



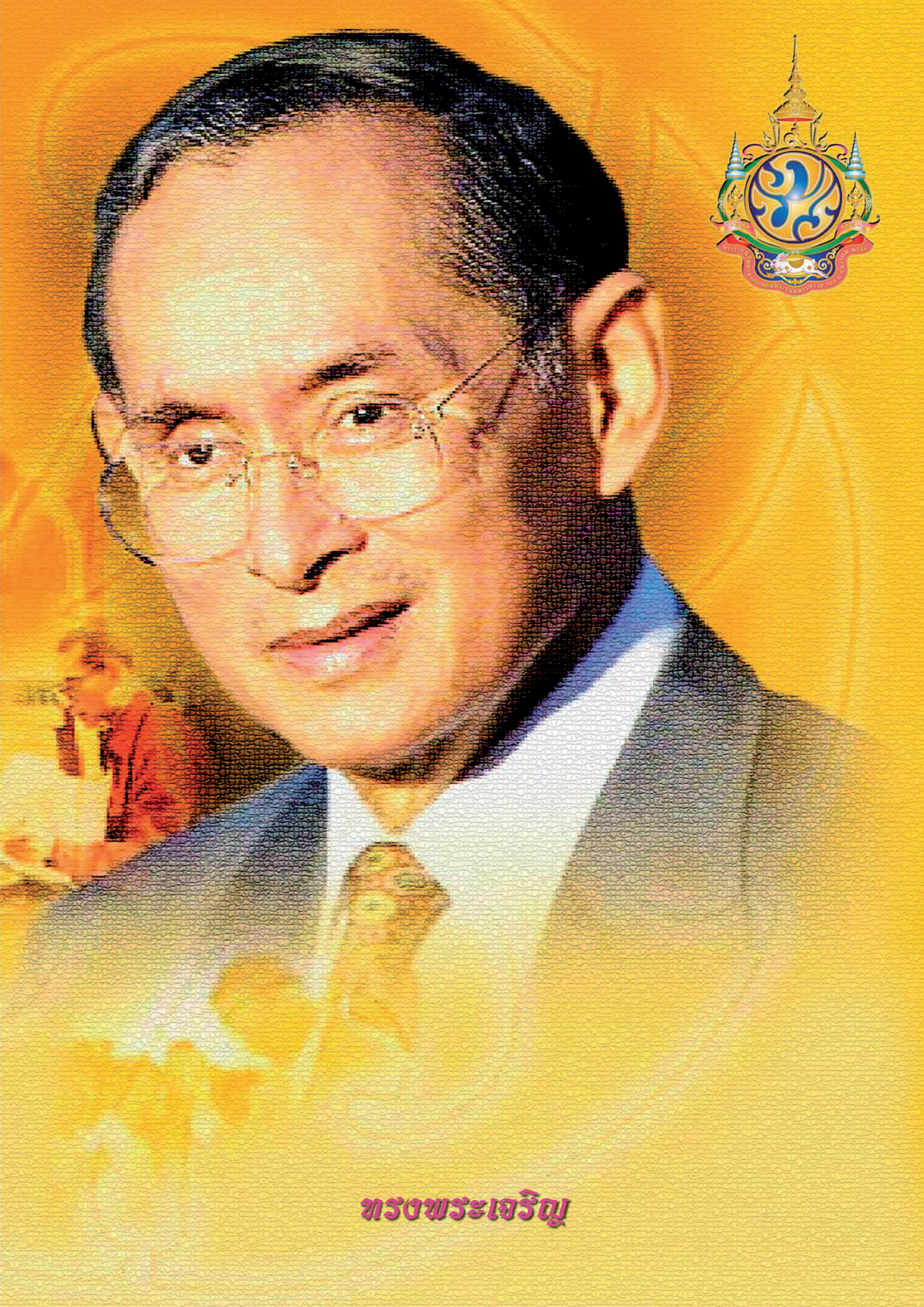
วารสาร เทคนิคการแพทย เชียงใหม่

• เทคนิคการแพทย • กายภาพบำบัด • กิจกรรมบำบัด • รังสีเทคนิค

ปีที่ 47 ฉบับที่ 3 กันยายน 2557

ISSN : 0125-5347

BULLETIN OF CHIANG MAI ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES



ທຣູງພຣະເຈຣີດູ

Content I

- 133** ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการลุกจากนั่งขึ้นยืนด้วยขาข้างเดียวในผู้ใหญ่ตอนต้น
Relationship between lower limb muscle strength and single-leg sit-to-stand performance in young adults
วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา สมรรถชัย จำนงค์กิจ
Weerasak Tapanya Samatchai Chamnongkich
- 143** เปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายด้วยการเต้น Paslop และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะต่อการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ในอาสาสมัครที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ
Comparative effect of Paslop dancing and specific core stabilizing exercise on postural control and core strength in sedentary subjects
วิลาวัลย์ กันหาชน ยอดชาย บุญประกอบ สาวิตรี วันเพ็ญ กฤษณา บุญทา
Wilawan Kanhachon Yodchai Boonprakob Sawitri Wanpen Kritsana Boontha
- 153** ความชุกและปัญหาของชนิดฮีโมโกลบินผิดปกติในกลุ่มประชากรของจังหวัดลำปาง
Prevalence and problem of hemoglobinopathy in the population of Lampang Province
เทียมจันทร์ เกี่ยวการค้า
Tiemjan Keowkarnkah
- 162** ผลของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์สำหรับเด็กและวัยรุ่นออทิสติกสเปกตรัม
The effect of Thai elephant-assisted therapy program on social and maladaptive behaviors for children and adolescents with autistic spectrum disorder
ศศิธร สังข์อู่ เมธิศา พงษ์ศักดิ์ศรี ดารานี สาส์ตย์ สร้อยสุดา วิทยากร นันทณี เสถียรศักดิ์พงศ์
Sasithorn Sung-U Maethisa Pongsaksri Daranee Sasat Soisuda Vittayakorn Nuntanee Satiansukpong
- 177** ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่ออัตราการระบายอากาศ ในผู้ที่มีสุขภาพดี
Effects of aerobic exercise in combination with core muscle training on minute ventilation in healthy individuals
วิลาวัลย์ ไชยอูต อาทิตย์ พวงมะลิ ภัทรพร สิทธิเลิศพิศาล
Wilawan Chaiut Aatit Paungmali Patraporn Sittlertpisan
- 185** การตรวจวัดระดับฟลูออไรด์ในซีรัมของเด็กนักเรียน ตำบลยางเปา อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่
Serum fluoride level of children in Omkoi District, Chiang Mai Province
ฟ้าใส คันทวงค์ เพ็ญพิชชา วณจันทร์รักษ์ สุพจน์ ชำนาญไพร ฉัตรภัทร คงบัน
Fahsai Kantawong Phenphichar Wanachantararak Supoj Chamnanprai Chatpat Kongpun
- 192** ผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนต่อคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ: การศึกษาในหุ่นจำลอง
The effect of noise removal filters on the quality of digital radiography used low exposure technique: A phantom study
ธัญญา หล่อวงศ์ ศิริรัตน์ งานดี อัจฉรา บุญประสพ กิ่งกานต์ อภิวัฒน์สุเมธ
Thanatchaya Lowong Sirirat Ngandee Ajchara Boonprasop Kingkarn Aphiwatthanasumet





BULLETIN OF CHIANG MAI ASSOCIATED MEDICAL SCIENCES

Focus and scope

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

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

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

Objectives

The *Bulletin Chiang Mai Associated Medical Sciences* aims to publish integrating research papers in areas of Medical Technology, Physical Therapy, Occupational Therapy, Radiologic Technology, and related under peer-reviewed 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 by at least 2 internal and external reviewers in the areas of Medical Technology, Physical Therapy, Occupational Therapy, Radiologic Technology, and related.

Publication frequency

The Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences publishes 3 times a year

Volume 1: January-April

Volume 2: May-August

Volume 3: September-December

Editor

Associate Professor Dr. Preeyanat Vongchan

Associate Editor

Associate Professor Dr. Tanusak Tatu

Editorial Board

Professor Dr. Chatchai Tayapiwatana

Associate Prof. Dr. Suchart Kothan

Assistant Prof. Dr. Supaporn Chinchai

Dr. Araya Yanakai

Professor Dr. Suthat Fucharoen, M.D.

Professor Dr. Kesara Na Bangchang

Associate Prof. Dr. Supan Fuchaoen

Associate Prof. Goonnapa Fucharoen

Professor Dr. Navapun Charuruks, M.D.

Tasanee Sakuldamrongpanich

Somchai Jeadsermanant

Chiang Mai University

Chiang Mai University

Chiang Mai University

Chiang Mai University

Mahidol University

Thammasart University

Khon Kaen University

Khon Kaen University

Bumrungrad International Hospital, Bangkok

Thai Red Cross, Bangkok

Charoenkrungpracharak Hospital, Bangkok

Associate Prof. Dr. Roongtiwa Vachalathiti
Assistant Prof. Dr. Wattana Jalayondeja
Assistant Prof. Dr. Raweevan Leksakulchai
Dr. Supalak Khemthong
Associate Prof. Therdchai Jivacate, M.D.
Associate Prof. Dr. Wichai Eungpinichpong
Associate Prof. Dr. Prawit Janwantanakul
Assistant Prof. Dr. Rotsalai Kanlayanaphotporn
Assistant Prof. Dr. Kanda Chaipinyo
Assistant Prof. Dr. Rumpa Boonsinsukh
Assistant Prof. Dr. Yodchai Boonprakob
Associate Prof. Dr. Somchai Rattanathongkom
Assistant Prof. Dr. Pornratchanee Weerapong
Pornsawan Posawang
Assistant Prof. Nantaya Udompanich
Professor Eimorn Mairiang, M.D.
Associate Prof. Jiraporn Laothammathat, M.D.
Associate Prof. Dr. Rujaporn Chanachai
Associate Prof. Dr. Jiraporn Tocharoenchai

Mahidol University
Mahidol University
Mahidol University
Mahidol University
Prostheses Foundation of H.R.H The Princess Mother
Khon Kaen University
Chulalongkorn University
Chulalongkorn University
Srinakharinwirot University
Srinakharinwirot University
Khon Kaen University
Khon Kaen University
Huachiew Chalermprakit University
Sirindhorn National Medical Rehabilitation Center, Nonthaburi
Khon Kaen University
Khon Kaen University
Mahidol University
Mahidol University
Mahidol University

Business manager

Mrs. Jariya Garthong

Treasurer

Mrs. Angsumalee Srithiruen

Registra Staff

Mr. Thanakorn Karnluksanee
Mr. Manut Manokhum

Webpage Administrative Staff

Mr. Nopporn Phuangsombat
Mr. Anurak Bunpun
Mr. Tapapol Comnoi

Editorial Office

**Faculty of Associated Medical Sciences,
Chiang Mai University**

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

Phone 053 945072 Facsimile 053 946042

Journal website

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

Journal ISSN:

0125-5347

Journal Impact Factor

Thai Journal Citation Index Center (TCI) 2013 is 0.048

Publisher

ECONOMICLINE 2004, Co. Ltd

31/53 Moo 6 Pracha rat Road, Talat Khwan, Mueang
Nonthaburi, Nonthaburi 11000

Tel 0-2525-1427 Fascimile 0-2525-1428

Disclaimer

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



วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

ความมุ่งมันและขอบเขตของวารสาร

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

วัตถุประสงค์

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย ความรู้และความก้าวหน้าทางวิชาการที่มีคุณภาพในด้านเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิคและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง ด้วยระบบการตรวจประเมินคุณภาพบทความทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิภายในหรือภายนอกผู้มีความเชี่ยวชาญในสาขานั้น

ชนิดของบทความ

บทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องในสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิค และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องในลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ นิพนธ์ต้นฉบับ บทความทั่วไป รายงานเทคนิคและบันทึกสั้น รวมถึงจดหมายถึงบรรณาธิการ โดยจำกัดความยาวดังนี้

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

การพิจารณาบทความ

บทความที่ขอรับการพิจารณากับวารสารเทคนิคการแพทย์ ต้องได้รับการประเมินและพิจารณาเนื้อหาทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 คน ที่เห็นพ้อง โดยเป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายในหรือภายนอกที่เชี่ยวชาญในสาขาวิชาเทคนิคการแพทย์ กายภาพบำบัด กิจกรรมบำบัด รังสีเทคนิค และสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง

กำหนดการตีพิมพ์

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ มีกำหนดการตีพิมพ์ 4 เดือนต่อ 1 ฉบับ ทั้งหมด 3 ฉบับต่อปี ดังนี้

ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน

ฉบับที่ 2 พฤษภาคม-สิงหาคม

ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ปรียานาถ วงศ์จันทร์

รองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. ธนุศักดิ์ ตาตุ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร. ชัชชัย ตะยาภิวัฒนา

รองศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ โกกัณฑ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภาพร ชินชัย

อาจารย์ ดร. อารยา ญาณกาย

ศาสตราจารย์ ดร. นพ. สุทัศน์ พุเจริญ

ศาสตราจารย์ ดร. เกศรา ณ บางช้าง

รองศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณ พุเจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา เลิศมีมงคลชัย

ศาสตราจารย์ พญ. นวพรรณ จารุรักษ์

ทัศนีย์ สกุลดำรงค์พานิช

สมชัย เจ็ดเสริมอนันต์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยมหิดล

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ กรุงเทพมหานคร

สภากาชาดไทย กรุงเทพมหานคร

โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ กรุงเทพมหานคร

รองศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา วัฒนละอิตติ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรธนะ ชลายนเดชะ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวีวรรณ เล็กสกุลไชย
อาจารย์ ดร. ศุภลักษณ์ เข้มทอง
รองศาสตราจารย์ นพ. เทอดชัย ชีวะเกตุ
รองศาสตราจารย์ ดร. ประวีตร เจนวนรธนะกุล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รสสัย กัลยาณพจน์พร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กานดา ชัยภิญโญ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รัมภา บุญสินสุข
รองศาสตราจารย์ ดร. วิชัย อึ้งพินิจพงษ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยอดชาย บุญประกอบ
รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย รัตนทองคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรวิชญ์ วีระพงษ์
คุณพรสวรรค์ โพธิสว่าง
ผศ.นันทยา อุดมพานิชย์
ศาสตราจารย์ พญ. เอมอร ไม้เรียง
รองศาสตราจารย์ พญ. จิราภรณ์ เหล่าธรรมทัศน์
รองศาสตราจารย์ ดร. รุจพร ชนะชัย
รองศาสตราจารย์ ดร. จิราภรณ์ โตเจริญชัย

มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยมหิดล
มูลนิธิราชเทย์มโนสมเด็จพระศรีนครินทร์ราชบรมราชชนนี เชียงใหม่
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
ศูนย์ฟื้นฟูสมรรถภาพแห่งชาติสิรินธร นนทบุรี
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยมหิดล
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้จัดการ

นางจริยา กาทอง

ฝ่ายบัญชีและการเงิน

นางอังศุมลีย์ ศรีทิเรื่อน

ฝ่ายทะเบียน

นายธนกร การลักษณ์
นายมนต์ มะโนคำ

สารสนเทศ

นายณพพร พวงสมบัติ
นายอนุรักษ์ บุญปัน
นายฐปพล คำน้อย

ดำเนินงานจัดทำโดย

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เลขที่ 110 ถนนอินทวโรธ ต่าบลสุเทพ อำเภอเมือง
จังหวัดเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์ 053 945072 โทรสาร 053 946042

เว็บไซต์ของสารสาร

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

รหัสวารสาร

0125-5347

Journal Impact Factor

อ้างอิงศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (ประจำปี 2556) 0.048

ฝ่ายการตลาด

จุฬามาศ สุนทรนันท์ กัลยาณี อ่อนธรรม
หทัยทิพย์ กอททอง ปรางทิพย์ แกมนิรัตน์
ศิริกร แกมนิรัตน์ ขวัญชนก กอททอง

ฝ่ายศิลปกรรม

ประเทือง เครือสุนทร วสันต์ โสธรธรรมศิริ
จิรวรรณ เล็กชม

จัดพิมพ์โดย

บริษัทแนวทางเศรษฐกิจ 2004 จำกัด
31/53 หมู่ 6 ถนนประชาราษฎร์ ตำบลตลาดขวัญ อำเภอถนนพริ
จังหวัดนนทบุรี 11000
โทรศัพท์ 0-2525-1427 โทรสาร 0-2525-1428

เพลง / แยกสี

เพื่อนนักพิมพ์

การรับพิชชอบบทความ

ข้อมูล วรรณคดี และข้อความใดๆ ที่ปรากฏในวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ เป็นของผู้เขียน หรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

บทบรรณาธิการ

ฉบับนี้เป็นฉบับสุดท้ายของปี 2557 นะคะ เวลาผ่านไปเร็วมาก อีก 3 เดือนก็จะผ่านปีพุทธศักราชอีกแล้ว ทบทวนกันดูนะค่ะว่าที่วางแผนไว้ตอนต้นปี เรายังไม่ได้ทำอะไรบ้าง และเร่งรีบทำเสียเพื่อมิให้พลาดโอกาส

ช่วงเวลาที่ผ่านมา ประเทศชาติของเรามีการเปลี่ยนแปลงมากมายในทุกกระบวน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสังคม วัฒนธรรมและการศึกษา นับว่าเป็นเรื่องที่ดี หน้าที่ของเราคือช่วยกันส่งเสริม ให้ความร่วมมือเพื่อพัฒนาชาติของเราให้ดีขึ้น เจริญก้าวหน้าอย่างเป็นปึกแผ่น ซึ่งถือเป็นการวางรากฐานที่มั่นคงให้แก่ลูกหลานของเราในภายภาคหน้า เชื่อว่าเราจะเห็นทุกคนในชาติมีความสามัคคีปรองดองและร่วมมือร่วมใจกัน โดยมีจุดหมายปลายทางเดียวกันคือความมั่นคงของประเทศชาติ

ฉบับนี้มีนิพนธ์ต้นฉบับหลากหลายครบทั้งสี่สาขาวิชาและส่วนใหญ่เป็นผลงานวิจัยจากนักวิชาชีพ ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องดีทีเดียวที่สามารถผันงานประจำให้เกิดองค์ความรู้ด้านการวิจัยเพื่อพัฒนาและแบ่งปันประสบการณ์แก่เพื่อนร่วมวิชาชีพ

