างกาย (localized contact stress) จากการออกแรงจับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่แข็งมากเกินไป สามารถเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อได้เช่นกัน ในขณะที่ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมการทำงานทั้งการจัดระบบงาน ลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานโดยเฉพาะอุปกรณ์ที่แข็งหรืออุปกรณ์ที่มีการสั่นสะเทือน (vibration) รวมถึงลักษณะของสถานที่ทำงาน เช่น ความสูงต่ำของระดับหน้างานที่ไม่เหมาะสมกับคนงาน ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้คนงานมีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมและส่งผลให้เกิดอันตรายหรือความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานได้เช่นกัน[7]

จากผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม การประเมินท่าทางการทำงานตามหลักการยศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการป้องกันหรือแก้ไขลักษณะท่าทางการทำงานให้มีความเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งเป็นการประเมินท่าทางการทำงานโดยสังเกตด้วยแบบบันทึก (pen-paper based observation methods) เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในสถานประกอบการทั่วไปเนื่องจากสามารถประเมินได้ง่าย สะดวก และไม่รบกวนการทำงานที่ต้องการประเมิน ทำให้สามารถประเมินท่าทางการทำงานนั้นๆ ได้อย่างแท้จริงและเป็นธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น แบบประเมิน rapid upper limb assessment (RULA) ที่พัฒนาโดย McAtamney และ Corlett[8, 9] เป็นแบบสำหรับประเมินทางการยศาสตร์ที่มุ่งเน้นศึกษาสภาพสถานประกอบการ (workplaces) ที่สัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติของรยางค์บนจากการทำงาน (work-related upper limb disorders) ใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองภาระทางชีวกลศาสตร์ (biomechanical loading) และภาระทางการทรงท่า (postural loading) ของร่างกาย โดยมุ่งเน้น

ที่บริเวณคอ หลัง และรยางค์บน การประเมินองศาการเคลื่อนไหวขณะทำงาน การออกแรงของกล้ามเนื้อ และปริมาณการออกแรงซ้ำๆ ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักของการเกิดความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานที่มีสาเหตุจากการบาดเจ็บซ้ำๆ (cumulative trauma) ทั้งต่อกระดูก กล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ เส้นประสาท และหลอดเลือด[10] โดยใช้แผนภาพที่มีรูปท่าทางของร่างกาย ตารางการให้คะแนน และการสรุปผลท่าทางการทำงานที่แสดงถึงระดับของความเหมาะสมของท่าทางการทำงานนั้นๆ เป็นระดับคะแนนสุดท้าย (final score) เช่น ระดับที่ 1 หมายถึงท่าทางการทำงานเป็นที่ยอมรับได้ ระดับที่ 2 หมายถึงท่าทางการทำงานที่ควรได้รับการตรวจสอบและอาจแก้ไข ระดับที่ 3 หมายถึงท่าทางการทำงานที่ควรได้รับตรวจสอบและแก้ไขโดยเร็ว และระดับที่ 4 ท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมควรได้รับแก้ไขทันที[9] RULA นับว่าเป็นแบบประเมินที่มีความเที่ยง (reliability) ความคงที่ของแบบสอบวัด (stability) และมีความสอดคล้องภายในเนื้อหา (internal consistency) ในระดับดี อีกทั้งยังมีความตรงเชิงพยากรณ์ (predictive validity) กับอาการผิดปกติทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อในระดับสูง[11] นอกจากนี้ ผลการประเมินความเหมาะสมของท่าทางการทำงานยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระดับภาวะความไม่สบายจากการทำงาน (discomfort level) ในท่าทางการทำงานที่มีระดับคะแนนสุดท้ายในระดับสูง ซึ่งท่าทางการทำงานนั้นยังเพิ่มความเสี่ยงและสัมพันธ์กับการเกิดการบาดเจ็บ โรค หรือความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานได้[4,12,13] นอกจากนี้ มีการศึกษาพบว่าท่าทางการทำงานที่มีการเคลื่อนไหวของแขน มือ และข้อมือที่มีการยกสูงและมีการเบี่ยงข้อมือมากกว่าปกติโดยเฉพาะช่วงองศาสุดท้ายของการเคลื่อนไหว (inner range of motion) ของข้อต่อนั้นๆ รวมถึงการใช้แรงแบบสถิตย์ การเคลื่อนไหวซ้ำๆ และการก้มตัวไปด้านหน้า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเกิดความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อบริเวณกระดูกสันหลังและรยางค์บน[3]

ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาลักษณะท่าทางการทำงานและความชุกของความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานของช่างทำไม้กวาดดอกหญ้า ตำบลดงสุวรรณ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา เฉพาะในขั้นตอนการประกอบด้ามและถักลาย ข้อมูลที่ได้รับจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อการหาแนวทางการป้องกันโรคและความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงาน อีกทั้งยังเพื่อส่งเสริมคุณภาพชีวิตการทำงานของช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว

วัสดุและวิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional descriptive research) ด้วยวิธีการสังเกต (observational method) และวิธีการรายงานด้วยตนเอง (self-report) โดยผู้วิจัยคัดเลือกอาสาสมัครด้วยวิธีเจาะจง (purposive method) จากกลุ่มช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว ตำบลดงสุวรรณ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา ที่ทำงานในขั้นตอนการประกอบด้ามและถักลาย ขนาดกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยเชิงพรรณนา (เชิงสำรวจ) ใช้สูตรร้อยละ 15-30 ของจำนวนประชากรไม่เกิน 1,000 ราย[14] จากการสำรวจจำนวนสมาชิกกลุ่มไม้กวาดดอกแก้วที่ทำงานในขั้นตอนการประกอบด้ามและถักลายที่มีผลิตภัณฑ์ส่งให้กลุ่มไม้กวาดดอกแก้วอย่างสม่ำเสมอมีจำนวนประมาณ 30 ราย[1] ดังนั้น จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมของการศึกษานี้จึงอยู่ในช่วงจำนวน 4.5-9 ราย อาสาสมัครที่ยินดีเข้าร่วมการศึกษานี้มีจำนวน 11 ราย การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เครื่องมือที่ใช้การศึกษา

ใช้กล้องถ่ายภาพวิดีโอดิจิตอล (Panasonic รุ่น SDR-H60 ความละเอียด 800K pixels) จำนวน 2 เครื่อง สำหรับบันทึกภาพเคลื่อนไหวขณะทำงานของอาสาสมัคร ใช้แบบประเมิน rapid upper limb assessment (RULA) สำหรับประเมินท่าทางการทำงาน และแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิค (Standardized Nordic Questionnaire; SNQ)[15] สำหรับบันทึกตำแหน่งความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานในระหว่าง 7 วัน และ 1 ปี โดยนับจากวันที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเพื่อบันทึกตำแหน่งความผิดปกติทั้งในระยะเฉียบพลันและเรื้อรัง ตามลำดับ

วิธีการศึกษา

ผู้วิจัยสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร บันทึกตำแหน่งและความถี่ของการเกิดความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานด้วยแบบสอบถามมาตรฐานนอร์ดิคในรอบ 7 วัน และ 1 ปี ที่ผ่านมาโดยนับจากวันที่ผู้วิจัยเก็บข้อมูล บันทึกภาพเคลื่อนไหวของช่างทำไม้กวาดดอกแก้วขณะทำงานในขั้นตอนการประกอบด้ามและการถักลายด้วยกล้องถ่ายภาพวีดีโอดิจิตอลจำนวน 2 เครื่อง ในมุมมองด้านหน้า (frontal view) และมุมมองด้านข้าง (sagittal view) ระยะเวลาในการบันทึกภาพเคลื่อนไหวของ

อาสาสมัครแต่ละรายจะถูกบันทึกตลอดช่วงการทำไม้กวาด 1 อัน ใช้เวลา 10-15 นาที จากนั้นผู้วิจัยประเมินท่าทางการทำงานของอาสาสมัครในขั้นตอนการประกอบด้ามและการถักลายซึ่งเป็นขั้นตอนหลักของการทำไม้กวาดดอกหญ้าและมีลักษณะการเคลื่อนไหวซ้ำๆ (repetition) ในรอบการทำงาน[9] ด้วยแบบประเมิน RULA โดยผู้วิจัยใช้โปรแกรม EDIUS 5 ในการปรับลดความเร็วภาพวิดิทัศน์เพื่อให้ระดับคะแนนท่าทางการทำงานอย่างถูกต้องและสรุปผลการประเมินท่าทางการทำงานเป็นระดับคะแนนสุดท้าย (final score)[9]

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนานำเสนอข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับข้อมูลต่อเนื่อง และนำเสนอข้อมูลเป็นค่าความถี่และร้อยละสำหรับข้อมูลแจงนับ

ผลการศึกษา

ข้อมูลลักษณะกลุ่มตัวอย่างและสภาพแวดล้อมการทำงาน

กลุ่มอาสาสมัครช่างทำไม้กวาดดอกแก้วที่เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมดจำนวน 11 ราย เป็นเพศชายจำนวน 1 ราย และเพศหญิงจำนวน 10 ราย อาสาสมัครทั้งหมดทำงานในขั้นตอนการประกอบด้ามและถักลาย มีประสบการณ์การทำงานเฉลี่ย 6.27±2.57 ปี อาสาสมัครมีอายุระหว่าง 12-57 ปี อายุเฉลี่ย 39.7±15.79 ปี อาสาสมัครถนัดของมือขวาจำนวน 6 ราย (ร้อยละ 54.55) และถนัดมือซ้ายจำนวน 5 ราย (ร้อยละ 45.45) อาสาสมัครมีน้ำหนักเฉลี่ย 52.82±10.79 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 155.36±5.57 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 21.83±4.12 กิโลกรัม/เมตร^2 อาสาสมัครไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 7 ราย (ร้อยละ 63.64) มีโรคประจำตัวจำนวน 4 ราย (ร้อยละ 36.36) ได้แก่ โรคความดันโลหิตต่ำจำนวน 2 ราย (ร้อยละ 50.00) โรคมะเร็งจำนวน 1 ราย (ร้อยละ 25.00) และโรคหมอนรองกระดูกทับเส้นประสาทจำนวน 1 ราย (ร้อยละ 25.00) (Table 1)

Table 1 Characteristics of working station and environment of Dok Kaew broom weaving workers.