กองบรรณาธิการขออย่าเตือนทุกท่านอีกครั้งว่า จะยกเลิกการผลิตเล่มวารสารตั้งแต่ฉบับมกราคม 2558 เป็นต้นไป บทความทุกเรื่องสามารถดาวน์โหลดได้ฟรีจากเว็บไซต์ www.ams.cmu.ac.th/journal นอกจากนี้ระบบการรับส่งบทความยังใช้เส้นทางเดียวคือ online submission ค่ะ อย่างไรก็ตาม ทุกท่านสามารถศึกษารายละเอียดและคำแนะนำได้จากเว็บไซต์ หรือสอบถามบรรณาธิการได้ที่ทางอีเมล editorbcams@cmu.ac.th

พบกันเดือนมกราคม 2558 ผ่านเว็บไซต์วารสารออนไลน์นะคะ

รองศาสตราจารย์ ดร. ปรียานาถ วงศ์จันทร์
บรรณาธิการวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และความสามารถในการลุกจากนั่งขึ้นยืนด้วยขาข้างเดียว ในผู้ใหญ่ตอนต้น

Relationship between lower limb muscle strength and single-leg sit-to-stand performance in young adults

วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา¹ สมรรถชัย จำนงค์กิจ^{2*}
Weerasak Tapanya¹ Samatchai Chamnongkich^{2*}

¹ สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

¹ Department of Physical Therapy, School of Allied Health Sciences, University of Phayao

² ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email address: samatchai@hotmail.com)

* Corresponding author (E-mail address: samatchai@hotmail.com)

Received May 14, 2557

Accepted as revised July, 2557

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อหาวิธีการทดสอบการลุกจากนั่งขึ้นยืนด้วยขาข้างเดียว (single-leg sit-to-stand test, STS) ที่เหมาะสมในด้านจำนวนรอบของการทดสอบ สำหรับใช้ตรวจประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้จากการทดสอบ single-leg STS ด้วยการเคลื่อนไหวซ้ำจำนวน 1, 3 และ 5 รอบ (เวลาและดัชนีกำลัง) กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่อง isokinetic dynamometer

วิธีการ: อาสาสมัครจำนวน 46 คน อายุเฉลี่ย 21.04 ± 1.21 ปี ได้รับการทดสอบ single-leg STS ด้วยการเคลื่อนไหวซ้ำจำนวน 1, 3 และ 5 รอบ เพื่อวัดตัวแปรเวลา (T1-STS, T3-STS และ T5-STS) และคำนวณค่าตัวแปรดัชนีกำลัง (P1-STS, P3-STS และ P5-STS) ของ single-leg STS test วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาโดยใช้เครื่อง Contrex MJ isokinetic dynamometer

ผลการศึกษา: ค่าความน่าเชื่อถือของการทดสอบ single-leg STS ด้วยการเคลื่อนไหวซ้ำจำนวน 1, 3 และ 5 รอบ ($ICC_{3,1}$) เท่ากับ 0.68, 0.78 และ 0.90 ตามลำดับ ดัชนีกำลังของการทดสอบ single-leg STS ด้วยการเคลื่อนไหวซ้ำจำนวน 3 และ 5 รอบมีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ($r=0.753$ และ $r=0.782$ ตามลำดับ) ในขณะที่ดัชนีกำลังของการทดสอบ single-leg STS จำนวน 1 รอบ มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในระดับปานกลาง ($r=0.687$) ตัวแปรเวลา (T1-STS, T3-STS และ T5-STS) มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในระดับต่ำถึงปานกลาง ($r=-0.459$ $r=-0.487$ และ $r=-0.573$ ตามลำดับ)

สรุปผลการศึกษา: ตัวแปรดัชนีกำลังของการทดสอบ single-leg STS มีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในระดับที่สูง ดังนั้นตัวแปรดัชนีกำลังที่ได้จากการทดสอบ single-leg STS จึงสามารถใช้เพื่อทำนายความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาได้ การทดสอบ single-leg STS แบบ 3 รอบ มีความเหมาะสมในการทดสอบจริงมากที่สุดเนื่องจากใช้เวลาในการทดสอบน้อยและมีความน่าเชื่อถือของการทดสอบในระดับดีเยี่ยม

คำรหัส: การทดสอบลุกจากนั่งขึ้นยืนด้วยขาข้างเดียว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ความสัมพันธ์ ดัชนีกำลัง

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study was to determine the appropriate protocol of the single-leg sit-to-stand (STS) test in terms of number of repetitions for assessment of the lower limb muscle strength in young adults by exploring relationship between variables obtained from the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS tests (time to complete and power index of the STS test) and lower limb muscle strength obtained from an isokinetic dynamometer.

Materials and methods: Forty-six healthy participants with mean age of 21.04 ± 1.21 years participated in the study. Each participant performed 1, 3, and 5 repetitions of single-leg STS test. Time (T1-STS, T3-STS and T5-STS) and power index (P1-STS, P3-STS and P5-STS) were measured during each repetition of the single-leg STS test. Lower limb muscle strength was measured by a Contrex MJ isokinetic dynamometer.

Results: The intraclass correlation coefficients ($ICC_{3,1}$) values of the time to complete the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS test were 0.68, 0.78 and 0.90, respectively. P3-STS and P5-STS were highly correlated with lower limb muscle strength ($r=0.753$ and $r=0.782$, respectively) while P1-STS was moderately correlated with lower limb muscle strength ($r=0.687$). T1-STS, T3-STS and T5-STS had poor to moderate correlations with lower limb muscle strength ($r=-0.459$, $r=-0.487$, and $r=-0.573$, respectively).

Conclusion: Power index of the single-leg STS test had strong relationship to the lower limb muscle strength. Therefore, the power index obtained from single-leg STS test can be used to predict strength of the lower limb muscles. The most suitable number of repetitions when performing the single-leg STS test was 3 repetitions as it required less time to administer and has excellent reliable.

Keywords: Single-leg sit-to-stand, lower limb muscle strength, correlation, power index

INTRODUCTION

Strength of lower limb muscles can be assessed directly using standard equipment such as force transducers and isokinetic dynamometry.¹ However, these devices are expensive and time-intensive for used in clinical settings. Functional tests, such as a sit-to-stand (STS) test, do not require expensive equipment and are usually quick to administer. A traditional two-leg STS test has been used to evaluate lower-limb muscle strength in elderly and people with disabling disease related to lower limb muscle strength such as knee osteoarthritis, knee arthroplasty and hemiparesis.²⁻⁴ Hughes et al⁵ reported that older adults used greater proportion of quadriceps muscle strength capability than young adults (78% and 34% for older and young adults, respectively) to perform the same STS task. The STS performing with double leg support is appropriate and safe protocol for elderly and people with balance related problems.⁶ However, the traditional STS test may not be appropriate for assessing

lower limb muscle strength in young adults because they have upper limit of a capability to achieve the test (ceiling effect) toward maximum value.⁷

Wongsaya and Chamnongkich⁸ developed a new functional test (single-leg STS test) for evaluating knee extensor muscles strength in young adults. It was proposed that STS performed with single leg support would increase challenge of the test because it requires higher amount of knee extensor muscle force to control movement of the whole body similar to a single-leg squat.⁹ Power index was used to represent the rate at which work is performed or the force that the lower limb muscles generate to move a body through the distance during the STS movement in a unit of time.¹⁰ Power index of a 5 repetitions single-leg STS test (calculated from body mass, thigh length and time to complete a STS test) was found to be highly correlated with maximum isometric voluntary contraction (MVC) force of the knee extensor

($r=0.83$) while lower correlation was found ($r=0.76$) for the power index of a 10 repetitions single-leg STS test. No correlation was found between STS time and knee extensor muscle MVC.⁸

Several previous studies attempted to explore the relationship between lower-limb muscle strength and variables of the STS test. However, the relationship between STS test variables and lower-limb muscle strength is still unclear. Jones et al¹¹ reported a high correlation ($r=0.71$ and 0.78 for men and women, respectively) between the number of completed standing in a 30-second two-leg STS test and leg press strength (one repetition maximum) in the elderly. In contrast, McCarthy et al¹² reported low to moderate correlation between knee and hip extensor muscle torques and both of the time to complete a 5 repeated two-leg STS test ($r = -0.29$ for hip extensors and -0.46 for knee extensors) and the number of completed STS in a 30 second STS test ($r = 0.33$ for hip extensors and 0.44 for knee extensors). In addition, Takai et al¹³ reported that power index of the two-leg STS test was highly correlated with MVC force and cross-sectional area of the quadriceps muscle in the elderly. Chen et al¹⁴ reported that thigh muscle volume measured by MRI was positively correlated with the anthropometric data (including body height, body mass, waist size, and thigh circumference).

Findings from these previous studies^{8, 12, 13} suggested that several factors may affect the single-leg STS performance. Performance in STS test may be influenced by several other factors besides lower limb muscles strength such as subject's physical characteristics (body mass, height, muscle size and muscle lever arm). Therefore, using muscle strength to body mass ratio may be more appropriate for exploring the relationship between single-leg STS variables and lower limb muscle strength. Performing the single-leg STS test with too many repetitions may induce fatigue to leg muscles.¹² Thus, reducing the number of repetitions may result in higher level of correlation between STS variables and muscle force. In addition, muscle strength obtained from isometric test may not represent actual muscle function during STS movement.¹⁵ Finally, other leg muscles besides the knee extensors may also contribute to the single-leg STS performance.¹⁶ Therefore, the purpose of this study was to determine the appropriate protocol to be used when performing the single-leg STS test in terms of number

of repetitions for assessment of the lower limb muscle strength in young adults by exploring relationship between variables obtained from the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS tests (time to complete and power index of the STS test) and lower limb muscle strength obtained from an isokinetic dynamometer. According to concurrent validity concept¹⁷, if variables obtained from the single-leg STS test are highly correlated with muscle strength, such variable can be used to predict strength of the lower limb muscles.

METHODS

Forty-six healthy young adults (23 males and 23 females) with mean age of 21.04 ± 0.21 years participated in the study. The required sample size was calculated based on a previous study by McCarthy et al¹² using a G*Power 3.1.5 program. To achieve 80% statistical power with an alpha level of 0.05 for correlation test, a minimum of 46 participants were required. Participants were included in the study if they were in age range of 18-25 years and free from neurological or musculoskeletal disorders. Potential participants were excluded if they were athletes or advanced weight trainers. All participants were screened for balance impairment by a single limb stance test.¹⁸ Their demographic data are shown in Table 1. The study protocol was submitted for approval by the Research Ethics Committee, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University. Participants were informed not to take part in any vigorous exercise within 48 hours¹⁹ and not to take alcohol, caffeine or medications which could affect physical performance within 24 hours before the testing day.

Prior to the test, participants' physical characteristics (e.g. body mass, body height, thigh length, lower leg length, and thigh circumference) were collected. Data collection procedure was divided into two sessions. In the first session, the single-leg STS tests with different repetitions (1, 3, and 5 repetitions) were performed in random order. Single-leg STS was performed using the dominant leg for support which was determined by leg dominance tests²⁰ (the leg used to kick a ball, step on bug, write a word with the foot, and take a step forward). The participants sat on a chair with their arms across their chest. The seat height was adjusted to 110% of the participants' lower leg length.²¹ The knee joint at starting position was set at 100° of flexion for the tested

Table 1. The demographic characteristics of the participants (N=46).

Variables	Male (N=23)	Female (N=23)	Total (N=46)
Age (yr)	20.83±1.40 (19-23)	21.26±0.96 (20-24)	21.04±1.21 (20-24)
Height (m)	1.71±0.05	1.58±0.04	1.64±0.08
Mass (kg)	60.65±5.12	51.89±5.66	56.27±6.94
BMI (kg/m ²)	20.70±1.75	20.86±2.16	20.78±1.94
Thigh length (cm)	39.50±2.02	38.65±2.13	39.08±2.10
Thigh circumference (cm)	51.02±3.17	50.96±3.71	50.99±3.41

Note: values are mean±SD

(dominant) knee. The untested (non-dominant) leg was lifted just above the floor without moving the leg forward or backward and was not allowed to contact the floor during the test. The participants were instructed to stand up with full knee extension and sit down until their buttock was in contact the chair before starting the next repetition (Figure 1). They were allowed to perform one trial to be familiarized with the task. For the actual test, the participant performed the single-leg STS test with maximum effort as fast as possible. The time (T-STST) was recorded using a stopwatch. Recording time started with the word “go” and stopped when the participant sat fully on the chair of the last repetition. For each of the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS tests, the participant performed 2 trials with resting period of 3 minutes between the trials. The trial with less duration of time was recorded for data analysis. The power index of the STS test was calculated from the following formula.¹³

$$\frac{\text{body mass} \times \text{thigh length} \times 9.81 \times \text{number of STS rep}}{\text{Timed STS}}$$

The second session was administered on the next day. A Contrex MJ isokinetic dynamometer (CMV AG, Dubendorf, Switzerland) was used for measuring strength of the lower limb muscles including hip flexor/extensor, knee/extensor, and ankle plantar flexor/dorsiflexor muscles in random order. Prior to the test, the participants performed a regular warm-up by stretching lower limb muscles and were practiced with submaximal concentric contraction for familiarity. The tested positions were set according to Negahban et al's study (Figure 2).²² For

each joint, the participants performed five repetitions of maximal concentric contraction with no rest using reciprocal muscles of a joint in given movement direction.²² The participants performed 2 trials of testing with resting period of 2 minutes between trials to avoid fatigue. The highest maximal peak torque of the two trials were averaged and normalized with body mass (peak torque to body mass ratio) for data analysis. After a five-minute rest period, strength measurement of the next random ordered muscle group was performed using the same testing procedure. All testing trials were performed at the angular velocity of 60°/s.²²

Test-retest reliability of the variables obtained from the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS test (time to complete the STS tests) were determined. Ten participants were randomly chosen from all participants for test-retest using the same testing protocol. Participants were retested two day apart. Intraclass correlation coefficient, ICC_(3, 1), was used to determine the test-retest reliability.

Statistical Analysis

Descriptive statistics were used to describe participant's demographic data as mean and standard deviation. Pearson product moment correlation coefficient statistics were used to determine the relationship between single-leg STS test variables and lower limb muscle strength variables. All statistical analyses were tested using SPSS version 16 for Windows. The significant level was set at 0.05 for all statistical tests.

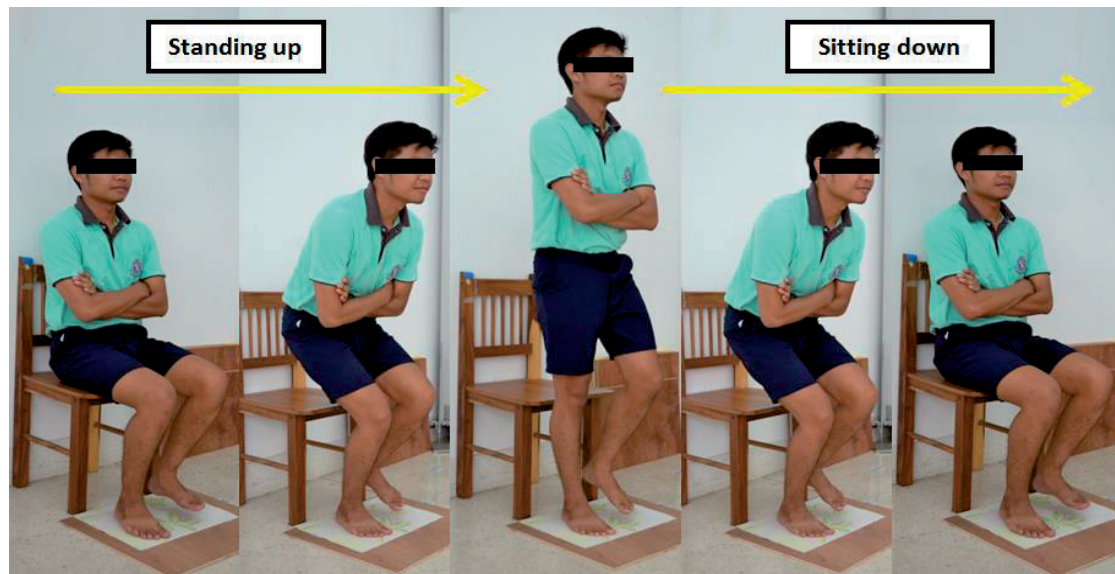


Figure 1. A sequence of one repetition of single-leg STS movement.



Figure 2. Isokinetic testing of the lower limb muscles.

Table 2. Time to complete single-leg STS test and power index of single-leg STS test.

Variables	Male (N=23)	Female (N=23)	Total (N=46)
T1-STS (second)	2.07±0.21	2.23±0.23	2.15±0.23
T3-STS (second)	5.96±0.48	6.45±0.59	6.21±0.59
T5-STS (second)	10.01±0.93	11.08±1.07	10.54±1.13
P1-STS (watt)	114.21±13.80	88.94±14.50	101.58±18.95
P3-STS (watt)	118.55±11.69	92.13±14.09	105.34±18.50
P5-STS (watt)	117.76±11.00	89.50±13.57	103.63±18.80

Note: values are mean±SD

RESULTS

Reliability Study

The intraclass correlation coefficients ($ICC_{(3,1)}$) values of the time to complete the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS test (T1-STS, T3-STS, and T5-STS) were 0.68, 0.78, and 0.90, respectively.

Time and Power Index of Single-leg STS Test

The mean time to complete the 1, 3, and 5 repetitions single-leg STS test (T1-STS, T3-STS, and T5-STS) were 2.15±0.23, 6.21±0.59, and 10.54±1.13 seconds, respectively. The mean power index of the 1, 3 and 5 repetitions single-leg STS test (P1-STS, P3-STS, and P5-STS) were 101.58±18.95, 105.34±18.50 and 103.63±18.80 Watts, respectively as shown in Table 2.

Peak Torque and Peak Torque to body Mass Ratio of lower limb Muscles

The mean peak torque of the hip flexor/extensor, knee flexor/extensor and ankle dorsiflexor/plantar flexor muscle groups were 65.31±24.81, 169.23±49.38, 87.70±29.02, 114.68±31.60, 19.06±5.67 and 86.26±27.56 Newton-meter (Nm), respectively. The mean peak torque of body to mass ratio of the hip flexor/extensor, knee flexor/extensor and ankle dorsiflexor/plantar flexor muscle groups were 1.14±0.37, 2.98±0.71, 1.54±0.41, 2.02±0.41, 0.34±0.08, 1.52±0.40 Nm/kg, respectively as shown in Table 3.