Characteristics	Frequency	Percent
Type of occupation		
Main work	0	0.00
Extra work	11	100.00
Experience		
1-5 years	3	27.27
5-10 years	8	72.73
Working posture		
Sitting	11	100.00
Standing	0	0.00
Level of working station		
Below the elbow	11	100.00
Above the elbow	0	0.00
Working duration		
Hours/day (hours)	5.73	2.53
Days/week (days)	4.63	2.34
Rest time between a working session in the morning and afternoon period (min)	52.73	28.67

ข้อมูลการประเมินท่าทางการทำงาน

กลุ่มอาสาสมัครช่างทำไม้กวาดดอกแก้วใช้มือข้างถนัด (dominant hand) จับบังคับด้ามไม้กวาดในขณะประกอบด้ามและถักลาย ซึ่งต้องมีการออกแรงดึงเพื่อมัดเชือกไนลอนขณะประกอบด้ามและถักลายบนด้ามไม้กวาด และใช้มือข้างไม่ถนัดปรับเปลี่ยนสีเส้นเชือก เปลี่ยนลาย และประคองด้ามไม้กวาด ผลการศึกษาพบว่า ท่าทางการทำงานทั้งในข้างถนัดและไม่ถนัดของกลุ่มอาสาสมัครทั้งหมดเป็นท่าทางการที่ไม่เหมาะสม โดยมีระดับสุดท้ายระดับ 2-4 (Table 2) ท่าทางที่ควรได้รับการแก้ไข ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ คอ และหลัง โดยมีการเคลื่อนไหวยกข้อไหล่ งอศอกงอ/เหยียด/เอียง/บิดข้อมือ ก้มคอ และก้ม/เหยียดหลังในช่วงองศาสุดท้ายของการเคลื่อนไหว (inner range of motion) ของข้อต่อนั้นๆ อย่างซ้ำๆ (Table 3)

Table 2 Frequency of Dok Kaew broom weaving workers' final score assessed from RULA.

Final score	Dominant hand		Non-dominant hand	
	Frequency	Percent	Frequency	Percent
Level 1 Acceptable posture	0	0	0	0.00
Level 2 Further investigation, change may be needed	4	36.36	5	45.45
Level 3 Further investigation, change soon	4	36.36	3	27.27
Level 4 Investigate and implement change	3	27.27	3	27.27

Table 3 Dok Kaew broom weaving workers' working posture with the second, third, and fourth final score levels.

Position of the body	Final score		
	Level 2	Level 3	Level 4
Upper arm position: shoulder flexion	20°-45°	20°-45°	45°-90°
Lower arm position: elbow flexion	0°-60°	60°-100°	100°+
Locate wrist position: wrist flexion/extension	15°	15°	15°+
Wrist twist	>90°	>90°	>90°
Locate neck position: neck flexion	10°-20°	10°-20°	20°+
Locate trunk position: trunk flexion	0°-20°	0°-20°	20°-60°

ข้อมูลความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน

ในช่วง 7 วัน และ 1 ปีที่ผ่านมา กลุ่มอาสาสมัครช่างทำไม้กวาดดอกแก้วส่วนใหญ่ร้อยละ 81.82 มีอาการความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน โดยมีอาการเจ็บปวด (pain) บริเวณข้อมือและมือ (ร้อยละ 35.71) ข้อศอก (ร้อยละ 28.57) ไหล่ (ร้อยละ 21.43) คอ (ร้อยละ 7.14) และหลังส่วนล่าง (ร้อยละ 7.14) ตามลำดับ ทั้งในช่วง 7 วัน และ 1 ปีที่ผ่านมา (Table 4)

Table 4 Experience of work-related musculoskeletal disorders among Dok Kaew broom weaving workers.

Data	7 days		1 year	
	Frequency	Percent	Frequency	Percent
Work-related musculoskeletal disorders				
Yes	9	81.82	9	81.82
No	2	18.18	2	18.18
Position				
Neck	1	7.14	1	7.14
Shoulder	3	21.43	3	21.43
Upper back	0	0.00	0	0.00
Elbow	4	28.57	4	28.57
Lower back	1	7.14	1	7.14
Wrist/hand	5	35.71	5	35.71
Fingers	0	0.00	0	0.00
Hip/thigh	0	0.00	0	0.00
Knee	0	0.00	0	0.00
Ankle/foot	0	0.00	0	0.00

วิเคราะห์ผลการศึกษา

จากการประเมินท่าทางการทำงานของกลุ่มอาชีพทำไม้กวาดดอกหญ้าด้วยแบบประเมิน RULA ในขั้นตอนประกอบด้ามและถักลายทั้งในข้างถนัดและไม่ถนัด อาสาสมัครส่วนใหญ่ใช้มือข้างถนัดจับยึดมัดกอหญ้าก่ิงที่มัดเตรียมเพื่อมัดยึดติดกับด้ามไม้และในขณะที่มือข้างไม่ถนัดถักลายด้ามไม้กวาดด้วยเชือกไนลอน อาสาสมัครส่วนใหญ่มีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมโดยมีระดับคะแนนสุดท้ายอยู่ในช่วง 2-4 คะแนน เมื่อวิเคราะห์ท่าทางการทำงานพบว่าอาสาสมัครที่มีคะแนนสุดท้ายระดับ 2 มีการงอข้อไหล่ระดับ 20°-45° การงอข้อศอกระดับ 0°-60° การบิดข้อมือร่วมกับการงอข้อมือระดับมากกว่า 15° การก้มคอระดับ 10°-20° และการก้มตัวไปด้านหน้าระดับ 0°-20° แตกต่างกับอาสาสมัครที่มีระดับคะแนนสุดท้ายในระดับ 3 ซึ่งมีช่วงการเคลื่อนไหวของข้อศอกอยู่ในช่วง 60°-100° เช่นเดียวกับอาสาสมัครที่มีระดับคะแนนสุดท้ายในระดับ 4 ที่มีช่วงการเคลื่อนไหวของข้อศอกอยู่ในช่วงมากกว่า 100° เป็นสาเหตุให้อาสาสมัครมีระดับคะแนนสุดท้ายสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะและสภาพแวดล้อมการทำงานที่อาสาสมัครทั้งหมดทำงานในท่านั่งและมีระดับหน้างานต่ำกว่าข้อศอก และอาสาสมัครยังมีการเคลื่อนไหวข้อมือซ้ำๆ ในการกระดกข้อมือขึ้นลงสลับกันตลอดเวลาที่ถักลายด้ามไม้กวาด และยังต้องออกแรงดึงมัดเชือกไนลอนกับด้ามไม้กวาด จึงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ และมืออย่างซ้ำๆ โดยเฉพาะเมื่อถักลายด้ามไม้กวาดในลายที่มีความละเอียดและต้องเปลี่ยนสีเส้นเชือกบ่อยๆ อย่างไรก็ตาม ระดับคะแนนสุดท้ายของรยางค์บนทั้งข้างถนัดและไม่ถนัดแทบไม่ต่างกัน เมื่อพิจารณาลักษณะการทำงานของรยางค์บน พบว่าทั้งสองข้างมีลักษณะการเคลื่อนไหวคล้ายกัน โดยข้อมือมีการกระดกขึ้นลงเล็กน้อยสลับกันไป ร่วมกับมีการใช้แรงดึงเพื่อมัดและถักลายโดยออกแรงดึงจากข้อไหล่และข้อศอกอาจมีการโยกตัวของช่างทำไม้กวาดดอกแก้วไปด้านหลังเพื่อใช้น้ำหนักตัว (body weight) ในการดึงมัดเชือกไนล่อนให้กระชับ ลักษณะการทำงานเกิดขึ้นซ้ำๆ

จากการศึกษาความชุกของความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานที่ผ่านมาทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง (7 วัน และ 1 ปี ที่ผ่านมา) พบความผิดปกติที่ตำแหน่งเดิมและมีจำนวนที่เท่ากัน กล่าวคืออาสาสมัครส่วนใหญ่มีการบาดเจ็บบริเวณข้อมือ/มือ (ร้อยละ 35.72) ข้อศอก (ร้อยละ 28.57) ไหล่ (ร้อยละ 21.43) คอ (ร้อยละ 7.14) และหลังส่วนล่าง (ร้อยละ 7.14) ตามลำดับ สอดคล้องกับลักษณะการทำงานที่นั่งกับที่และมีการเคลื่อนไหวของรยางค์บนมาก จึงอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติหรือเกิดอาการบาดเจ็บในบริเวณดังกล่าวขึ้น