Correlation Between Variables Obtained from the Single-leg STS Test and lower limb Muscle Strength

All lower limb peak torque to body mass ratios was negatively correlated with all T1-STS, T3-STS, and T5-STS except the knee extensor that was not correlated with T1-STS (Table 4). All lower limb peak torques were positively correlated with all P1-STS, P3-STS, and P5-STS. The level of relationship between lower limb muscle strength and power index were higher than the level of relationship between lower limb muscle strength and Time STS variables as shown in Table 4.

DISCUSSION

The lower limb muscle strength revealed a high correlation with power index of the single-leg STS test but low to moderate correlation with the time to complete single-leg STS test ($r=0.604$ to 0.782 vs $r=-0.286$ to -0.573).²³ This result agrees with the findings of previous studies.^{8, 13} Wongsaya and Chamnongkich⁸ reported no correlation between MVC and time but high correlation between MVC and power index. It can be noted that the correlations were found when body mass and thigh length were included in the power index formula. These results suggested that body size affected the relationship between muscle peak torque and power index of the STS task. Although this study used body mass to normalize with peak torque, it was not sufficient to find linear relationship with only time to complete single-leg STS test. Takai et al¹³

Table 3. Peak torque and peak torque to body mass ratio of lower limb muscles.

Variables	Male (N=23)	Female (N=23)	Total (N=46)
Peak torque (Nm)			
Hip flexor (HF)	88.38±8.73	42.24±8.39	65.31±24.81
Hip extensor (HE)	209.07±31.64	129.40±25.83	169.23±49.38
Knee flexor (KF)	111.56±19.91	63.84±11.68	87.70±29.02
Knee extensor (KE)	138.17±22.37	91.19±19.73	114.68±31.60
Ankle dorsiflexion (AD)	23.93±3.12	14.19±2.55	19.06±5.67
Ankle plantar flexion (AP)	107.25±21.13	65.23±13.67	86.26±27.56
Peak torque to body mass ratio (Nm/kg)			
Hip flexor (HF)	1.46±0.16	0.82±0.19	1.14±0.37
Hip extensor (HE)	3.46±0.55	2.50±0.48	2.98±0.71
Knee flexor (KF)	1.84±0.32	1.24±0.24	1.54±0.41
Knee extensor (KE)	2.28±0.30	1.76±0.34	2.02±0.41
Ankle dorsiflexion (AD)	0.40±0.05	0.28±0.05	0.34±0.08
Ankle plantar flexion (AP)	1.78±0.38	1.26±0.22	1.52±0.40

Note: values are mean±SD

Table 4. Correlation between variables obtained from the single-leg STS test and lower limb muscle strength variables.

Peak torque to body mass ratio						
	HF	HE	KF	KE	AD	AP
T1-STS	-0.396**	-0.334*	-0.365**	-0.187	-0.459**	-0.378**
T3-STS	-0.487**	-0.454**	-0.478**	-0.286*	-0.429**	-0.480**
T5-STS	-0.573**	-0.459**	-0.534**	-0.361**	-0.517**	-0.455**
Peak torque						
	HF	HE	KF	KE	AD	AP
P1-STS	0.685**	0.654**	0.687**	0.664**	0.671**	0.604**
P3-STS	0.739**	0.712**	0.753**	0.732**	0.672**	0.650**
P5-STS	0.782**	0.706**	0.775**	0.743**	0.710**	0.635**

Note: **Correlation is significant at $p<0.01$

*Correlation is significant at $p<0.05$

indicated that power index of the STS test is more useful to assess knee extensor strength than the time to complete STS variable.

Ferrucci et al²⁴ reported that the relationship between time to complete a 5-repeated chair stands and knee extensor and hip flexor force was nonlinear if knee extensor and hip flexor force were greater than 98 Newton (N) and 147 N, respectively. All participants in the present study were young individuals having mean knee extensor strength of 290 N (Converting from Nm unit). All male and some female participants had hip flexor strength above 147 N (range 77–279 N). Therefore, it is not surprising that the relationship between time variables and lower limb muscle strength in this study was not found. Moreover, Csuka and McCarthy²⁵ reported that time to complete 10-repeated sit-to-stand could not differentiate between men and women with different knee extensor strength. Results of the present study confirmed those of the previous studies^{8, 13, 24, 25} that time to complete the STS test alone is not appropriate for evaluating lower limb muscle strength.

In the present study, the correlation values of all lower limb muscles strength and power index were about the same level. These results indicated that the power index obtained from single-leg STS test may be used to predict all leg muscles. The results are in contrast with our hypothesis of present study that the knee extensor would have a highest correlation with variable obtained from single-leg STS movement. These could be due to the fact that all leg muscles play the important role in standing up using one leg. Based on an electromyography (EMG) study by Khemlani et al¹⁶, several muscles of the lower limb were activated during the STS task. There appears to be functional linkages between movement of the hip, knee and ankle joints and onset of the lower limb muscles activity (rectus femoris, vastus lateralis, biceps femoris, tibialis anterior, gastrocnemius and soleus) while moving from sitting on a chair to standing up.¹⁶ Khemlani et al¹⁶ explained that hip flexor muscles generated hip flexion movement during flexion momentum and momentum transfer phases. Hip extensor muscles worked for slowing down hip flexion before reversal hip extension movement. At the knee joint, knee extension was controlled by knee extensor muscles while knee flexor muscles pulled the shank backward to control stability of the knee. The ankle muscles contributed to postural adjustments and postural

stability during STS task. Similar to other movements of the lower limb such as walking, Winter²⁶ explained that all three lower limb joints produce cooperatively a net extensor moment to support the lower limb during stance phase.

When considering the appropriate number of repetitions of single-leg STS test, it was found that power index values of the 3 and 5 repetitions single-leg STS test were highly correlated with lower limb muscles strength while power index of the 1 repetition single-leg STS test was moderately correlated with lower limb muscles strength.²³ Moreover, our reliability result revealed that both the 3 and 5 repetitions single-leg STS test were acceptable with excellent reliability level (0.78 and 0.90, respectively).²⁷ The lower reliability of the 1 repetition single-leg STS test (0.67: good reliability level)²⁷ may be resulted from large variation in the time to complete the STS movement between the tests and retest trials. Timing in each repetition of the single-leg STS test may be affected by the starting movement of each repetition and faulty movements occurred during the 1 repetition single-leg STS test. Whereas for the 3 and 5 repetitions test, the participants could adjust their movement correctly in the next repetition and the possible faulty movements could be averaged across repetitions. Therefore, performing the single-leg STS test with either 3 or 5 repetitions seems appropriate and they can be used interchangeably. Nevertheless, the 3 repetition single-leg STS test seems more suitable for assessment of lower limb muscle strength than the other test because it requires less movement repetition had excellent reliability level.

The limitation of this present study was that only young adults with age range of 18 to 25 years old were included. Thus, the results of this present study are limited for use in assessment of the lower limb muscle strength only in this particular age-range individuals. Moreover, balance could be one of the important components of the single-leg STS test. Although the participants in this study were considered having normal balance as screened by the single-leg stance test, the single-leg STS is difficult task to perform. Therefore, differences in balance control ability could also influence results of the study. In future study, a more intensive balance test for young participants should be incorporated when determining relationship between single-leg STS performance and lower limb muscle strength.

CONCLUSION

This study revealed that all lower limb muscle strength had moderate to high positive correlation with power index of the single-leg STS test but low to moderate negative correlation with time to complete single-leg STS test. According to concept of concurrent validity, the power index variable obtained from single-leg STS test can be used to predict strength of the lower limb muscle. The appropriate numbers of repetition of single-leg STS test was 3 repetitions because it requires less movement repetition and had excellent reliability level. The correlation values of all lower limb muscles strength and power index variable were about the same level indicating that

all leg muscles played the important role in standing up using one leg. The single-leg STS test is appropriate for assessment of lower limb muscle strength in young adults and convenient to administer in community setting.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express sincere gratitude to the Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University for supporting the funding for this project. In addition, we would like to thanks physical therapy students of the Chiang Mai University for their assistance during

REFERENCES

1. Dolny DG, Collins MG, Wilson T, Germann ML, Davis HP. Validity of lower extremity strength and power utilizing a new closed chain dynamometer. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 171-5.
2. Lord SR, Murray SM, Chapman K, Munro B, Tiedemann A. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002; 57: M539-43.
3. Roy G, Nadeau S, Gravel D, Pottie F, Malouin F, McFadyen BJ. Side difference in the hip and knee joint moments during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis. *Clin Biomech.* 2007; 22: 795-804.
4. Turcot K, Armand S, Fritschy D, Hoffmeyer P, Suva D. Sit-to-stand alterations in advanced knee osteoarthritis. *Gait Posture.* 2012; 36: 68-72.
5. Hughes MA, Myers BS, Schenkman ML. The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly. *J Biomech.* 1996; 29: 1509-13.
6. Bohannon RW. Alternatives for measuring knee extension strength of the elderly at home. *Clin Rehabil.* 1998; 12: 434-40.
7. Bohannon RW. Reference values for the five-repetition sit-to-stand test: a descriptive meta-analysis of data from elders. *Perceptual and motor skills.* 2006; 103: 215-22.
8. Wongsaya E, Chamnongkich S. Validation of a one-leg sit-to-stand test for the measurement of knee extensor muscle strength and endurance in young adults. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci.* 2012; 45: 79-88.
9. Beckman M, Craig R, Lehman RC. Rehabilitation of patellofemoral dysfunction in the athlete. *Clin Sports Med.* 1989; 8: 841-60.
10. Everett T., Kell C. *Human movement : an introductory text.* 6th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2010.
11. Jones CJ, Rikli RE, Beam WC. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport.* 1999; 70: 113-9.
12. McCarthy EK, Horvat MA, Holtsberg PA, Wisenbaker JM. Repeated chair stands as a measure of lower limb strength in sexagenarian women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2004; 59: 1207-12.
13. Takai Y, Ohta M, Akagi R, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and strength in the elderly: a novel approach. *J Physiol Anthropol.* 2009; 28: 123-8.
14. Chen BB, Shih TT, Hsu CY, Yu CW, Wei SY, Chen CY, et al. Thigh muscle volume predicted by anthropometric

- measurements and correlated with physical function in the older adults. *J Nutr Health Aging*. 2011; 15: 433-8.
15. Ted AB, Andrew SJ. Measurement for evaluation in physical education and exercise science. 6th ed. Boston: McGraw-Hill; 1999.
 16. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech*. 1999; 14: 236-46.
 17. Kumban W, Amatachaya S, Emasithi A, Siritaratiwat W. Five-times-sit-to-stand test in children with cerebral palsy: reliability and concurrent validity. *NeuroRehabilitation*. 2013; 32: 9-15.
 18. Bohannon RW. Single Limb Stance Times: A Descriptive Meta-Analysis of Data From Individuals at Least 60 Years of Age. *Top Geriatr Rehabil*. 2006; 22: 70-7.
 19. Ebben WP, Long NJ, Pawlowski ZD, Chmielewski LM, Clewien RW, Jensen RL. Using squat repetition maximum testing to determine hamstring resistance training exercise loads. *J Strength Cond Res*. 2010; 24: 293-9.
 20. Velotta J, Weyer J, Ramirez A, Winstead J, Bahamonde. Relationships between leg dominance tests and type of task. *Proceedings of the XXIXth International Conference on Biomechanics in Sports*. 2011.
 21. Yamada T, Demura S. Influence of the relative difference in chair seat height according to different lower thigh length on floor reaction force and lower-limb strength during sit-to-stand movement. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2004; 23: 197-203.
 22. Negahban H, Moradi-Bousari A, Naghibi S, Sarrafzadeh J, Shaterzadeh-Yazdi MJ, Goharpey S, et al. The eccentric torque production capacity of the ankle, knee, and hip muscle groups in patients with unilateral chronic ankle instability. *Asian J Sports Med*. 2013; 4: 144-52.
 23. Dancey CP, Reidy J. *Statistics Without Maths for Psychology*. 5th ed. London: Saffron House; 2011.
 24. Ferrucci L, Guralnik JM, Buchner D, Kasper J, Lamb SE, Simonsick EM, et al. Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: the Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1997; 52: M275-85.
 25. Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *The American journal of medicine*. 1985; 78: 77-81.
 26. Winter DA. Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *J Biomech*. 1980; 13: 923-7.
 27. Fleiss JL. *The design and analysis of clinical experiments*. New York: John Wiley; 1986.

เปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายด้วยการเต้น Paslop และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะต่อการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในอาสาสมัครที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ

Comparative effect of Paslop dancing and specific core stabilizing exercise on postural control and core strength in sedentary subjects

วิลาวลัย กันหาชน^{1,3} ยอดชาย บุญประกอบ^{2,3,4*} สาวิตรี วันเพ็ญ^{2,4} กฤษณา บุญทา⁵
Wilawan Kanhachon^{1,3} Yodchai Boonprakob^{2,3,4*} Sawitri Wanpen^{2,4} Kritsana Boontha⁵

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กายภาพบำบัด) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Physical Therapy Program, Graduate School, Khon Kaen University

² ศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

² Research Center in Back, Neck, Other Joint Pain and Human Performance (BNOJPH) Khon Kaen University

³ กลุ่มวิจัยและพัฒนาต้นตอประสาทวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ Neuroscience Research and Development Group, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

⁴ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

⁴ Faculty of Associated medical Science, Khon Kaen University

⁵ ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

⁵ Department of Physical Therapy, Faculty of Associate Medical Sciences, Chiang Mai University

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

* Corresponding author (E-mail address: yodchai@kku.ac.th)

Received May 22, 2557

Accepted as revised July, 2557

Abstract

Introduction: Paslop is Laos's traditional dancing which shows walking and twisting pattern of movement with music. The unique of Paslop is stability of one-leg position and leg-crossing position while dancing. Paslop may affect improvement of self's balance and core strength.

Objectives: The purpose of this study was to compare between the effect of Paslop dancing and specific core stabilizing exercise on postural control and core strength.

Materials and methods: Forty-eight subjects were recruited and divided into 2 groups, 24 subjects each group. Two men and 22 women (the average age=44.88±6.12 years) were participated in Paslop group, and were also same baseline characteristics as specific core stabilizing exercise group. The participants in both groups were trained and performed exercise for 45 minutes a day, 3 days per week for 4 weeks. The outcome measures consisted of one-leg with eyes closed test (OLST) was used to measure the improvement of body's balance and pressure biofeedback unit (PBU) was used to measure general core strength prior to training and at the 4th week after training. The pair sample t-test was used to analyze data within group, whereas the independent t-test was used to analyze data between groups, respectively.

Results: The results showed that the improvement of postural control in both groups were improved statistical difference when compared within group ($p<0.001$) but did not show significant difference between groups ($p=0.186$). The improvement of core strength in both groups were shown statistical difference when compared within group ($p<0.001$). However, the core strength of Paslop group showed more effectiveness than specific core stabilizing exercise ($p=0.041$).

Conclusions: Four-week training of Paslop dancing and specific core stabilizing exercise can improve self's balance and core strength.

Keywords: Paslop, self's balance, core strength

บทคัดย่อ

บทนำ: บาสโลบ (Paslop) คือการเต้นท้องถิ่นของประเทศลาว มีรูปแบบการเดินและการบิดหมุนลำตัวประกอบกับดนตรี โดยลักษณะเด่นของการเต้นชนิดนี้คือความมั่นคงในการทรงตัวบนขาหนึ่งข้างของผู้เต้นและอาจมีการเดินไขว้ขาประกอบด้วย จากลักษณะของการเคลื่อนไหวดังกล่าวเชื่อว่าการเต้นบาสโลบอาจช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวของร่างกายได้

วัตถุประสงค์: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการเต้นบาสโลบและการออกกำลังกายแบบจำเพาะต่อการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียวขณะหลับตาและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

วัสดุและวิธีการ: ผู้เข้าร่วมการศึกษาจำนวน 48 คน ถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 24 คน แบ่งเป็น ชาย 2 คน และ หญิง 22 คน (อายุเฉลี่ย 44.88 ± 6.12 ปี) ถูกสุ่มให้ได้รับโปรแกรมการเต้น Paslop และอาสาสมัครจำนวนเท่ากันถูกสุ่มให้ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบจำเพาะ อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มได้รับโปรแกรมการฝึกวันละ 45 นาที 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการตรวจประเมินความสามารถของการทรงตัวด้วยการทดสอบ one-leg stance test (OLST) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวโดย pressure biofeedback unit (PBU) ทั้งในช่วงก่อนและหลังการออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย pair sample t-test เพื่อดูผลก่อนและหลังการฝึก และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย independent t-test เพื่อดูความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

ผลการศึกษา: พบว่าความสามารถของการทรงตัวของทั้งสองกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ($p<0.001$) แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($p=0.186$) และพบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวของทั้งสองกลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ($p<0.001$) อย่างไรก็ตามความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มเต้น Paslop มากกว่าการออกกำลังกายแบบจำเพาะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.041$)

สรุปผลการศึกษา: การเต้นบาสโลบและการออกกำลังกายแบบจำเพาะเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความสามารถของการทรงตัวและเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวของร่างกายได้

คำรหัส: Paslop การทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

กระบวนการเสื่อมของระบบต่างๆ ภายในร่างกายเป็นสภาวะปกติแต่อาจเกิดพยาธิสภาพได้ในบางคนที่ไม่ได้ดูแลสุขภาพเท่าที่ควร กระบวนการเสื่อมมีตั้งแต่เกิด แต่การเสื่อมถอยทั้งโครงสร้างและประสิทธิภาพการทำงานมักพบตั้งแต่อายุ 30 ปีขึ้นไป อย่างไรก็ตาม อัตราการเสื่อมถอยของร่างกายในแต่ละคนมีความแตกต่างกันเนื่องจากการดูแลสุขภาพที่ไม่เหมือนกัน ปัญหาสุขภาพที่เกิดจากกระบวนการเสื่อมที่ได้รับความสนใจในทางการแพทย์คือ การเสื่อมสมรรถภาพในการทรงตัว จากการศึกษาพบว่ามนุษย์เริ่มพบปัญหาด้านการทรงตัวของร่างกายเมื่ออายุ 40 ปี¹ และมีการทรงตัวที่แย่ลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น^{2,3} ภาวะดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดการล้มในผู้สูงอายุได้ ประสิทธิภาพของการทรงตัว (balance) เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเนื่องจากอาศัยการทำงานจากระบบอวัยวะภายในร่างกายหลายระบบ อันได้แก่ ระบบ somatosensory, visual และ vestibula^{4,5} ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะควบคุมหรือชะลอการเสื่อมถอยของระบบอวัยวะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทรงตัวได้ สมบูรณ์แบบ การป้องกันปัญหาของการล้มจากภาวะเสื่อมสมรรถภาพที่ดีวิธีหนึ่งคือการออกกำลังกาย แรงกระตุ้นของกล้ามเนื้อในทิศทางต่างๆ ขณะที่มีการออกกำลังกายโดยเฉพาะในท่ายืน จะส่งผลกระทบต่อการทำงานของตัวรับเชิงกล (mechanoreceptor) บริเวณฝ่าเท้า ข้อต่อกระดูกเข่า และกระดูกสันหลังบริเวณคอ ซึ่งเป็นบริเวณที่สำคัญในการช่วยการทรงตัวของร่างกาย การออกกำลังกายจึงถือเป็นเพียงวิธีการที่เหมาะสมอย่างหนึ่งที่ใช้ในการป้องกันหรือชะลอเท่านั้น⁵⁻¹⁰