และสอดคล้องกับศึกษาความชุกของความผิดปกติทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในกลุ่มอาชีพอุตสาหกรรมสิ่งทอในจังหวัดขอนแก่น ที่พบว่าตำแหน่งพบความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อทั้งในช่วง 7 วันและในรอบ 12 เดือนก่อนการศึกษาคือบริเวณข้อไหล่ หลังส่วนล่าง และข้อมือ/มือ และคอ[16] อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้พบว่าช่างทำไม้กวาดดอกแก้วไม่มีความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานในรยางค์ล่างซึ่งอาจเนื่องจากไม่ได้ใช้รยางค์ล่างทำงาน รยางค์ล่างช่วยการทรงตัวของช่างทำไม้กวาดดอกแก้วขณะนั่งทำงานบนม้ายูเท่านั้น สอดคล้องกับการศึกษาของสุนิสาและธัญญาวัฒน์[3] ที่ประเมินท่าทางการทำงานด้วยแบบประเมิน RULA ในกลุ่มพนักงานทำไม้กวาดร่มสุข พบว่าองศาการยกแขนในช่วง 20°-90° สัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ พนักงานทำไม้กวาดร่มสุขมีระดับคะแนนสุดท้ายอยู่ในระดับ 2 และระดับ 3 เช่นกัน โดยพบว่าพนักงานยกแขนส่วนบน แขนส่วนล่างมือและข้อมือ การเบี่ยงข้อมือ การใช้แรงแบบสถิตการเคลื่อนไหวซ้ำๆ และการโน้มลำตัวไปด้านหน้าสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อบริเวณกระดูกสันหลังและรยางค์ส่วนบนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) นอกจากนี้ พนักงานทำไม้กวาดร่มสุขส่วนใหญ่ร้อยละ 83.7 ยังมีอาการปวดเมื่อยจากการนั่งในท่าเดียวนานๆ ร่วมกับการก้มทำงานในระดับหน้างานที่ต่ำกว่าระดับข้อศอก การศึกษานี้มีความแตกต่างจากการศึกษาท่าทางการทำงานในพนักงานทำไม้กวาดร่มสุข เนื่องจากอาสาสมัครในการศึกษานี้ทำไม้กวาดดอกแก้วเป็นอาชีพเสริม มีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ย 5.73 ชั่วโมงต่อวัน 4.64 วันต่อสัปดาห์ และมีระยะพักระหว่างปฏิบัติงานในภาคเช้าและภาคบ่ายเฉลี่ย 52.73 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาทำงานที่เหมาะสมคือไม่เกิน 8 ชั่วโมงต่อวัน เพราะการนั่งทำงานในท่าเดียวเป็นเวลานาน หรือนานกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของอาการปวดหลังส่วนล่าง[3,12,17,18] นอกจากนี้การทำงานที่มีระดับหน้างานต่ำกว่าระดับข้อศอกที่ทำให้ต้องก้มคอและหลังอย่างต่อเนื่อง สัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อบริเวณกระดูกสันหลังและรยางค์บน[3] เช่น การศึกษาของ Mannaccesi และคณะ[12] ที่พบว่าความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อในพนักงานขับรถสัมพันธ์กับท่าทางการทำงาน โดยพนักงานขับรถทุกคนมีอาการเจ็บปวด (pain) และความไม่สบาย (discomfort) บริเวณคอและหลังเนื่องจากการก้มคอและหลังขณะขับรถที่ทำให้เกิดแรงกด (load) ซึ่งแม้เป็นแรงกดปริมาณน้อยๆ แต่เมื่อเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและซ้ำๆ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บแบบสะสม (cumulative injury disorder) ได้[19]

แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาทางการยศาสตร์สำหรับการทำไม้กวาดดอกแก้วสามารถทำได้ โดยให้คำแนะนำในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการทางการยศาสตร์ ส่วนปัจจัยภายนอก (external factor) ได้แก่ อุปกรณ์ในการทำไม้กวาดดอกแก้ว หรือ ‘ม้ายู’ สามารถปรับสภาพหน้างานให้เหมาะสมกับความสูงของคนงานแต่ละราย หรือ ใช้เก้าอี้ที่มีพนักพิง หรือรองรับหลัง เพื่อลดการทำงานและผ่อนคลายกล้ามเนื้อบริเวณหลังเพื่อลดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ หรือ จัดให้มีที่พักเท้าขณะยืนทำงานซึ่งสามารถลดการเมื่อยล้าของสะโพกและกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าได้ อย่างไรก็ตาม การปรับอุปกรณ์ดังกล่าวอาจไม่ความสะดวกต่อการทำงานและยังขึ้นกับตัวอาสาสมัครว่าต้องการที่จะปรับหรือไม่

นอกจากนี้ยังควรพัฒนา ‘ม้ายู’ ที่ส่งเสริมให้เกิดท่าทางการทำงานที่เหมาะสมและลดความเสี่ยงต่อการเกิดความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว นอกจากนี้ ยังควรปรับปรุงแก้ไขปัจจัยภายใน (internal factor) เช่น แนะนำการเพิ่มช่วงเวลาพักระหว่างการทำงานในแต่ละรอบให้มากขึ้น เนื่องจากการทำงานต่อเนื่องหลายชั่วโมงต่อวันอาจทำให้เกิดความเมื่อยล้าต่อกระดูกและกล้ามเนื้อ และส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บสะสมตามมาได้ หรือ แนะนำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อรวมถึงการตระหนักถึงท่าทางที่ไม่เหมาะสม และแนะนำวิธีดูแลตนเองเบื้องต้นเมื่อเกิดอาการบาดเจ็บทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น การประคบร้อนร่วมกับยืดกล้ามเนื้อหลังในกรณีปวดหลังเรื้อรัง วิธีการต่างๆ เหล่านี้เป็นวิธีที่ช่างทำไม้กวาดสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองเพื่อแก้ไขและป้องกันการบาดเจ็บเบื้องต้นจากการทำงานได้

สรุปผลการศึกษา

ท่าทางการทำงานของช่างทำไม้กวาดดอกหญ้าในขั้นตอนการประกอบด้ามและถักลาย ตำบลดงสุวรรณ อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา เมื่อประเมินด้วยแบบประเมิน RULA เป็นท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม (awkward posture) เนื่องจากตำแหน่งต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ/มือ คอ และลำตัว มีการเบี่ยงเบนไปจากท่าปกติหรือจากแนวธรรมชาติ (neutral anatomical posture) คือมีการยกข้อไหล่ งอ/เหยียดข้อศอก งอ/เหยียด/เอียง/บิดข้อมือ ก้มคอ ก้ม/เหยียดหลังมากเกินไป โดยเฉพาะในช่วงการเคลื่อนไหวสุดท้าย (inner range of motion) ของข้อต่อนั้นๆ ร่วมกับมีการเคลื่อนไหวซ้ำๆ (repetitive movement) ในท่าทางดังกล่าว จึงอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอาการเจ็บปวดเรื้อรัง (chronic pain) และอาการเจ็บปวดเฉียบพลัน (acute pain) ได้

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้มีข้อจำกัดในการวินิจฉัยประเภทและความรุนแรงของความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงาน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ให้ข้อมูลพื้นฐานด้านท่าทางการทำงานและบริเวณความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อจากการทำงานที่พบบ่อย ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ในการแนะนำหรือให้ความรู้เกี่ยวกับการยศาสตร์การทำงานสำหรับช่างทำไม้กวาดดอกแก้ว หรือสถานประกอบการอื่นที่มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกัน เพื่อลดอุบัติการณ์ความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อที่เป็นผลจากการทำงานและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของพนักงาน การศึกษาต่อไปควรปรับแก้ไขท่าทางการทำงานร่วมกับการศึกษาปัจจัยทางการยศาสตร์ด้านอื่นและการวินิจฉัยความผิดปกติของกระดูกและกล้ามเนื้อเป็นประเด็นที่น่าสนใจ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มไม้กวาดดอกแก้ว ตำบลดงสุวรรณ อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ที่ให้ข้อมูลและยินดีเข้าร่วมการศึกษา ขอบคุณคุณวาสนา เป็งสลี คุณชำมะเรียง ชุ่มเมืองเย็น และคุณปิยวรรณ สุวรรณทา สำหรับร่วมเก็บข้อมูล และคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา สำหรับการสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Akanit W. DokKaew broom making occupation, Dongsuwan sub-district, Dok Khamtai district, Phayao province [Interview]. 29 July 2011.
2. NIOSH facts work-related musculoskeletal disorder: Nation Institute for Occupation Safe and Health (NIOSH). 2012. [cited 2012 Jan 25]. Available from: http://www.cdc.gov/nois/muskdsfs.html.
3. Chaiklieng S, Homsombat T. Ergonomic risk assessment by RULA among workers of RomSuk broom weaving. Srinagarind Med J 2011; 26(1): 35-40 (in Thai).
4. Garcia PPNS, Pinelli C, dos Reis Derceli J, Campos JÁDB. Musculoskeletal disorders in upper limbs in dental students: exposure level to risk factors. Braz J Oral Sci 2012; 11(2): 148-53.
5. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. J Electromyogr Kinesiol 2004; 14(1): 13-23.
6. Bernard BP. Musculoskeletal disorder and workplace factor: Critical review of epidemiology evidence for work-related musculoskeletal disorder of the neck, upper extremity and low back. 1997. [cited 2013 Jan 25]. Available from: http://www.cdc.gov/niosh/97-141pd.html.
7. Kroemer KHE. Cumulative trauma disorder: their recognition and ergonomics measures to avoid them. Appl Ergon 1989; 20(4): 274-80.
8. McAtamney L, Corlett EN. Reducing the risks of work related upper limb disorders: a guide and methods: Institute for Occupational Ergonomics. Nottingham: University of Nottingham; 1992.
9. McAtamney L, Corlett EN. RULA: survey method for the investigation of work related upper limb disorder. Appl Ergon 1993; 24(2): 91-9.
10. Hayes M, Taylor J, Smith D. Predictors of work-related musculoskeletal disorders among dental hygienists. Int J Dent Hyg 2012; 10(4): 265-9. doi: 10.1111/j.1601-5037.2011.00536.x.
11. Balogh I, Ørbaek P, Winkel J, Nordander C, Ohlsson K, Ektor-Andersen J. Questionnaire-based mechanical exposure indices for large population studies — reliability, internal consistency and predictive validity. Scand J Work Environ Health 2001; 27(1): 41-8.