การศึกษาในอดีตพบว่าการออกกำลังกายที่มีผลเกี่ยวข้องในการเพิ่มความสามารถด้านการทรงตัวได้แก่ การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (core stabilization exercise) ลักษณะเด่นของการออกกำลังกายชนิดนี้คือการทำให้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเป็นตัวหลักในการหดตัว¹¹ กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวที่มีความสำคัญได้แก่ กล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อหลัง และกล้ามเนื้อรอบสะโพก เป็นต้น การออกกำลังกายชนิดนี้เน้นการฝึกเกร็งกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในท่าทางต่างๆ เช่น การยืน การนั่ง การตั้งคลาน และการนอนคว่ำ¹²⁻¹⁴

ประเด็นที่น่าสนใจคือ การออกกำลังกายด้วยการเต้น (dance exercise) เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่ได้รับการศึกษาและพบว่า มีการระดมการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ดังนั้นจึงมีนักวิทยาศาสตร์สนใจผลของการออกกำลังกายของการเต้นต่อการทรงตัวของร่างกาย การศึกษาพบว่าการเต้นส่งผลดีในการเพิ่มความสามารถด้านการทรงตัวและเคลื่อนไหว^{15, 16} และการเต้นที่ระดับความหนักเทียบเท่ากับการวิ่งสามารถช่วยลดน้ำหนักได้¹⁷

ประเด็นที่น่าสนใจที่เลือกนำมาใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้คือ

ลักษณะการเดิน Paslop มีการเคลื่อนไหวของร่างกายและการทรงตัวบนขาต้านใดด้านหนึ่งหรือมีการไขว้ขาประกอบกับดนตรี ขณะเคลื่อนไหวต้องมีการยกสะโพกและเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้อง กล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อสะโพกตลอดเวลา กล้ามเนื้อเป็นกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวที่มีความสำคัญต่อการทรงตัวเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม สิ่งที่กล่าวมายังเป็นเพียงความคาดหมาย เนื่องจากปัจจุบันยังมีการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับผลของ Paslop ค่อนข้างน้อย เท่าที่ปรากฏหลักฐานพบว่าการเดิน Paslop ร่วมกับการให้ความรู้เกี่ยวกับการป้องกันการหกล้มในอาสาสมัครวัยก่อนผู้สูงอายุในจังหวัดร้อยเอ็ด เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับโปรแกรมใดๆ เป็นเวลา 12 สัปดาห์พบว่า อาสาสมัครที่ได้รับการเดิน Paslop มีความสามารถด้านการทรงตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม การศึกษาดังกล่าวไม่สามารถอธิบายถึงผลการเดิน Paslop ที่แท้จริงได้ เนื่องจากเป็นการศึกษาเพียงกลุ่มเดียวไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ¹⁸

จากการศึกษานำร่องเพื่อดูผลของการเดิน Paslop เปรียบเทียบกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะต่อการทรงตัวในอาสาสมัครเพศหญิงจำนวน 10 คน อายุระหว่าง 20 ถึง 21 ปี เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบแนวโน้มการทรงตัวที่ดีขึ้นภายหลังจากการฝึกที่ 4 สัปดาห์ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากกลุ่มอาสาสมัครที่ใช้ในการศึกษานำร่องมีจำนวนน้อย เพียง 5 คนต่อกลุ่ม นอกจากนี้ยังไม่สามารถนำไปใช้ในกลุ่มประชากรกลุ่มใหญ่ได้ เพราะเป็นการศึกษาในเพศหญิงเท่านั้น นอกจากนี้ อาสาสมัครที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมดยังอยู่ในช่วงของวัยที่ยังไม่มีการเสื่อมของร่างกาย จึงทำให้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลของการฝึก ดังนั้นเพื่อให้ผลดังกล่าวมีความชัดเจนและน่าเชื่อถือขึ้น จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลของการออกกำลังกายด้วยการเดิน Paslop และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะต่อการทรงตัวและกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในอาสาสมัครที่ไม่ได้ออกกำลังกายเป็นประจำ

วัสดุและวิธีการ

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

อาสาสมัครเข้าร่วมในการศึกษาค้นครั้งนี้มีจำนวนทั้งหมด 48 คนที่ได้รับการแบ่งเป็นกลุ่มๆ ละ 24 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกคือ เป็นอาสาสมัครสุขภาพดี ที่มีอายุระหว่าง 30 ถึง 59 ปี มีค่าดัชนีมวลกายระหว่าง 18.5 ถึง 29.9 กิโลกรัม/ตารางเมตร ออกกำลังกายน้อยกว่า 3 ครั้งต่อสัปดาห์ และมีระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวซึ่งวัดด้วยเครื่องมือ Stabilizer™ Pressure biofeedback unit (PBU) (PBU: Stabilizer(pt#9296), Chattanooga Group, Hixson, TN) น้อย

กว่า 3 มิลลิเมตรปรอท โดยอาสาสมัครต้องไม่มีอาการบาดเจ็บของขาที่เป็นอุปสรรคต่อการออกกำลังกาย เช่น ข้อเสื่อมหรือข้อแพลงที่อยู่ในระยะอักเสบ ไม่เคยมีประวัติด้านระบบประสาทที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวที่ลดลง เช่น ชาอ่อนแรง ไม่เคยมีประวัติอาการปวดหลังก่อนเข้าร่วมการศึกษาอย่างน้อย 6 เดือน ไม่เคยมีประวัติการผ่าตัดหน้าท้องภายใน 6 เดือน ก่อนเข้าร่วมการศึกษา หรือไม่สามารถนอนคว่ำได้¹⁹ และไม่อยู่ในระหว่างการรักษาหรือรับประทานยาที่เข้าร่วมการศึกษา²⁰ ทั้งนี้จำนวนผู้เข้าร่วมการศึกษารวมได้คิดคำนวณจากการศึกษานำร่อง (pilot study) โดยมีค่า Power เท่ากับ 0.9 ค่า alpha level เท่ากับ 0.05 และค่า effect size เท่ากับ 1

2. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษารูปแบบเปรียบเทียบ (comparative study) อาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าต้องลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หมายเลข HE 562352 อาสาสมัครทั้งหมดได้รับการจับสลากเพื่อสุ่มให้เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายด้วยการเดิน Paslop หรือการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะ ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกคนได้รับการตรวจประเมินความสามารถของการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ตามลำดับ โดยผู้ตรวจประเมินคนเดียวกัน ที่ได้รับการปิดบังเงื่อนไขของการศึกษา (blinding investigator) ทำการตรวจประเมินก่อนการออกกำลังกาย (baseline) และหลังการออกกำลังกาย 4 สัปดาห์ (short term) รวมระยะเวลาในการทดลอง 14 วัน โดยในวันแรกเป็นวันคัดกรองอาสาสมัครเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาสาสมัคร ได้แก่ ความสามารถในการทรงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ความถี่ของการออกกำลังกาย ข้อมูลสุขภาพและโรคประจำตัว น้ำหนักส่วนสูง อายุ อาสาสมัครได้ทำความเข้าใจกับขั้นตอนการวิจัย เครื่องมือและกระบวนการวัดในตัวชี้วัดต่างๆ เมื่ออาสาสมัครผ่านเกณฑ์การคัดเข้า อาสาสมัครถูกสุ่มโดยการจับสลากเข้าสู่ลำดับการทดลองที่แตกต่างกัน โดยแยกสุ่มตามเพศและช่วงอายุ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ประเมินความเที่ยงภายในตัวผู้วัด (ผู้ช่วยวิจัย) ในการวัดความสามารถของการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวของอาสาสมัครก่อนทำการประเมินจริง โดยใช้การทดสอบ OLST และ PBU ได้ค่าความน่าเชื่อถือของการวัดอยู่ในระดับดีเยี่ยม (ICC= 0.964, 0.986 ตามลำดับ)

วันที่ 2 ถึงวันที่ 13 เป็นวันทดลอง อาสาสมัครทำการทดลอง 45 นาที ในช่วงเวลา 17.00 น. ถึง 17.45 น. ของทุกวันทั้งสองกลุ่ม โดยในกลุ่มเดิน Paslop ฝึกในทุกวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ในขณะที่กลุ่มออกกำลังกายแบบจำเพาะฝึกในทุกวันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ แต่ละ

กลุ่มเริ่มต้นโปรแกรมการฝึกด้วยการยืดเหยียดกระดูกสันหลังส่วนเอวและฝึกเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องอย่างถูกต้องเป็นเวลา 5 นาที ตามด้วยโปรแกรมการฝึกเป็นเวลา 40 นาทีต่อกลุ่มรวมทั้งหมด 45 นาที อาสาสมัครฝึกในแต่ละโปรแกรมต่อเนื่อง 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เมื่อเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึกครั้งสุดท้าย ผู้ช่วยวิจัยทดสอบด้วย OLST และ PBU อีกครั้ง โดยการวัด OLST และ PBU ในแต่ละรอบใช้เวลาในการจัดทำทางอาสาสมัครและบันทึกข้อมูลรวมประมาณ 3 นาทีต่อการทดสอบ โดยรายละเอียดของแต่ละกลุ่มมีดังนี้

2.1 กลุ่มเดิน Paslop

อาสาสมัครได้รับการฝึกเดิน Paslop (Figure 1-2) ทั้งหมด 2 รูปแบบ โดยมีเพลงที่ใช้ประกอบการเดินจำนวน 8 เพลง ระยะเวลาเฉลี่ยแต่ละเพลงคือ 5 นาที รวมระยะเวลาของการเดิน 40 นาที โดยอาสาสมัครทำการเดินสลับจังหวะเมื่อหมดเพลงหนึ่งๆ กล่าวคือ ในลำดับของเพลงที่ 1, 3, 5 และ 7 อาสาสมัครต้องเดิน Paslop ในรูปแบบที่ 1 และในลำดับของเพลงที่ 2, 4, 6 และ 8 อาสาสมัครต้องเดิน Paslop ในรูปแบบที่ 2 ทั้งสองรูปแบบของการเดินมีความแตกต่างโดยรูปแบบที่ 2 เพิ่มการฝึกด้วยการยืนาขาเดียวร่วมกับการเคลื่อนไหวของขาข้างตรงข้ามร่วมกับการบิดหมุนลำตัว ในทุกขั้นตอนของการฝึกจะมีนักกายภาพบำบัด (ผู้วิจัย) ดูแลความถูกต้องการเดิน Paslop ตลอดเวลา

2.2 กลุ่มออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะ

อาสาสมัครได้รับการฝึกให้เกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องในลักษณะของการเกร็งเข้าสู่แกนกลางลำตัว (Figure 3) ในท่าตั้งกลาน ท่านอนคว่ำ ทำยืน และทำนั่ง ตามลำดับ โดยเกร็งค้างครั้งละ 10 วินาที พัก 10 วินาที ทำการฝึกท่าละ 10 นาที รวมเวลา 40 นาที เป็นจำนวน 30 ครั้งในแต่ละท่าของการฝึก จากการวิเคราะห์ตามหลักกายวิภาคศาสตร์พบว่า ท่าทางการฝึกที่เลือกมามีผลต่อกล้ามเนื้อหลังและสะโพกด้วยเช่นกัน

ก่อนการฝึก อาสาสมัครยืดเหยียดกล้ามเนื้อและกระดูกสันหลังส่วนเอว (Figure 4) และฝึกเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องอย่างถูกต้อง (Figure 3) เป็นเวลาประมาณ 5 นาที จากนั้นอาสาสมัครทำการฝึกตามโปรแกรมของแต่ละกลุ่ม รวมเวลาการฝึกต่อกลุ่ม 45 นาที ด้วยความถี่ 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์

3. ตัวแปรการศึกษา (Outcome measures)

3.1 ความสามารถในการทรงตัวของร่างกายขณะอยู่นิ่ง (Static balance)

การตรวจประเมินความสามารถของการทรงตัวขณะอยู่นิ่งโดยใช้การทดสอบยืนขาเดียว (one leg stance test; OLST) ขณะหลับตา โดยระยะเวลาที่สามารถทรงตัวได้แสดงถึงความ



Figure 1. Paslop dancing exercise position 1.



Figure 4. Cat-Camel exercises.³⁶



Figure 2. Paslop dancing exercise position 2.



Figure 5. One leg stance test with eyes closed.



Figure 3. Abdominal hollowing pattern and specific core stabilizing exercise.



Figure 6. Pressure biofeedback unit and testing position.

สามารถด้านการทรงตัว โดยมีเกณฑ์ดังนี้ ทรงตัวได้น้อยกว่า 10 วินาที แสดงถึงความสามารถด้านการทรงตัวที่ไม่ดี หากสามารถทรงตัวได้ตั้งแต่ 45 วินาทีหรือมากกว่า แสดงถึงความสามารถด้านการทรงตัวที่ปกติถึงดีมาก²¹ โดยในท่าเริ่มต้นคือ ท่ายืนตรงกอดอก จากนั้นให้อาสาสมัครหลับตาทั้งสองข้าง ยกขาข้างใดข้างหนึ่งขึ้นแต่ไม่สัมผัสกับพื้นหรือข้อเท้าข้างตรงกันข้าม ผู้ประเมินนับจำนวนเวลาที่ขาข้างใดข้างหนึ่งลอยขึ้นจากพื้น และหยุดเวลาเมื่อ (1) อาสาสมัครใช้แขน (เช่น กรณีสัน แยกจากกัน) (2) เมื่อขาของอาสาสมัครข้างที่ยกขึ้นเคลื่อนออกจากแนวของร่างกายหรือแตะพื้น (3) เมื่ออาสาสมัครลงน้ำหนักหรือบิดหมุนขาข้างที่ยืนเพื่อรักษาการทรงตัวเพิ่มมากขึ้น (4) เมื่ออาสาสมัครสามารถยืนได้มากกว่า 45 วินาที (5) หรือเมื่ออาสาสมัครล้ม²¹ จากการศึกษาพบว่าค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องมืออยู่ในระดับดีเยี่ยม (ICC 0.832)²¹ (Figure 5)

3.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว (Core strength)

การตรวจประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวโดยใช้ถุงลมวัดความดัน (pressure biofeedback unit; PBU) ใช้หลักการของการลดลงของความดันเพื่อแสดงถึงความสามารถในการหดหรือเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งสะท้อนถึงความแข็งแรง¹² โดยในท่าเริ่มต้น อาสาสมัครอยู่ในท่านอนคว่ำ ผู้ประเมินวาง PBU ไว้บริเวณใต้ตอกลำเนื้อหน้าท้องส่วนล่าง (บริเวณด้านในและใต้ต่อปุ่มกระดูกทรวงอกด้านหน้าของกระดูกเชิงกราน) ปรับความดันเริ่มต้นที่ 70 มิลลิเมตรปรอท¹² จากนั้นให้อาสาสมัครเกร็งกล้ามเนื้อหน้าท้องส่วนล่างในทิศเข้าสู่แกนกลางลำตัว โดยความดันที่ลดลงน้อยกว่า 3 มิลลิเมตรปรอท สะท้อนถึงการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว²⁰ ค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องมืออยู่ในระดับปานกลางถึงดีเยี่ยม (ICC 0.47 ถึง 0.82)²² (Figure 6)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติพรรณนาอธิบายลักษณะกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มก่อนและหลังการฝึกด้วยสถิติ Paired t-test และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ด้วยสถิติ Independent t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Microsoft® Excel 2007 และ SPSS 17.0 (SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.)

ผลการศึกษา

อาสาสมัครที่เข้าร่วมในการศึกษาค้างครั้งนี้จำนวน 54 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 27 คน แต่มีการหายไปของอาสาสมัครใน

ระหว่างที่ทำการทดลองกลุ่มละ 3 คน โดยในกลุ่มต้น Paslop มีอาสาสมัครที่ได้รับอุบัติเหตุในชีวิตประจำวันขณะเข้าร่วมโครงการและเข้ารับการรักษาตัวที่โรงพยาบาลจำนวน 1 คน และมีอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการไม่ครบตามโปรแกรม จำนวน 2 คน และในกลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะมีอาสาสมัครที่เข้าร่วมโครงการไม่ครบตามโปรแกรมจำนวน 3 คน ส่งผลให้เหลืออาสาสมัครที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มละ 24 คน โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่มพบว่า มีอายุเฉลี่ย น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ความสามารถในการทรงตัว ความถี่ของการออกกำลังกาย และอาชีพ ที่ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการเปลี่ยนแปลงค่า OLST และ PBU ในก่อนและหลังการฝึกของแต่ละกลุ่ม นำเสนอในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ด้วย paired t-test พบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายในกลุ่มเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการฝึก ($p<0.001$) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติ Independent t-test โดยใช้ค่าเฉลี่ยของความเปลี่ยนแปลงในความสามารถในการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว พบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันของความสามารถในการทรงตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.186$) แต่พบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวที่เพิ่มมากกว่าในกลุ่มต้น Paslop อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ($p=0.041$) (Table 2)

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครมีความสามารถในการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียวขณะหลับตาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฝึกที่ 4 สัปดาห์ในทั้งสองกลุ่ม โดยในกลุ่ม Paslop อาสาสมัครมีค่าการเปลี่ยนแปลงของเวลาเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบ OLST จาก 2.70 วินาที ก่อนการฝึก เป็น 4.84 วินาที ($p<0.001$) ส่วนในกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบจำเพาะ อาสาสมัครมีค่าการเปลี่ยนแปลงของเวลาที่ได้จากการทดสอบ OLST จาก 3.36 วินาที ก่อนการฝึก เป็น 6.45 ($p<0.001$) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.186$) ผลการศึกษานี้มีความคล้ายคลึงกับการศึกษาของอิฟงษ์¹⁸ ที่ศึกษาผลของการเดิน Paslop และโปรแกรมความเชื่อและสนับสนุนทางสังคมต่อความสามารถในการทรงตัวในเพศหญิงวัยก่อนผู้สูงอายุจำนวน 80 คนในระยะเวลา 12 สัปดาห์ สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างการศึกษาในครั้งนี้กับการศึกษาของอิฟงษ์ คือ การ

Table 1. Demographic data (Mean $\pm$ SD unless noted).

Characteristics	Paslop (n=24)	Specific (n=24)	p-value
Age (years) ^a	44.88 $\pm$ 6.12	45.38 $\pm$ 6.70	0.789
Gender: female (n) ^b	22	22	1.000
Weight (kg) ^a	54.88 $\pm$ 7.37	55.21 $\pm$ 8.76	0.887
Height (cm) ^a	156 $\pm$ 4.75	153.96 $\pm$ 6.48	0.882
Body mass index (kg/m ²) ^a	22.31 $\pm$ 2.96	23.26 $\pm$ 3.15	0.284
Core muscle strength (mm Hg) ^a	1.29 $\pm$ 0.84	1.58 $\pm$ 0.75	0.212
One leg stance test (second) ^a	2.70 $\pm$ 1.28	3.36 $\pm$ 2.61	0.274
Frequency of exercise per week (n) ^b			0.296
No	23	21	
1-3 times/week	1	3	
> 3 times/week	0	0	
Occupation (n) ^b			0.285
Teachers	2	0	
Farmers	22	21	
Labors	0	1	
Office workers	0	1	
Other (e.g., housewife, tailors)	0	1	

Note

^a The data are presented using mean $\pm$ SD. The difference between Paslop group and specific exercise group were compared using Independent sample t-test with the level of different significances at $p < 0.05$

^b The variables are categorized as follows Sex; female/male, Frequency of exercise; No exercise, exercise 1-3 times per week, exercise more than 3 times per week, Occupation; teachers/ farmers/ labors/ office workers/ other (e.g., housewife, tailors) are presented. The difference between specific exercise group and Paslop dancing exercise group were compared using the chi-square test with the level of significant differences at $p < 0.05$. The difference between Paslop group and specific exercise group were compared using chi-square test with the level of different significances at $p < 0.05$

ทดสอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ OLST ขณะหลับตา จากการศึกษาพบว่า OLST TUGT และ BBS เป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการคัดกรองความเสี่ยงต่อการล้มและความสามารถในการทรงตัว แต่ความยากง่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการประเมินทั้ง 3 การทดสอบมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ OLST มีความสะดวกในการประเมินเนื่องจากใช้เวลาไม่มากแต่มีความยากกว่า TUGT เนื่องจาก OLST ตัดความสามารถในการทรงตัวจากการมองเห็นออกไป ความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้นจึงอธิบายว่าเกิดจากการพัฒนาการรับรู้ผ่าน mechanoreceptor มากกว่า TUGT และเหตุผลสนับสนุนอีกประการคือ ความเหมาะสมของการประเมินกับอายุเฉลี่ยของกลุ่มอาสาสมัคร ดังพบว่าอายุเฉลี่ยของอาสาสมัครในครั้งนี้ประมาณ 40 ปี ความสามารถในการทรงตัวยังไม่เสื่อมถอยเท่ากลุ่มผู้สูงอายุ

ดังนั้นวิธีการประเมินควรประเมินศักยภาพการทรงตัวที่แท้จริงและกระทำได้อย่างพอที่จะเห็นความแตกต่างที่เกิดจากผลการฝึกในเวลา 4 สัปดาห์ นอกจากนั้นการศึกษาของ Hageman พบว่าการทดสอบความสามารถด้านการทรงตัวด้วยการยืนบนขาทั้งสองข้าง เป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุมากกว่าเมื่อเทียบกับวัยรุ่นหรือวัยผู้ใหญ่²³ กล่าวคือ หากทดสอบกับผู้สูงอายุด้วยการยืนขาเดียวเพียง 10 วินาทีก็ส่งผลให้เกิดอาการเซหรือล้มได้ในบางคน²⁴ ดังนั้นการประเมิน OLST จึงเป็นวิธีการที่ใช้ในการประเมินความสามารถด้านการทรงตัวที่มีความเหมาะสมทั้งในวัยรุ่น วัยผู้ใหญ่ และวัยผู้สูงอายุ²³⁻²⁶ จากการวิเคราะห์ทางชีวกลศาสตร์พบว่า ลักษณะการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน มนุษย์ต้องมีช่วงเวลาที่ทรงตัวบนขาข้างเดียวเช่น การเดิน การวิ่ง หรือท่าทางในการทำงาน

Table 2. Functional ability related with healthy adults subjects before and after exercises within group and between groups.

Variable	Paslop (n=24)			Specific (n=24)			Mean difference ^a		
	Pre-test	Post-test	p-value ^b	Pre-test	Post-test	p-value ^b	Specific exercise group	Paslop dancing exercise group	p-value ^c
OLST (s)	3.36 ± 2.61	6.45 ± 4.42	0.001 [*]	2.70 ± 1.28	4.84 ± 1.87	0.001 [*]	3.09 ± 2.78	2.14 ± 2.08	0.186
PBU (mm Hg)	1.58 ± 0.75	5.97 ± 2.75	0.001 [*]	1.29 ± 0.84	6.97 ± 2.11	0.001 [*]	4.21 ± 2.62	5.68 ± 2.22	0.041 [*]

Note The data are presented using mean±SD.

^a The mean difference between specific exercise group and Paslop dancing exercise group

^b p-value from the paired t-test with the level of significant difference at $p<0.05$

^c p-value from the independent sample t-test with the level of significant difference at $p<0.05$

OLST = One-leg stance test

PBU = Pressure biofeedback unit

ต่างๆ หากความสามารถในการทรงตัวบนขาข้างเดียวกระทำได้ดีจึงส่งผลไปยังประสิทธิภาพการทำงานในชีวิตประจำวันและเสี่ยงต่อการบาดเจ็บเนื่องจากการล้มบ่อยลงด้วย^{27,28} แม้ว่าการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษากลไกที่เพิ่มความสามารถในการทรงตัวโดยตรง แต่พออนุมานได้ว่าขณะที่เดินผู้เดินจะต้องยืนบนขาเพียงข้างหนึ่งข้างเป็นหลัก ร่วมกับการลงน้ำหนักบริเวณส้นเท้า อันน่าจะส่งผลให้เกิดการกระตุ้นการรับความรู้สึกบริเวณเท้าเพิ่มมากขึ้นด้วย ลักษณะกลไกดังกล่าวมีความคล้ายคลึงกับหลักการของ sensory motor training (STM) เมื่อสัญญาณนำเข้าจาก mechanoreceptor ได้รับการปรับเปลี่ยนไปในทางที่ดีขึ้น โปรแกรมยนต์ที่ควบคุมการเคลื่อนไหวก็ได้รับการปรับเปลี่ยนดีขึ้นตาม อาจส่งผลให้เห็นเป็นความสามารถในการทรงตัวที่ดีขึ้น²⁹

การศึกษานี้พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในทั้งสองกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับภายในกลุ่ม โดยในกลุ่ม Paslop อาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงของความดันที่ได้จากการทดสอบ PBU จาก 1.29 มิลลิเมตรปรอทที่ก่อนการฝึก เป็น 6.97 มิลลิเมตรปรอท ($p<0.001$) และในกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบจำเพาะ อาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงของความดันที่ได้จากการทดสอบ PBU จาก 1.58 มิลลิเมตรปรอทที่ก่อนการฝึก เป็น 5.97 มิลลิเมตรปรอท ($p<0.001$) ยิ่งไปกว่านั้นผลการวิเคราะห์ทางสถิติจากการศึกษานี้พบว่า การเดิน Paslop เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้ดีกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบจำเพาะ ($p=0.041$) จากการศึกษาในอดีตที่ผ่านมาที่มีผู้ทำการวิจัยพบว่าการเดินรำ

ในผู้สูงอายุสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายได้³⁰ นอกจากนั้น การเดินยังเพิ่มความมั่นคงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในลักษณะของโปรแกรมการฝึกหรือ lumbar stabilization program (LSPs) โดยมีผลต่อความสามารถด้านการทรงตัว กล่าวคือ การออกกำลังกายในกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่หลักในการควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนและขาหรือกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวอันได้แก่ กล้ามเนื้อหน้าท้อง หลัง อังเชิงกราน และกะบังลม ส่งผลให้ผู้ฝึกมีความสามารถของการทรงตัวที่เพิ่มมากขึ้น³¹ การศึกษาในครั้งนี้ นำ PBU ซึ่งว่าเป็นเครื่องมือที่มีความแม่นยำในระดับดีเยี่ยมมาใช้ประเมินความเปลี่ยนแปลงของกำลังกล้ามเนื้อ²² อย่างไรก็ตาม การรายงานผลการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงมุ่งเน้นไปยังความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ transversus abdominis (TrA) เนื่องจากกล้ามเนื้อมัดนี้เกี่ยวข้องกับการเสริมความมั่นคงของกระดูกสันหลังบริเวณเอวทุกระดับ นอกจากนั้นกล้ามเนื้อมัดนี้มีความเชื่อมโยงกับแผ่นพังผืด thoracolumbar (TLF) ซึ่งสัมพันธ์กับการทรงตัวเพราะ TLF เป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อกับกล้ามเนื้อ gluteus maximus (GM) และ latissimus dorsi (LD) ดังนั้นแรงการหดตัวของ TrA จึงมีผลเร่งรัดให้กล้ามเนื้อทางด้านหลังของลำตัวทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย³² และเมื่อพิจารณาจากลักษณะการเดิน Paslop และการออกกำลังกายแบบจำเพาะที่เน้นการหดตัวของกล้ามเนื้อดังกล่าวเป็นหลัก ดังนั้นจึงมีผลทำให้เกิดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้ ส่วนเหตุผลที่อธิบายว่าเพราะเหตุใดการเดิน Paslop จึงมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวดีกว่าการออกกำลังกายแบบจำเพาะ อาจเป็นเพราะว่าตลอดระยะเวลาการเดิน Paslop นั้นมีการเกร็งหน้าท้องตลอด

เวลาของการเดิน ส่วนการออกกำลังกายแบบจำเพาะมีช่วงผ่อนคลายกล้ามเนื้อหน้าท้องบ้างสลับไปมา

จากการศึกษาที่ผ่านมาเร็วๆ นี้ พบว่าการนำองค์ความรู้เกี่ยวกับการเชื่อมต่อทางกายวิภาคศาสตร์ (anatomical linkage) เป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจมากในการอธิบายผลการศึกษาเกี่ยวกับชีวกลศาสตร์การทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ซึ่งพบว่าการไขว้ของกล้ามเนื้อและพังผืดของลำตัวมีสองส่วนที่สำคัญคือ anterior oblique chain (AOC) ได้แก่ กล้ามเนื้อหน้าท้องเชื่อมกับแผ่นพังผืดหน้าท้องและกล้ามเนื้อหน้าอกในแนวไขว้ และ posterior oblique chain (POC) ได้แก่ กล้ามเนื้อ LD เชื่อมกับ TLF และเชื่อม GM ด้านตรงกันข้าม จากสมมุติฐานการศึกษาพบว่า POC มีแนวโน้มของความแข็งแรงลดลงเนื่องจากการอ่อนแรงของ GM^{33,34} สอดคล้องกับแนวคิดของ Janda ว่า GM ได้รับอิทธิพลการยับยั้งคือ reciprocal inhibition จากการทำงานที่มากเกินไปของกล้ามเนื้อ iliopsoas ในขณะที่กล้ามเนื้อกลุ่ม erector spinae มีแนวโน้มหดสั้นเนื่องจากการทรงท่าที่ไม่เหมาะสม อาจนำไปสู่ภาวะอ่อนแรงของกล้ามเนื้อหน้าท้องที่อธิบายโดยกลไกเดียวกัน³⁵ ส่งผลกระทบต่อ AOC ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแนวความคิดการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวในการป้องกันภาวะปวดหลังส่วนล่างชนิดไม่จำเพาะเจาะจงจึงได้รับความสนใจอย่างมากในวิชาชีพกายภาพบำบัด และเมื่อพิจารณาจากลักษณะการเดิน Paslop ในการศึกษาครั้งนี้ดูเหมือนได้ว่า สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ TrA และ GM ได้ จึงอาจเป็นไปได้ว่าในอนาคต การเดิน Paslop อาจนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลังได้เช่นกัน

อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้ยังมีข้อจำกัดในการวางแผนการศึกษา ผู้วิจัยได้สัมผัสเพื่อให้อาสาสมัครแต่ละกลุ่ม

มีความเท่ากัน กล่าวคือ จำนวนอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มอายุต้องมีความเท่ากัน แต่เมื่อทำการศึกษาจริง ด้วยข้อจำกัดของประชากรในชุมชนจึงทำให้จัดการได้เพียงกำหนดจำนวนอาสาสมัครในแต่ละกลุ่มอายุของทั้งสองกลุ่มเท่ากันเท่านั้น นอกจากนี้ในการศึกษาในครั้งนี้ มีอาสาสมัครเพศชายเพียงกลุ่มละ 2 คน จึงทำให้ยังไม่สามารถนำผลของการออกกำลังกายที่ได้ไปใช้กับกลุ่มประชากรที่เป็นเพศชายได้ ดังนั้นในการศึกษา ผู้วิจัยควรศึกษาในกลุ่มประชากรเพศชายเพิ่มมากขึ้น รวมถึงการจัดจำนวน และช่วงอายุในอาสาสมัครแต่ละกลุ่มให้เท่าหรือใกล้เคียงกัน เพื่อการนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้กับกลุ่มประชากรที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

กล่าวโดยสรุปการออกกำลังกายด้วยการเดิน Paslop และการออกกำลังกายแบบจำเพาะช่วยเพิ่มความสามารถของการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียวขณะหลับตาและเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้โดยใช้ระยะเวลาการฝึกอย่างน้อย 4 สัปดาห์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มวิจัยปวดหลัง ปวดคอและปวดข้ออื่นๆ คณะเทคนิคการแพทย์ ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และกลุ่มวิจัยและพัฒนาด้านประสาทวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อุไรวรรณ ชัชวาลย์ ที่ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะทางด้านระเบียบวิธีวิจัย และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่ได้สละเวลามาเข้าร่วมงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. American College of Sports Medicine. Position stand on the recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1998; 30: 975-91.
2. Pyykko I, Aalto H, Hytonen M, Starck J, Jantti P, Ramsay H. Effect of age on postural control. In: *Posture and Gait: Development, Adaptation and Modulation*. Amblard B, Berthoz A, Clarac F (eds), Elsevier, Amsterdam. 1988: 95-104.
3. Abrahamová D, Hlavacka F. Age-related changes of human balance during quiet stance. *Physiol Res*. 2008; 57(6): 957-64.
4. Horak FB, Macpherson JM. Postural orientation and equilibrium. In: *Handbook of Physiology: Section 12, Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*. Shepard J, Rowell L (eds), Oxford University Press, New York. 1996: 255-92.
5. Du Pasquier RA, Blanc Y, Sinnreich M, Landis T, Burkhard P, Vingerhoets FJG. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. *Clin Neurophysiol*. 2003; 33: 213-8.
6. Lord SR, Menz HB. Visual contributions to postural stability in older adults. *Gerontology*. 2000; 46: 306-310.

7. Baloh RW, Ying SH, Jacobson KM. A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people. *Arch Neurol*. 2003; 60: 835-9.
8. Fransson PA, Kristinsdottir EK, Hafstrom A, Magnusson M, Johansson R. Balance control and adaptation during vibratory perturbations in middle-aged and elderly humans. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 91: 595-603.
9. Woodhull McNeal AP. Changes in posture and balance with age. *Aging Clin Exp Res*. 1992; 4: 219-25.
10. Wolfson L, Whipple R, Derby CA, Amerman P, Tobin JN, Nashiner L. The effects of age, disease and gender on the balance of healthy elderly. In: *Falls, Balance and Gait Disorders in the Elderly*. Vellas B, Toupet M, Rubenstein L, Albareda JL, Christen Y (eds), Elsevier, Paris. 1992: 129-35.
11. Kahle, N. The effects of core stability training on balance testing in young healthy adults. Bachelor of Science degree with Honors in Exercise Science, University of Toledo, USA. 2009.
12. Richardson CA, Jull GA. Muscle control–pain control. What exercises would you prescribe? *Man Ther*. 1995; 1(1): 2-10.
13. Jull G, Richardson C A, Toppenberg R, Comerford M, Bui B. Towards a measurement of active muscle control for lumbar stabilization. *Aust J Physiother*. 1993; 39: 187-93.
14. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*. 1996; 21: 2640-50
15. Federici A, Bellagamba S, Rocchi MB. Does dance-based training improved balance in adult and young old subjects? A pilot randomized controlled trail. *Aging Clin Exp Res*. 2005; 17(5): 385-9.
16. Shigematsu R, Chang M, Yabushita N, Sakai T, Nakagaichi M, Nho H, et al. Dance-based aerobic exercise may improve indices of falling risk in older women. *Age and Ageing*. 2002; 31(4): 261-6.
17. Rixon KP, Rehor PR, Bemben MG. Analysis of the assessment of caloric expenditure in four modes of aerobic dance. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(3): 593-6.
18. Atipong Pimdee. Effectiveness of health education program by application health belief model and social support with Paslop dancing exercise for falling prevention in pre-elderly Thai female, Roi-Et Province. Master of Public health, thesis in health education and health promotion, Graduate School, Khon Kaen. University; 2010 (in Thai).
19. Cairns MC, Harrison K, Wright C. 'Pressure biofeedback: A useful tool in the quantification of abdominal muscular dysfunction?' *Phys Ther*. 2000; 86(3): 127-38.
20. Storheim K, Bo K, Pederstad O, Jahnsen R. Intra-tester reproducibility of pressure biofeedback in measurement of transversus abdominis function. *Physiother Res Int*. 2002; 7(4): 239-49.
21. Springer BA, Marin R, Cyhan T, Roberts H, Gill NW. Normative values for the unipedal stance test with eyes open and closed. *J Geriatr Phys Ther*. 2007; 30(1): 8-15.
22. de Paula Lima PO, de Oliveira RR, Costa LO, Laurentino GE. Measurement properties of the pressure biofeedback unit in the evaluation of transversus abdominis muscle activity: a systematic review. *Phys Ther*. 2011; 97(2):100-6.
23. Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D. Age and gender effects on postural control measures. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995; 76(10): 961-965.
24. Parreira RB, Boer MC, Rabello L, Costa Vde S, de Oliveira E Jr, da Silva RA Jr. Age-related differences in center of pressure measures during one-leg stance are time dependent. *J Appl Biomech*. 2013; 29(3): 312-6.

ความชุกและปัญหาของชนิดฮีโมโกลบินผิดปกติในกลุ่ม ประชากรของจังหวัดลำปาง

Prevalence and problem of hemoglobinopathy in the population of Lampang Province

เทียมจันทร์ เกียวการค้า*

Tiemjan Keowkarnkah*

กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลลำปาง อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000
Division of Medical Technology, Lampang hospital, Lampang, 52000 Thailand.

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: tiemjan_k@hotmail.com)

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

Received July 12, 2557

Accepted as revised July 25, 2557

Abstract

Objectives: To determine prevalence and problem of abnormal hemoglobins (Hbs) on interpreting hemoglobin (Hb) identification results in Lampang hospital.

Materials and methods: PCR was performed to identify globin gene defects in 102 from 14,909 routine blood samples failed to identify types and quantities of Hbs by cation-exchange low pressure liquid chromatography (LPLC).

Results: Prevalence of abnormal Hb was 0.68%. These abnormal Hbs could interfere with chromatogram interpretation. Hemoglobin (Hb) peak residing around F window was Hb Hope (71.6%). Hb peak localized around S window was Hb Tak (13.7%) and Hb Q-Thailand (10.8%). Hb peaks residing after HbA₂, at Hb Constant Spring window, were Hb A₂-Melbourne (2.9%) and Hb A₂-Lampang (0.98%). These abnormal Hbs were seen in both single form and combinations with α and β -thalassemia with alterations of hematological parameters.

Conclusion: Incidence of abnormal Hbs in Lampang was rare but may interfere with interpretation of Hb identification performed by cation-exchange LPLC. Consideration of hematological parameters and globin gene defects were necessary to obtain correct interpretation.

Keywords: Hemoglobin typing, abnormal hemoglobin, molecular analysis, low pressure liquid chromatography

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อวิเคราะห์ความชุกและปัญหาของฮีโมโกลบินผิดปกติที่มีต่อการแปลผลการตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบินในโรงพยาบาลลำปาง

วัสดุและวิธีการ: ทำการตรวจความผิดปกติของฮีโมโกลบินด้วยวิธีพีซีอาร์ในตัวอย่างเลือดที่ตรวจในงานประจำวันจำนวน 102 รายจากทั้งหมด 14,909 รายที่ไม่สามารถแปลผลการตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบินผิดปกติด้วยวิธี cation-exchange low pressure liquid chromatography (LPLC)

ผลการศึกษา: ความชุกของฮีโมโกลบินผิดปกติคือ 0.68% แต่อาจรบกวนการแปลผลการตรวจจากโครมาโตแกรมฮีโมโกลบินที่อยู่บริเวณ F window คือ Hb Hope (71.6%) ฮีโมโกลบินที่อยู่บริเวณ S window คือ Hb Tak (13.7%) และ Hb Q-Thailand (10.8%) และฮีโมโกลบินที่อยู่บริเวณหลัง HbA₂ และตรงกับบริเวณ Hb Constant Spring window คือ Hb A₂-Melbourne (2.9%) และ A₂-Lampang (0.98%) โดยพบทั้งชนิดเดี่ยวและอยู่ร่วมกันกับแอลฟาและบีตาธาลัสซีเมียโดยมีการเปลี่ยนแปลงของค่าทางโลหิตวิทยา

สรุปผลการศึกษา: ความชุกของฮีโมโกลบินผิดปกติในจังหวัดลำปางไม่สูง แต่สามารถรบกวนการแปลผลการตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบินด้วยวิธี cation-exchange LPLC ได้ การพิจารณาค่าทางโลหิตวิทยาและความผิดปกติของฮีโมโกลบินเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อความถูกต้องของการแปลผล

คำรหัส: การตรวจวิเคราะห์ฮีโมโกลบิน ฮีโมโกลบินผิดปกติ การวิเคราะห์ระดับโมเลกุล Low pressure liquid chromatography

บทนำ

ฮีโมโกลบินผิดปกติ (abnormal hemoglobins or hemoglobin variants) เป็นความผิดปกติทางพันธุกรรมที่ทำให้เกิดความผิดปกติของสายโกลบินในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน ปัจจุบันทั่วโลกพบฮีโมโกลบินผิดปกติไม่น้อยกว่า 1,000 ชนิด¹ สำหรับในประเทศไทยพบไม่น้อยกว่า 20 ชนิด² เช่น ฮีโมโกลบิน อี (HbE) ฮีโมโกลบิน คอนสแตนต์สปริง (Hb Constant Spring; CS) ซึ่งเป็นฮีโมโกลบินที่พบได้บ่อยในโครงการตรวจหาธาลัสซีเมียของไทย^{3,4} นอกจากนี้ยังพบฮีโมโกลบินผิดปกติอื่นๆ ที่พบได้ไม่บ่อยเช่นกัน ความชุกของฮีโมโกลบินผิดปกติในแต่ละส่วนของโลกแตกต่างกัน ขึ้นกับเชื้อชาติของประชากร และสภาพภูมิศาสตร์ สำหรับในประเทศไทยมีความแตกต่างกันตามพื้นที่แต่ละภาค⁵⁻⁷ ปัจจุบันมีวิธีตรวจหาฮีโมโกลบินผิดปกติหลายวิธี ได้แก่ cation-exchange high pressure liquid chromatography (HPLC), capillary electrophoresis (CE) or capillary isoelectric focusing⁸⁻¹² และ cation-exchange low pressure liquid chromatography (LPLC)¹³

โรงพยาบาลลำปางเป็นโรงพยาบาลศูนย์ระดับตติยภูมิห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลลำปาง ตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบิน (hemoglobin typing) ด้วยวิธี LPLC จากตัวอย่างเลือดของผู้ป่วยในโรงพยาบาลลำปาง และโรงพยาบาลอื่นๆ ภายในจังหวัดลำปาง โดยมีจำนวนเฉลี่ยปีละประมาณ 3,000

ตัวอย่าง ดังนั้นจึงมีโอกาสมากที่จะตรวจพบ peak ของฮีโมโกลบินผิดปกติที่ไม่สามารถอ่านและแปลผลตรวจได้ทันที จึงต้องส่งตรวจต่อด้วยวิธีการระดับโมเลกุล เช่น polymerase chain reaction (PCR) การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความชุกและปัญหาของฮีโมโกลบินผิดปกติชนิดต่างๆ ในจังหวัดลำปาง เพื่อใช้ข้อมูลเป็นกลไกกระตุ้นให้เกิดความตระหนักในการแปลผล hemoglobin typing ของตัวอย่างเลือดและเพื่อสร้างรูปแบบการจัดการตัวอย่างเลือดที่มีผลการตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบินผิดปกติ ทั้งนี้เพื่อให้ได้แนวปฏิบัติที่เหมาะสมเพื่อทำให้การรายงานผลตรวจ hemoglobin typing มีความถูกต้อง เชื่อถือ และเป็นประโยชน์ต่อแพทย์ในการวินิจฉัยโรคทางโลหิตวิทยา

วัสดุและวิธีการ

1. กลุ่มตัวอย่าง

คัดเลือกตัวอย่างเลือด 102 ราย จากทั้งหมด 14,909 รายที่ถูกส่งมาตรวจ hemoglobin typing ด้วยเครื่องวิเคราะห์ฮีโมโกลบินอัตโนมัติ (Hb Gold analyzer, Drew Scientific, England) ที่เปิดให้บริการในงานประจำวันของโรงพยาบาลลำปาง ระหว่างเดือนเมษายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2557 ตัวอย่างทั้งหมดให้ผลตรวจ hemoglobin typing ที่มีลักษณะโครมาโตแกรม

แตกต่างกันไปจากที่พบในคนปกติ ได้แก่ พบ peak ที่ตรงตำแหน่ง S-window หรือมีลักษณะโครมาโตแกรมที่ไม่สอดคล้องกับผลการตรวจทางโลหิตวิทยา ได้แก่ พบ peak ที่ตำแหน่ง F-window หรือ ตำแหน่งใกล้เคียงฮีโมโกลบิน Constant Spring (Hb CS) แต่มีค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงค่อนข้างปกติ ซึ่งไม่บ่งชี้ว่าเกี่ยวข้องกับธาลัสซีเมีย

2. ขั้นตอนการศึกษา

จัดส่งตัวอย่างเลือดทั้ง 102 ราย พร้อมทั้งผลการตรวจ complete blood count (CBC) และผลการตรวจ Hb typing ไปที่บริษัท พีซีที แลบบอราตอรี เซอร์วิส จำกัด จำนวน 54 ราย และอีก 48 ราย ส่งไปที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการตรวจวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ (ศวป.) คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อตรวจวิเคราะห์ความผิดปกติในระดับโมเลกุล ด้วยเทคนิค allele specific PCR หรือ direct DNA sequencing

3. จริยธรรมการวิจัย

การศึกษานี้ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการศึกษาจากคณะกรรมการวิจัยของโรงพยาบาลลำปาง ตามบันทึกข้อความที่ สป 0027.120/222 ลงวันที่ 4 กรกฎาคม 2550

ผลการศึกษา

ความชุกและลักษณะของฮีโมโกลบินผิดปกติ

ผลจากการวิเคราะห์ความผิดปกติของฮีโมโกลบินและบีตาโกลบินในตัวอย่างที่เป็นปัญหาทั้ง 102 รายพบว่าฮีโมโกลบินผิดปกติทั้งหมด คิดเป็นความชุกเท่ากับ 0.68% ประกอบด้วย ฮีโมโกลบินโฮป (Hb Hope) 73 ราย (71.6%) ฮีโมโกลบินตาก (Hb Tak) 14 ราย (13.7%) ฮีโมโกลบินคิวไทยแลนด์ (Hb Q-Thailand) 11 ราย (10.8%) ฮีโมโกลบินเอทูเมลเบิร์น (Hb A₂-Melbourne) 3 ราย (2.9%) และฮีโมโกลบินเอทูลำปาง (Hb A₂-Lampang) 1 ราย (0.98%) ดังแสดงใน Table 1 เมื่อวิเคราะห์แยกตามตำแหน่งการเคลื่อนที่ของฮีโมโกลบินผิดปกติทั้ง 5 ชนิดบนโครมาโตแกรม พบว่าฮีโมโกลบินผิดปกติเหล่านี้มีการเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับฮีโมโกลบินปกติ กล่าวคือ Hb Hope เคลื่อนที่ในตำแหน่ง F-window (Figure 1) Hb Tak และ Hb Q-Thailand เคลื่อนที่ในตำแหน่ง S-window (Figure 2 and 3 ตามลำดับ) ขณะที่ Hb A₂-Melbourne และ Hb A₂-Lampang เคลื่อนที่ในตำแหน่งหลัง Hb A₂ (Figure 4 and 5 ตามลำดับ)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างฮีโมโกลบินผิดปกติร่วมกับฮีโมโกลบินและ/หรือบีตาธาลัสซีเมีย

เนื่องจากประชากรภาคเหนือของไทยมีความชุกของ α -thalassemia และ β -thalassemia ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึง

ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หายีนของ α -thalassemia และของ β -thalassemia ในตัวอย่างที่มีปัญหาทั้ง 102 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ระดับโมเลกุลพบว่าหายีนของฮีโมโกลบินผิดปกติทั้ง 5 ชนิดมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับยีนแอลฟาและ/หรือบีตาธาลัสซีเมียด้วย ทำให้ฮีโมโกลบินผิดปกติที่ตรวจพบแต่ละชนิดมีจีโนไทป์และรูปแบบของฮีโมโกลบินที่หลากหลาย (Table 1) โดยกลุ่มที่เป็น Hb Hope มี 9 จีโนไทป์ กลุ่ม Hb Tak มี 4 จีโนไทป์ กลุ่มที่เป็น Hb Q-Thailand พบ 4 จีโนไทป์ กลุ่มที่เป็น Hb A-Melbourne พบ 3 จีโนไทป์ และ Hb A-Lampang พบ 1 จีโนไทป์ โดยผลการอ่าน Hb typing เริ่มแรกของกลุ่ม Hb Hope มี HbF ประกอบทุกจีโนไทป์ กลุ่ม Hb Tak และ Hb Q-Thailand มี HbS ประกอบทุกจีโนไทป์และกลุ่ม Hb A-Melbourne และ Hb A-Lampang อ่านผลเป็น Hb Constant Spring ทุกจีโนไทป์ อนึ่งการมีปฏิสัมพันธ์กับ α -thalassemia และ β -thalassemia ไม่ทำให้การเคลื่อนที่หรือ retention time ของฮีโมโกลบินผิดปกติเปลี่ยนแปลงไป

ข้อมูลทางโลหิตวิทยาของพาหะฮีโมโกลบินผิดปกติ

ข้อมูลทางโลหิตวิทยาของพาหะ Hb Hope 49 ราย พาหะ Hb Tak 7 ราย และ พาหะ Hb Q-Thailand 8 ราย เปลี่ยนแปลงไปจากค่าอ้างอิงเล็กน้อย (Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทางโลหิตวิทยาของพาหะฮีโมโกลบินผิดปกติทั้ง 3 ชนิด พบว่าค่าทางโลหิตวิทยาและดัชนีเม็ดเลือดแดงทุกชนิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) โดยค่า MCV ในพาหะ Hb Tak และพาหะ Hb Q-Thailand มีแนวโน้มต่ำกว่าค่า MCV ในพาหะ Hb Hope ในขณะที่พาหะ Hb Hope มีค่า RDW ต่ำที่สุด อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพาหะ Hb Tak กับพาหะ Hb Q-Thailand ซึ่ง Hb Tak และ Hb Q-Thailand เคลื่อนที่ในตำแหน่ง S-window เหมือนกัน พบว่าค่า Hb, Hct, RBC count, และ MCHC แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่า MCV, MCH, และ RDW-CV ไม่ต่างกัน

วิจารณ์ผลการศึกษา

ฮีโมโกลบินผิดปกติพบได้ทั่วโลก การกระจายตัวและความชุกขึ้นกับเชื้อชาติของประชากรและสภาพทางภูมิศาสตร์ การศึกษานี้พบฮีโมโกลบินผิดปกติ 5 ชนิด โดย 4 ชนิดแรกเป็นชนิดที่เคยมีการรายงานพบในประชากรไทยมาแล้ว^{7,14,15} แต่ความชุกที่พบต่างกัน⁷ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า Hb Hope เป็นฮีโมโกลบินผิดปกติที่พบบ่อยที่สุดในประชากรจังหวัดลำปาง โดยพบมากถึงร้อยละ 71.6 ของฮีโมโกลบินผิดปกติที่พบ ขณะที่ภาคอื่นของประเทศไทยพบต่ำกว่า^{7,15} ข้อมูลนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับใช้ประกอบการวิเคราะห์ผลตรวจ hemoglobin typing ด้วยวิธี LPLC ซึ่งลักษณะโครมาโตแกรมของ Hb Hope จะพบ peak ที่ตำแหน่ง F-window

Table 1. Genotype, combination, hemoglobin type and hematological parameters of 102 abnormal hemoglobin types found.

Hemoglobin variants	n	Hb Type	RBC count	Hb	Hct	MCV	MCH	MCHC	RDW-CV
		by LPLC	(x10 ⁶ /μL)	(g/dL)	(%)	(fL)	(pg)	(g/dL)	(%)
Hemoglobin Hope (β ^{136Gly→Asp})									
Heterozygous Hb Hope	49	A ₂ FA	4.1±0.6	12.1±1.4	36.1±4.8	87.5±5.4	29.4±2.5	33.6±1.4	13.2±1.1
Compound heterozygous Hb Hope and Hb E	6	EF	4.1±0.5	10.4±1.2	32.6±3.8	79.4±4.8	25.5±1.2	31.9±1.2	14.0±1.0
Compound heterozygous Hb Hope and β ⁰ -thal	7	A ₂ F	4.5±0.7	9.0±2.0	28.2±5.8	62.9±5.8	19.8±2.0	31.9±0.6	17.1±2.3
Double heterozygous Hb Hope and α-thal 1 (SEA)	2	A ₂ FA	4.2±0.2	9.0±0.8	27.9±2.0	67.0±1.6	21.5±0.8	32.1±0.4	19.4±4.2
Double heterozygous Hb Hope and α-thal 2 (3.7 kb)	3	A ₂ FA	3.3±1.1	7.3±3.3	23.9±9.8	69.9±13.5	21.3±5.2	30.2±1.9	18.6±7.9
Double heterozygous Hb Hope and α-thal 2 (4.2 kb)	1	A ₂ FA	4.3	10.3	30.2	70.2	23.9	34.1	14.7
Double heterozygous Hb Hope and Hb CS	3	A ₂ FA	4.2±1.3	10.9±2.8	35.6±11.5	82.8±3.6	26.2±1.6	31.2±2.3	14.5±1.9
Compound heterozygous Hb Hope and β ⁰ -thal and heterozygous α-thal 1 (SEA)	1	A ₂ F	5.2	12.5	38.5	74.0	24.0	32.4	15.5
Compound heterozygous Hb Hope and β ⁰ -thal and heterozygous α-thal 2 (3.7 kb)	1	A ₂ F	5.3	10.5	32.3	60.9	19.8	32.3	15.3
Hemoglobin Tak (β ¹⁴⁶ term-thr AC insertion)									
Heterozygous Hb Tak	7	SA	5.7±1.4	13.6±4.0	43.2±11.9	76.0±9.5	24.0±4.1	31.4±1.7	16.1±2.6
Compound heterozygous Hb Tak and β ⁰ -thal	5	SF	8.1±1.4	17.4±2.9	56.9±10.0	68.1±7.0	20.8±2.1	30.6±0.8	22.2±3.7
Heterozygous Hb Tak with compound heterozygous α-thal 2 (3.7 kb) and Hb CS	1	SA	5.9	13.7	44.0	74.5	23.2	31.1	15.0
Double heterozygous Hb Tak and α-thal 1 (SEA)	1	SA	5.8	13.6	42.8	73.8	23.4	31.8	15.6
Hemoglobin Q-Thailand (α ^{74Asp→His})									
Heterozygous Hb Q-Thailand	8	A ₂ SA	4.4±1.1	11.3±2.8	33.8±8.2	78.0±8.7	26.1±3.6	33.4±1.0	15.4±2.3
Compound heterozygous Hb Q-Thailand and Hb CS	1	A ₂ SA	4.7	10.5	33.4	71.1	22.3	31.4	16.2
Hb H disease with heterozygous Hb Q-Thailand	1	SHBart's	3.9	8.5	27.8	71.3	21.8	30.5	20.1
Double heterozygous Hb Q-Thailand and Hb E	1	SEA	5.4	12.1	38.7	71.7	22.4	31.3	21.1
Hemoglobin A ₂ -Melbourne (δ ^{13GAG→AAG})									
Heterozygous Hb A ₂ -Melbourne	1	CS?A ₂ A	4.8	9.5	30.8	64.2	19.8	30.8	20.6
Heterozygous Hb A ₂ -Melbourne with heterozygous α-thal 1 (SEA)	1	CS?A ₂ A	4.6	9.8	30.3	65.8	21.3	32.3	17.0
Heterozygous Hb A ₂ -Melbourne with heterozygous α-thal 2 (3.7 kb)	1	CS?A ₂ A	5.5	14.3	43.0	78.0	26.1	33.2	13.2
Hemoglobin A ₂ -Lampang (δ ^{47GAT→AAT})									
Heterozygous Hb A ₂ -Lampang with heterozygous Hb E and heterozygous α-thal 2 (3.7 kb)	1	CS?EA	5.7	14.9	45	78.9	26.1	33.1	14.9

Reference range of hematological parameters shown as mean $\pm$ SD are as follow: RBC: male = 5.0 $\pm$ 0.5 $\times 10^6/\mu\text{L}$, female: = 4.3 $\pm$ 0.5 $\times 10^6/\mu\text{L}$, Hb: male = 15.0 $\pm$ 2.0 g/dL, female = 13.5 $\pm$ 1.5 g/dL, Hct: male = 45 $\pm$ 5%, female = 41 $\pm$ 5%, MCV = 92 $\pm$ 9 fL, MCH = 29.5 $\pm$ 2.5 pg, MCHC 33.0 $\pm$ 1.5 g/dL, RDW-CV = 12.8 $\pm$ 1.2%

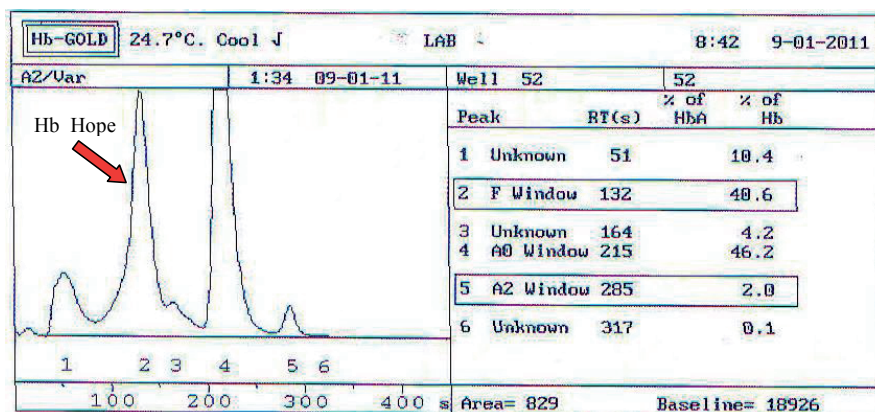


Figure 1. The chromatographic pattern of Hb typing in a sample with Hb Hope which migrate in F-window (by LPLC).

ข้อสังเกตที่ควรสงสัยว่า peak ที่ตำแหน่ง F-window นั้นอาจเป็นฮีโมโกลบินผิดปกติ คือพิจารณาผลตรวจทางโลหิตวิทยาด้วย โดยปกติโรคบีต้าธาลัสซีเมียชนิด β^0 thalassemia และ β^+ thalassemia จะมีผลตรวจ Hb typing เป็น A₂F และ A₂FA ตามลำดับ แต่ในกรณีที่ผลตรวจ Hb typing ได้ผลเหมือนข้างต้นร่วมกับผลตรวจทางโลหิตวิทยา โดยเฉพาะ MCV และ RDW-CV มีค่าปกติ ในรายงานนี้ ผลตรวจในระดับโมเลกุล พบว่าเป็น Hb Hope (Figure 1, Table 1) นอกจากนี้เมื่อ Hb Hope มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับ Hb E จะมีผลตรวจ Hb typing เป็น EF ร่วมกับมีค่า MCV และ RDW-CV ปกติเนื่องจากเป็น Hb variants ทั้งคู่ ไม่มีผลทำให้เม็ดเลือดแดงผิดปกติ (Table 1) ซึ่งต่างจากโรคบีต้าธาลัสซีเมียร่วมกับ Hb E ซึ่งมี Hb typing เป็น EF มีค่า MCV ต่ำกว่าปกติและค่า RDW-CV สูงเสมอ¹⁶ เพราะมีธาลัสซีเมียร่วมด้วยทำให้เม็ดเลือดแดงมีความผิดปกติมากกว่า ส่วนกรณี Hb Hope มี ปฏิสัมพันธ์ร่วมกับ β^0 thalassemia มีผลตรวจ Hb typing เป็น A₂F ร่วมกับมีค่า MCV ต่ำกว่าปกติ เหมือนกับโรค homozygous β^0 thalassemia แต่ค่า RDW-CV ในโรค homozygous β^0 thalassemia มีค่าสูงเนื่องจากเม็ดเลือดแดงถูกทำลายมากกว่าปกติทำให้มี fragmented red blood cell ในกระแสเลือดจำนวนมาก¹⁷ ในขณะที่ค่า RDW-CV ใน Hb Hope/ β^0 thalassemia ปกติ เนื่องจากการกลายพันธุ์ของยีนบีต้าโกลบินที่พบใน Hb Hope ไม่ส่งผลต่อการทำหน้าที่ของฮีโมโกลบิน ดังนั้นผู้ที่ป่วยเป็นพาหะ Hb Hope (heterozygous Hb Hope) จึงไม่แสดงอาการทางคลินิกและค่าทางโลหิตวิทยา ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากคนปกติ¹⁸ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าทางโลหิตวิทยาใน Hb Hope/ β^0 thalassemia จึงเกิดจาก β^0 thalassemia ซึ่งโดยทั่วไปพาหะ β^0 thalassemia มักจะทำให้ค่า MCV ลดต่ำลงและค่า RDW สูงขึ้นเพียงเล็กน้อย¹⁹ ข้อควรระวังในการแปลผลกรณีที่พบ Hb typing เป็น A₂FA, A₂F, EF คือต้องพิจารณาค่าทางโลหิตวิทยา (complete blood count) ประกอบการแปลผลด้วยเสมอ เมื่อพบว่ามีค่า RDW-CV ปกติหรือสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยควรคำนึงถึงการมีฮีโมโกลบินผิดปกติร่วมด้วยโดยเฉพาะ Hb Hope

ส่วนฮีโมโกลบินผิดปกติที่เคลื่อนที่อยู่ในตำแหน่ง S-window ที่พบในการศึกษานี้คือ Hb Tak และ Hb Q-Thailand ข้อมูลทางโลหิตวิทยาเบื้องต้นของฮีโมโกลบินทั้งสองชนิดพบว่าค่า Hb, Hct, RBC count ของพาหะ Hb Tak สูงกว่าพาหะ Hb Q-Thailand (Table 2) ทั้งนี้เนื่องจาก Hb Tak เป็นฮีโมโกลบินผิดปกติที่มีคุณสมบัติจับกับออกซิเจนได้แน่นกว่าปกติ (high oxygen affinity) ทำให้เกิด secondary erythrocytosis ได้ ดังนั้นผู้ที่ป่วย heterozygous Hb Tak จึงมักมีค่า Rbc, Hb และ Hct สูงมากกว่าคนปกติ²⁰ ในขณะที่ Hb Q-Thailand ซึ่งเป็น α -globin variant ที่เกิดการกลายพันธุ์ที่โคดอน 74 ของ α -globin gene ร่วมกับการขาดหายไปของดีเอ็นเอขนาด 4.2 kb บนโครโมโซมข้างเดียวกัน การกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นนี้ไม่ส่งผลต่อการทำหน้าที่ของฮีโมโกลบิน ค่า Rbc count, Hb, และ Hb ของผู้ที่ป่วย heterozygous Hb Q-Thailand จึงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ²¹ ข้อสังเกตลักษณะโครมาโตแกรมของ LPLC คือพบว่า S peak ของ Hb Tak ปรากฏอยู่หลัง A₀ peak โดย retention time คร่อมระหว่าง retention time ของ Hb E และ Hb A₂ และไม่มี Hb A₂ peak คั่นระหว่าง ฮีโมโกลบิน A₀ และฮีโมโกลบิน S (Figure 2) ส่วน Hb Q-Thailand นั้น จะพบ S peak อยู่หลัง Hb A₂ peak เสมอ (Figure 3) ซึ่งเหมือนกับที่เคยมีรายงานในคนไทย²² ส่วน Hb A₂-Melbourne จะเป็น peak เล็กๆ ที่คมชัดใกล้ตำแหน่ง Hb CS (Figure 4) และ Hb A₂-Lampang มี peak คล้าย Hb A₂-Melbourne แต่ retention time น้อยกว่า Hb A₂-Melbourne (Figure 5)

จากการศึกษาฮีโมโกลบินผิดปกติครั้งนี้ พบว่ามี genotype ทั้งหมดถึง 21 ชนิด (Table 1) เนื่องจากพบการมีปฏิสัมพันธ์ของยีนแอลฟาและบีต้าธาลัสซีเมียร่วมด้วย ทำให้ฮีโมโกลบินผิดปกติแต่ละชนิดมีลักษณะจีโนไทป์ที่หลากหลายและนำไปสู่อาการแสดงที่หลากหลายตามไปด้วย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางโลหิตวิทยา ดังนั้นการตรวจวินิจฉัยเพียงฮีโมโกลบินผิดปกติเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เพราะข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงการพบยีนแอลฟาและบีต้าธาลัสซีเมียร่วมด้วย (Table 1) ดังนั้นเมื่อพบ peak ฮีโมโกลบินผิดปกติ ร่วมกับมีข้อมูล MCV, MCH

Table 2. Hematological parameters shown as mean±SD and statistical test of difference between Hb Hope, Hb Q-Thailand and Hb Tak.

Hemoglobin variants	Hope trait	Q-Thailand trait	Tak trait	Kruskal-Wallis
Case (n)	49	8	7	p
RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$); mean ±SD	4.1±0.6	4.4±1.1	6.3±1.5	0.001
Hb (g/dL); mean ±SD	12.1±1.4	11.3±2.8	15.9±3.1	0.002
Hct (%); mean ±SD	36.1±4.8	33.8±8.2	50.2±11.1	0.001
MCV (fL); mean ±SD	87.5±5.4	78.0±8.7	80.3±6.0	0.001
MCH (pg); mean ±SD	29.4±2.5	26.1±3.6	25.6±2.6	0.001
MCHC (g/dL); mean ±SD	33.6±1.4	33.4±1.0	31.8±1.2	0.011
RDW-CV (%); mean ±SD	13.2±1.1	15.4±2.3	15.1±1.4	0.001

Reference range of hematological parameters shown as mean ±SD are as follow: ²⁵ Rbc: male = $5.0 \pm 0.5 \times 10^6/\mu\text{L}$, female: = $4.3 \pm 0.5 \times 10^6/\mu\text{L}$, Hb: male = 15.0 ± 2.0 g/dL, female = 13.5 ± 1.5 g/dL, Hct: male = 45±5%, female = 41±5%, MCV = 92 ± 9 fL, MCH = 29.5 ± 2.5 pg, MCHC 33.0 ± 1.5 g/dL, RDW-CV = $12.8 \pm 1.2\%$

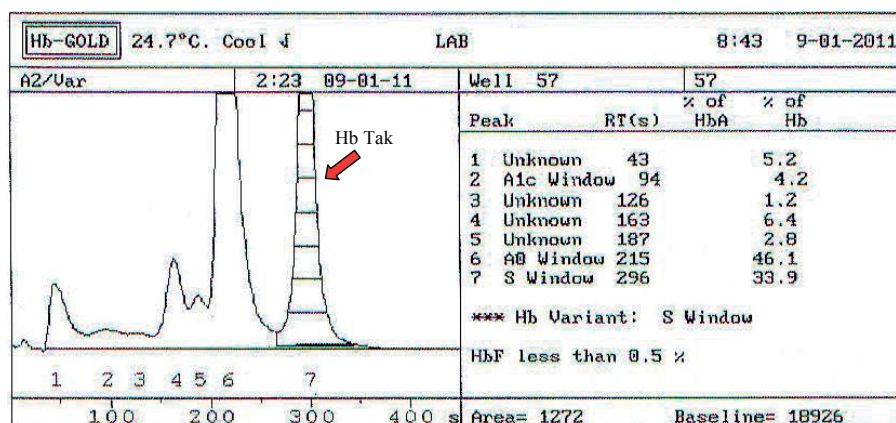


Figure 2. The chromatographic pattern of Hb typing in a sample with Hb Tak which migrate in S-window (by LPLC).

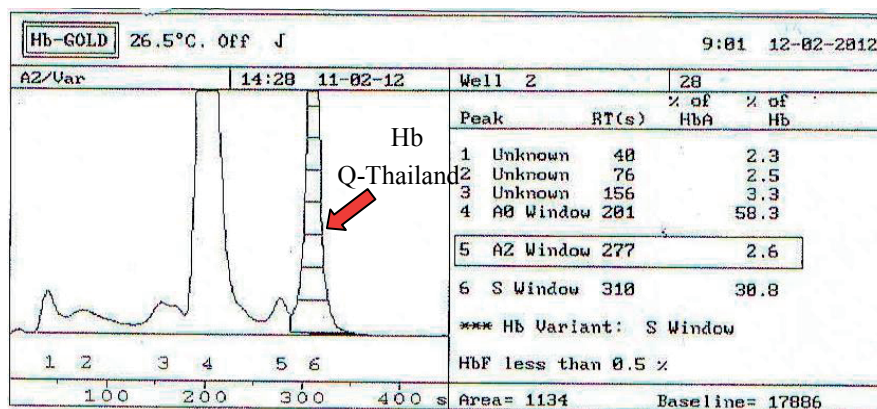


Figure 3. The chromatographic pattern of Hb typing in a sample with Hb Q-Thailand which migrate in S-window (by LPLC).

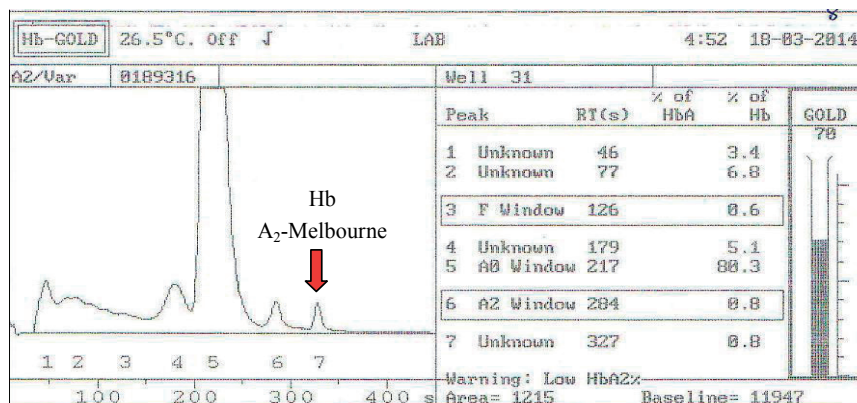


Figure 4. A LPLC chromatogram of Hb typing in a sample with heterozygous HbA₂-Melbourne with heterozygous α -thal 2 (3.7 kb).

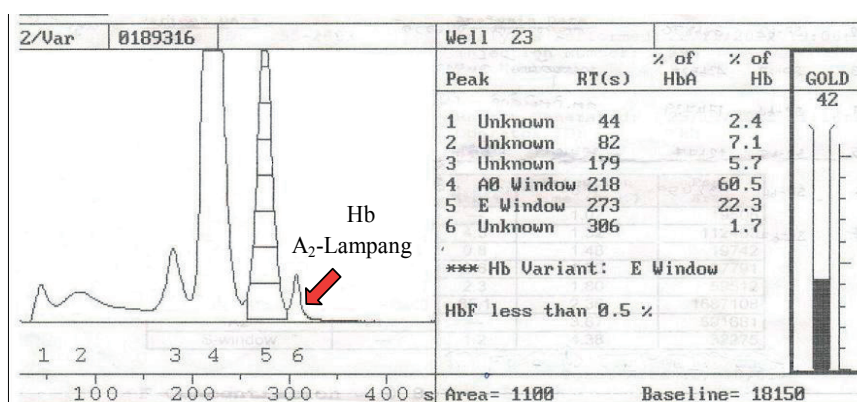


Figure 5. A LPLC chromatogram of Hb typing in a sample with heterozygous HbA₂-Lampang with HbE.

และหรือ RDW-CV ผิดปกติควรมีการตรวจยีนแอลฟาหรือ ยีนบีตาธาลัสซีเมียควบคู่ไปด้วย โดยเฉพาะในหญิงตั้งครรภ์ที่ ตรวจพบฮีโมโกลบินผิดปกติ อาจจำเป็นต้องตรวจยีนแอลฟา และบีตาร่วมด้วย เพื่อทราบชนิดและป้องกันการเกิดโรค ธาลัสซีเมียรุนแรงในทารกในครรภ์

ในการตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบินด้วยวิธี LPLC และแปลผลตรวจนั้น หากผู้ปฏิบัติงานขาดความละเอียดใน การอ่านผลและไม่นำค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงมาวิเคราะห์ร่วมกับ chromatogram อย่างละเอียดแล้วจะทำให้รายงานผล ผิดพลาดได้ เช่น กรณี Hb Hope หากไม่พิจารณาค่าทาง โลหิตวิทยาประกอบ อาจรายงานเป็น Hb F ได้ นอกจากนี้ยัง พบ Hb A₂-variants อีก 2 ชนิด ที่เคลื่อนที่อยู่หลัง Hb A₂ โดย Hb A₂-Lampang เป็นฮีโมโกลบินผิดปกติที่มีการรายงานพบ ครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 โดย Panyasai S และคณะ²³ รวมทั้งการพบ Hb A₂-Melbourne ที่ มี Peak ใกล้เคียงกับ Hb CS แต่ไม่ใช่ Hb CS จากข้อมูลการ ศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจ Hb typing ต้องระมัดระวังการแปลผลมากขึ้น เนื่องจากฮีโมโกลบิน ผิดปกติมีการตรวจพบมากขึ้นทั้งชนิดที่เคยและไม่เคยมีการ รายงานมาก่อน นอกจากนี้ Hb Hope ที่พบสูงถึงร้อยละ 71.6

ซึ่งสูงกว่าในภาคอื่นมาก เมื่อนำมาประมวลกับผลการวิเคราะห์ peak ที่สงสัยกับผลตรวจยีนย่น ทำให้ได้แนวทางว่า ถ้าพบ peak ที่เหมือน Hb F ในการตรวจ Hb typing ด้วยวิธี LPLC และค่าดัชนีเม็ดเลือดแดงค่อนข้างปกติ ให้ผู้ตรวจตระหนัก ว่าน่าจะเป็น Hb Hope อย่างไรก็ตาม การตรวจยีนย่นระดับ โมเลกุลยังมีความจำเป็น การศึกษาจึงได้การพิจารณาส่ง ตรวจยีนย่นถึงระดับยีนทั้งแอลฟาและบีตา ถึงแม้ Hb Hope จะมีค่าเฉลี่ยของดัชนีเม็ดเลือดแดงปกติ และไม่มีอาการทาง คลินิก²⁴ รวมทั้ง Hb Tak และ Hb Q-Thailand ที่พบในรายงาน นี้ แต่หากมี combination กับฮีโมโกลบินผิดปกติชนิดอื่น อาจเกิดความผิดปกติที่รุนแรงขึ้น ดังนั้น การทราบชนิดของ ฮีโมโกลบินผิดปกติเหล่านี้และการพบยีนแอลฟาและบีตา ร่วม จึงยังมีความสำคัญ ที่จะทำให้ห้องปฏิบัติการรายงานผล ถูกต้องที่สุด และเป็นประโยชน์แก่แพทย์ในการวินิจฉัยโรค และวางแผนดูแลรักษาผู้ป่วยทางโลหิตวิทยาให้ถูกต้องต่อไป

สรุปผลการศึกษา

การกระจายของฮีโมโกลบินผิดปกติในจังหวัดลำปางโดย เฉพาะ Hb Hope น่าจะเกี่ยวข้องกับชาติพันธุ์ของประชากรใน

พื้นที่และสภาพภูมิศาสตร์ การพบฮีโมโกลบินผิดปกติจากการศึกษาครั้งนี้จะทำให้เห็นเทคนิคการแพทย์ในห้องปฏิบัติการที่ตรวจชนิดและปริมาณฮีโมโกลบินด้วยวิธี LPLC ตระหนักและระมัดระวังในการอ่านฮีโมโกลบินที่ปรากฏใน F-Window และ S-Window ที่มีลักษณะโครมาโตแกรมผิดปกติ เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการรายงานผลตรวจ อย่างไรก็ตาม ควรสังตรวดยืนยันในระดับโมเลกุล เพื่อให้สามารถระบุชนิดของฮีโมโกลบินผิดปกติได้อย่างถูกต้อง และสามารถอธิบายพยาธิสภาพที่อาจเกิดกับผู้ที่ฮีโมโกลบินผิดปกติได้นั้นได้ ข้อมูลฮีโมโกลบินผิดปกติที่พบและผลทางโลหิตวิทยาของผู้ป่วยจากการศึกษา จะทำให้แพทย์ทางโลหิตวิทยาเข้าใจถึงการกระจายของฮีโมโกลบินผิดปกติได้มากขึ้น และมีประโยชน์ในการวางแผนตรวจคัดกรองผู้ป่วยฮีโมโกลบินผิดปกติ รวมถึง

การให้คำปรึกษาและแนะนำทางพันธุกรรมได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะในจังหวัดลำปาง และเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการศึกษาเรื่องนี้ต่อไปในพื้นที่ภาคเหนือ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิชัย ปัญญาใส ที่ให้คำแนะนำทางวิชาการและตรวจวิเคราะห์ความผิดปกติในระดับโมเลกุลของตัวอย่าง 48 ราย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการตรวจวินิจฉัยห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และบริษัท ฟิชชีที แลบบอราตอรี เซอร์วิส จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์การตรวจในระดับโมเลกุล

เอกสารอ้างอิง

1. <http://globin.bx.psu.edu/hbvar/menu.html> (Accessed June 02, 2014).
2. Fucharoen S. Thalassemia and hemoglobinopathies in Thailand: molecular diagnostics. J Med Tech Phy Ther 2011; 23(1): 1-6. (In Thai)
3. Panyasai S, Cheechang S. The efficiency of screening for carriers of severe thalassemia in three community hospitals in Nakhon Si Thammarat province, Thailand. Songkla Med J 2009; 27(1): 61-72. (In Thai)
4. Fucharoen S, Fucharoen G. Laboratory diagnosis of thalassemia in a prevention and control program of Thailand. Songkla Med J 2002; 20: 43-55.
5. Fucharoen S, Winichagoon P. Thalassemia and abnormal hemoglobin. Int J Hematol 2002; 76 (Suppl 2): 83-9.
6. Uaprasert N, Settapiboon R, Amornsiriwat S, et al. Diagnostic utility of isoelectric focusing and high performance liquid chromatography in neonatal cord blood screening for thalassemia and non-sickling hemoglobinopathies. Clin Chem Acta 2014; 427: 23-6.
7. Saechan V, Nopparatana Ch, Nopparatana C. Molecular basis and hematological features of hemoglobin variants in Southern Thailand. Int J Hematol 2010; 92: 445-50.
8. Tatu T, Gategasem P, Hathirat P. Hemoglobin typing by high performance liquid chromatography. Southeast Asian J Trop Med Public Health 1997; 28(2): 417-23.
9. Mario N, Baudin B, Aussel C, Giboudeau J. Capillary isoelectric focusing and high-performance cation-exchange chromatography compared for qualitative and quantitative analysis of hemoglobin variants. Clin Chem 1997; 43(11): 2137-42.
10. Jenkins M, Ratnaik S. Capillary electrophoresis of hemoglobin. Clin Chem Lab Med 2003; 41(6): 747-54.
11. Joutovsky A, Hadzi-Nesic J, Nardi MA. HPLC Retention Time as a Diagnostic Tool for Hemoglobin Variants and Hemoglobinopathies: A Study of 60000 Samples in a Clinical Diagnostic Laboratory. Clin Chem 2004; 50(10): 1736-47.
12. Keren DF, Shalhoub R, Gulbranson R, Hedstrom D. Expression of Hemoglobin Variant Migration by Capillary Electrophoresis Relative to Hemoglobin A₂ Improves Precision. Am J Clin Pathol 2012; 137: 660-4.
13. The committee on hemoglobin typing and quantification. The handbook for hemoglobin typing and quantification. Nonthaburi: Clinical Research Center of Department of Medical Sciences, 2010: 1-10. (In Thai)
14. Chaibunruang A, Fucharoen G, Fucharoen S. First description of a Hb A₂ variant in Thailand. Identification of Hb A₂-Melbourne [$\alpha^{43}(\text{CD}2)\text{Glu}\rightarrow\text{Lys}$] in Thai individuals. Hemoglobin 2012; 36(1): 80-4.

15. Khorchai A, Sangkitporn S, Duangrueng S, Yodtup C, Dambua A, ChotchusriA, et al. Characteristic Properties of Hemoglobin Variants by Hemoglobin Separation and Quantitation Analysis. *Journal of Health Science* 2013; 22: 1042-51. (In Thai)
16. Fucharoen S, Winichagoon P. Clinical and hematologic aspects of hemoglobin E beta-thalassemia. *Curr Opin Hematol.* 2000; 7: 106-12.
17. Rund D, Rachmilewitz E. Beta-thalassemia. *N Engl J Med.* 2005; 353: 1135-46.
18. Uaprasert N, Rojnuckarin P, Settapiboon R, Amornsiriwat S, Sutcharitchan P. Clinical and hematological characteristics of uncommon beta-globin variants in Thailand. *Int J Hematol.* 2009; 89: 568-71.
19. Yamsri S, Sanchaisuriya K, Fucharoen G, Sae-Ung N, Fucharoen S Genotype and phenotype characterizations in a large cohort of β -thalassemia heterozygote with different forms of α -thalassemia in northeast Thailand. *Blood Cells Mol Dis.* 2011; 47(2): 120-4.
20. Wajcman H, Galacteros F. Hemoglobin with high oxygen affinity leading to erythrocytosis. New variants and new concepts. *Hemoglobin.* 2005; 29: 91–106.
21. Leung KFS, Ma ESK, Chan AYY, Chan LC. Clinical phenotype of haemoglobin Q-H disease. *J Clin Pathol* 2004; 57: 81-2.
22. Jindadamrongwech S, Tungbuppha N, Chuncharunee S, Butthep P. Hb Tak and Hb Q-Thailand in Thai patients are S-window hemoglobin variants revealed by high performance liquid chromatography. *Hemoglobin.* 2010; 34(2): 161-4.
23. Panyasai S, Fucharoen G, Fucharoen S. Abnormal Hemoglobins Found in Upper Northern Thailand (abstract). *Thai J Genet* 2013; 6(Suppl 1): 397.
24. Minich V, Hill RJ, Khuri PD, Anderson ME. Hemoglobin Hope: A Beta Chain Variant. *Blood* 1965; 25(5): 830-8.
25. Lewis SM. Reference ranges and normal values. In: Lewis SM, Bain BJ, Bates I (eds). *Dacie and Lewis Practical haematology*. 10th ed, Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier, 2006: 14.

ผลของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยต่อพฤติกรรมทางสังคม และพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ สำหรับเด็กและวัยรุ่นออทิสติกสเปกตรัม

The effect of Thai elephant-assisted therapy program on social and maladaptive behaviors for children and adolescents with autistic spectrum disorder

ศศิธร สังข์อู๋* เมธิศา พงษ์ศักดิ์ศรี ดารานี สาสด์ สร้อยสุดา วิทยากร นันทนี เสถียรศักดิ์พงศ์
Sasithorn Sung-U* Maethisa Pongsaksri Daranee Sasat Soisuda Vittayakorn Nuntanee Satiansukpong

ภาควิชากิจกรรมบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Department of Occupational Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: sasithornnam@gmail.com)

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

Received JULY 16, 2557

Accepted as revised Aug 12, 2557

Abstract

Objective: The objective of this study was to investigate the effect of Thai elephant-assisted therapy program on enhancing social behaviors and reducing maladaptive behaviors of children and adolescents with autistic spectrum disorder after and during receiving the program. The participants in this study were 16 autistic children and adolescents aged 8-18 years. They were selected by purposive sampling in order to participate in 2 types of the elephant-assisted therapy programs: short-term (3 weeks) and long-term (6 weeks), 8 participants in each group.

Materials and methods: The instruments of research outcome measure included 1) The scale of Independent Behavior-Revised (SIB-R) in subtests of social interaction and communication skills, and problem behaviors scale (Bruininks, Woodcock, Weatherman, & Hill, 1996) to evaluate social and maladaptive behaviors before and after the therapy program, 3) The record forms of social behaviors and maladaptive behaviors developed by the researcher team to evaluate those behaviors during receiving each program, and 3) The questionnaire of satisfaction in the therapy program.

Results: The results showed that after receiving the therapy programs of the short-term, and of the long-term, social behaviors of both groups; in total scales, and each subscale: social interaction, language comprehension, and language expression, were significantly increased ($p < 0.05$). The changing scores of these behaviors were also significantly increased during providing each program ($p < 0.01$). Nevertheless, the maladaptive behaviors of participants; in total behavior, asocial maladaptive behavior, and externalized maladaptive behavior were significantly reduced after receiving the short-term therapy program only ($p < 0.05$), except in internalized maladaptive behavior ($p > 0.05$). Furthermore, the comparison of the maladaptive behaviors of participants in each day was significantly reduced during receiving each therapy program ($p < 0.01$). In addition, the comparisons of the social behaviors and the maladaptive behaviors' between the groups of participants receiving the short-term and the long-term therapy

programs were not significantly different both after and during interventions ($p>0.05$). From the questionnaire of satisfaction, it was found that most parents and teachers reported high level of satisfaction in the therapy program.

Conclusions: This 2 types of programs are applicable to increase social behaviors of autistic clients, parents can choose either the short-term or long-term therapy program; however, to reduce maladaptive behaviors of clients with autistic spectrum disorder, they may consider the short-term one.

Keywords: Animal-assisted therapy, elephant-assisted therapy, autistic spectrum disorder, social behaviors, maladaptive behaviors

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยต่อการสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมและการปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติก หลังได้รับโปรแกรม และขณะได้รับโปรแกรม ในกลุ่มตัวอย่างอายุระหว่าง 8 ถึง 18 ปี จำนวน 16 คน ที่ได้รับการคัดเลือกอย่างเจาะจงเพื่อเข้าร่วมโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยใน 2 รูปแบบการให้บริการ คือ แบบระยะสั้น 3 สัปดาห์ และระยะยาว 6 สัปดาห์ จำนวนกลุ่มละ 8 คน

วัสดุและวิธีการ: เครื่องมือที่ใช้วัดผลลัพธ์ของการวิจัยประกอบด้วย 1) The Scale of Independent Behavior-Revised (SIB-R) (Bruininks, Woodcock, Weatherman & Hill, 1996) เพื่อประเมินพฤติกรรมก่อนและหลังได้รับโปรแกรม 2) แบบบันทึกพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เพื่อประเมินพฤติกรรมขณะได้รับโปรแกรม และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจในโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทย

ผลการศึกษา: พบว่า หลังได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว เด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้ง 2 กลุ่มมีพฤติกรรมทางสังคมโดยรวมและรายด้าน ได้แก่ การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ความเข้าใจภาษา และการใช้ภาษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมทางสังคมอย่างมีนัยสำคัญขณะได้รับโปรแกรม ($p<0.01$) แต่สำหรับพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์นั้นพบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นเท่านั้นที่มีพฤติกรรมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งพฤติกรรมโดยรวม พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมทางสังคม และพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายนอก ($p<0.05$) ยกเว้นพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายใน ($p>0.05$) แต่ผลจากการเปรียบเทียบขณะได้รับโปรแกรม แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 กลุ่ม ($p<0.01$) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ระหว่างเด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้ง 2 กลุ่ม พบผลว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างคะแนนของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมบำบัดแบบระยะสั้นและแบบระยะยาวทั้งภายหลังได้รับโปรแกรม และขณะได้รับโปรแกรม ($p>0.05$) รวมถึงผู้ปกครองและครูของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้ง 2 กลุ่มยังมีความพึงพอใจต่อโปรแกรมในระดับมาก

สรุปผลการศึกษา: โปรแกรมนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมและปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์แก่ผู้รับบริการเด็กและวัยรุ่นออทิสติกได้ทั้ง 2 รูปแบบ หากแต่การปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์โดยเฉพาะนั้นอาจพิจารณาเลือกโปรแกรมระยะสั้น

คำรหัส: การใช้สัตว์ช่วยบำบัด การใช้ช้างช่วยบำบัด ออทิสติกสเปกตรัม พฤติกรรมทางสังคม พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์

แนวคิดในเรื่องการนำสัตว์เข้ามามีส่วนในการส่งเสริมสุขภาพและสุขภาวะทางด้านร่างกาย อารมณ์ และจิตใจของมนุษย์ในด้านการบำบัดนั้นมีมานานกว่า 2 ศตวรรษ^{1,2} โดย “การใช้สัตว์ช่วยบำบัด” หรือ “Animal-Assisted Therapy” (AAT) เป็นการบำบัดอย่างมีเป้าหมายโดยนำสัตว์ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการรักษา ซึ่งอาจเป็นการให้บริการโดยตรงและหรือโดยผ่านนักวิชาชีพด้านสุขภาพหรือที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมการทำให้หน้าที่ด้านร่างกาย สังคม อารมณ์ และความรู้ความเข้าใจของผู้รับบริการให้มีความก้าวหน้ายิ่งขึ้น^{3,4} ปัจจุบันมีผลการศึกษามากมายสนับสนุนการบำบัดด้วยวิธีดังกล่าว เช่น พบว่า การใช้สัตว์ช่วยบำบัดช่วยลดความเครียด⁵ ความกลัว ความวิตกกังวล และอาการซึมเศร้า⁶ รวมถึงส่งเสริมความรู้สึกปลอดภัย การเห็นคุณค่าในตนเอง⁷ การทำกิจกรรมยามว่าง ตลอดจนสุขภาวะและคุณภาพชีวิตในผู้ใหญ่⁸

นอกจากนี้ในเด็กและวัยรุ่นที่มีปัญหาทางด้านอารมณ์ พฤติกรรม และหรือมีความบกพร่องทางพัฒนาการนั้นก็มีรายงานเช่นกันว่า การใช้สัตว์ช่วยบำบัดสามารถส่งเสริมทักษะในด้านต่างๆ รวมทั้งความก้าวหน้าทางพัฒนาการ⁹⁻¹¹ เพิ่มการเห็นคุณค่าในตนเอง¹² และพฤติกรรมทางบวก¹³ รวมถึงช่วยลดอาการสมาธิสั้น อยู่ไม่นิ่ง และพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์¹⁴ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มที่มีปัญหาด้านการสร้างความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นอย่างเช่น ออทิสติก (autistic or autism) นั้นมีผลการศึกษาพบว่า การใช้สัตว์ช่วยบำบัดสามารถส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์ พฤติกรรมทางสังคม¹⁵⁻¹⁸ ภาษา และการสื่อความหมาย^{16,18} ตลอดจนช่วยลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น พฤติกรรมซ้ำๆ แยกตัว¹⁷ ขาดสมาธิ หันเหความสนใจได้ง่าย รวมทั้งพฤติกรรมนิ่งเฉย¹⁵ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์หือมิวน (meta-analysis) ก็ยืนยันว่าการใช้สัตว์ช่วยบำบัดมีขนาดของผลการบำบัด (effect size) ระดับปานกลางในเด็กและวัยรุ่นที่มีภาวะออทิสติกสเปกตรัม (autistic spectrum disorders: ASD)¹⁹

การศึกษาค้นคว้านี้ คณะผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดของการใช้สัตว์ช่วยบำบัดมาประยุกต์ใช้ในการให้บริการทางกิจกรรมบำบัดแก่ผู้รับบริการออทิสติก โดยการนำช้างไทยเข้าร่วมในโปรแกรมบำบัดที่พัฒนาขึ้น ด้วยความเชื่อในคุณค่าจากการปฏิสัมพันธ์และความผูกพันระหว่างมนุษย์กับสัตว์ (