12. Mannaccesi M, Pagnotta A, Soccetti A, Masali M, Masiero C, Greco F. Investigation of work-related disorders in truck drivers using RULA method. Appl Ergon 2003; 34: 303-7.
13. Choobineh A, Tosian R, Alhamdi Z, Davarzanie M. Ergonomic intervention in carpet mending operation. Appl Ergon 2004; 35(5) :493-6.
14. Boonuch C, Kedsampan Y, udompanrak S, Pooneam C, Polthep P. Sample size for the quantitative research. Bangkok: Faculty of Medicine, Mahidol university; 2014.
15. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl Ergon 1987; 18(3): 233-7.
16. Keawduangdee P, Puntumetakul R, Boonprakob Y, Wanpen S, Siritaratiwat W. The prevalence of musculoskeletal disorders in the textile occupation in Khon Kaen province. J Med Tech Phy Ther 2010; 22(3): 292-301 (in Thai).
17. 1Promsri A. Posture and work-related trauma in hyacinth weaving group: a pilot study. Naresuan Phayao J 2014; 7(3): 204-11 (in Thai).
18. Promsri A. Posture and work-related injury in Ban Ngiew's stone mortar workers, Phayao province. Srinagarind Med J 2015; 30(5): 467-73 (in Thai).
19. Kroemer KHE. Cumulative injury disorder: their recognition and ergonomics measures to a avoid them. Appl Ergon 1989; 20(4): 274-80.

Instructions for Authors

How to send original article/thesis

Original article/thesis can be submitted through the on-line system via website https://www.tci-thaijo.org/index.php/bulletinAMS/

The Office of Editor of Journal of Associated Medical Sciences Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

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

Telephone: (053) 935080 Ext. 17 Fax: (053) 936042 E-mail: preeyanat.v@cmu.ac.th

General Principles

Journal of Associated Medical Sciences is a scientific journal of the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University. The articles submitted to the journal 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 Journal of Associated Medical Sciences should not have been previously published or under consideration for publication elsewhere. All publications are protected by the Journal of 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 files

To submit your manuscript, you will need the following files:

1. A Title page file with the names of all authors and co-authors*
2. Main document file with abstract, keywords, main text and references
3. Figure files
4. Table files
5. Any extra files such as Supplemental files or Author Biographical notes

Manuscript Format

1. Language. Thai and/or English, Browallia 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. One-side printing, double spacing. Use standard program and fonts and, add page and line number for all pages.
3. A Title page. Include article title, - names of all authors and co-authors, name of the corresponding author and acknowledgements. Prepare according to following contents;
   - Title of the article. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulate where possible.
   - 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.
   - 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.
   - Acknowledgements: Acknowledgements will be collated in a separate section at the end of the article before the references in the stage of copyediting. Please, therefore, include them on the title page. List here those individuals who provided help during the research (e.g. providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.)
4. Main article structure. The manuscripts should be arranged in the following headings: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion and Conclusion, and Reference. Prepare according to following contents;
   - Abstract. In Thai and English not exceeding 400 words. Abstract must be structured with headings: (ที่มาและความสำคัญ) Background, (วัตถุประสงค์) Objectives, (วัสดุและวิธีการ) Materials and methods, (ผลการศึกษา) Results, (สรุปผลการศึกษา) Conclusions, and (คำสำคัญ) Keywords (3-5 keywords should be included).
   - 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. Ensure that each table, graph or figure is referred in the text.
   - 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".
   - Conflict of interest:
   - References:
5. Artwork Requirements
   - Each table, graph and figure should be self-explanatory and should present new information rather than duplicating what is in the text. Prepare one page per each and submit separately as supplementary file(s).
   - Save the figures as high resolution JPEC or TIFF files.
   - Title and description of the tables and figures must be in English.
   - Permission to reprint table(s) and/or figure(s) from other sources must be obtained from the original publishers and authors, and submitted with the typescript.

Ensuring a blind peer review

To ensure the integrity of the blind peer-review for submission to this journal, every effort should be made to prevent the identities of the authors and reviewers from being known to each other. The authors of the document have deleted their names from the main text, with "Author" and year used in the references and footnotes, instead of the authors' name, article title, etc. After the journal was accepted, the name of authors and affiliation and the name of the corresponding author must be included into the document and re-submitted in the copyediting stage.

Proof correction

The Proofs of final paper approved for publication are to be returned by email to the researcher before publication.

Page charge

No page charge

References Format

1. In text citation; using number(s) with superscript format after the text or paragraph to refer to the references. In case of English manuscript, using number(s) after the full stop mark.
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

Multiple Authors: List up to the first 6 authors/editors, and use “et al.” for any additional authors.

Journal Articles (print): In case of reference source contains DOI, retain doi: at the end of reference. Vancouver Style does not use the full journal name, only the commonly-used abbreviation: “Physical Therapy” is cited as “Phys Ther”. As an option, if a journal carries continuous pagination throughout a volume (as many medical journals do) the month and/or issue number may be omitted. Allow one space after semi-colon and colon and end each reference with full stop after page number.

- Carmody J, Traynor V, Steele A. Dementia, decision aids and general practice. AustFam Physician 2015 May; 44(5): 307-10.
- Andrenelli E, Ippoliti E, Coccia M, Millevolte M, Cicconi B, Latini L, et al. Features and predictors of activity limitations and participation restriction 2 years after intensive rehabilitation following first-ever stroke. Eur J Phys Rehabil Med 2015; 15: 575–85.
- 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.
- Fucharoen S, Weatherall DJ. The hemoglobin E thalassemias. Cold Spring HarbPerspect Med 2012; 2(8). pii:a011734. doi: 10.1101/cshperspect.a011734.
- Wilke J, Krause F, Vogt L, Banzer W. What is evidence-based about myofascial chains: a systematic review. Arch Phys Med Rehabil 2016; 97: 454-61. doi: 10.1016/j.apmr.2015.07.023.
- 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: 161-72 (in Thai).

Journal Articles from a Website

- Abood S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. Am J Nurs [Internet]. 2002 Jun [cited 2002 Aug 12]; 102(6): [about 1 p.]. Available from: http://www.nursingworld.org /AJN/2002/june /Wawatch.htm

Journal Articles from an Online Database

- Heller M. How upper-trap weakness contributes to neck pain, nerve root pain and shoulder impingement. Dynamic Chiropractic [Internet]. 2013 Nov [cited 2006 Feb 18];31(21):1-6. Available from: CINAHL with Full Text: http://dynamicchiropractic.com/mpacms/dc/article.php?id=56726
- Erasmus S, Luiters S, Brijlal P. Oral hygiene and dental student’s knowledge, attitude and behaviour in managing HIV/AIDS patients. Int J Dent Hyg [Internet]. 2005 Nov [cited 2009 Jun 16];3(4):213-7. Available from Medline: http://cclsw2.vcc.ca:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct= true&db=cmedm&AN=16451310&site=ehost-live
- Forooghian F, Yeh S, Faia LJ, Nussenblatt RB. Uveiticfoveal atrophy: clinical features and associations. Arch Ophthalmol [Internet]. 2009 Feb [cited 2009 Jul 28]; 127(2): 179-86. PubMed PMID: 19204236; PubMed Central PMCID: PMC2653214

Book References

- Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical microbiology. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2002.
- Pearl AJ. The female athlete. Champaign, Ill: Human Kinetics; 1993.
- Portney JG, Watkins MP. Foundation of clinical research applications to practice. 2nd ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall; 2000.
- Fauci AS, Braunwald E, Kasper DL, Hauser SL, Longo DL, Jameson JL, et al., editors. Harrison's principles of internal medicine. 17th ed. New York: McGraw Hill; 2008.

Chapter in an Edited Book

- Perrin DH. The evaluation process in rehabilitation. In: Prentice WE, editor. Rehabilitation techniques in sports medicine. 2nd ed. St Louis, Mo: Mosby Year Book; 1994: 253–276.
- Janda V. Muscles and cervicogenic pain syndromes. In: Grant R, editor. Physical therapy of the cervical and thoracic spine. New York: Churchill Livingstone; 1988: 153-66.

E-book

- Irfan A. Protocols for predictable aesthetic dental restorations [Internet]. Oxford: Blackwell Munksgaard; 2006 [cited 2009 May 21]. Available from Netlibrary: http://cclsw2.vcc.ca:2048/login?url=http://www.netLibrary.com/urlapi.asp?action= summary&v=1&book-id=181691

Website

- Fehrenbach MJ. Dental hygiene education [Internet]. [Place unknown]: Fehrenbach and Associates; 2000 [updated 2009 May 2; cited 2009 Jun 15]. Available from: http://www.dhed.net/Main.html
- American Dental Hygienists' Association [Internet]. Chicago: American Dental Hygienists' Association; 2009 [cited 2009 May 30]. Available from: http://www.adha.org/
- 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/.

Dissertation/Thesis/Term Paper

- Borkowski MM. Infant sleep and feeding: a telephone survey of Hispanic Americans [dissertation]. Mount Pleasant (MI):Central Michigan University; 2002.
- On-Takrai J. Production of monoclonal antibody specific to recombinant gp41 of HIV-1 subtype E [Term paper].[in Thai]. Faculty of Associated Medical Sciences: Chiang Mai University; 2001.
- Seale AC. The clinical and molecular epidemiology of streptococcus agalactiae in Kenya: maternal colonization and perinatal outcomes [dissertation on the Internet]. [Oxford (England)]: University Oxford; 2015 [cited 2015 Jul 28]. Available from: http://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:6e7d952a-dc5b-4af0-b0bb-f2ae2184eed0

Conference Proceedings

- Harnden P, Joff e 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.

Organization as Author

- World Health Organization. Global status report on non communicable diseases 2010. Geneva: World Health Organization; 2011.
- Diabetes Prevention Program Research Group. Hypertension, insulin, and proinsulin in participants with impaired glucose tolerance. Hypertension.

Government Document

- Environmental Health Directorate. Radiation protection in dentistry: recommended safety procedures for the use of dental x-ray equipment. Safety Code 30. Ottawa: Ministry of Health; 2000.
- Department of Health. Situation survey on policy and implementation of physical activity promotion in schools for first year 2005. Nonthaburi: Ministry of Public Health; 2005. (in Thai)
- Department of Local Administration, Ministry of Interior Affairs. Standard of Sports Promotion. Bangkok. 2015:7–9. (in Thai)

Journal History

Established in 1968

- 1968-2016 As the Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences - วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่
  - Vol1, No1 - Vol.49, No3
- 2017, the Journal of Associated Medical Sciences
  - Vol.50, No1 and forward.

Journal Sponsorship

Publisher

Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

Sponsors

Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

Sources of support

Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

JOURNAL OF ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES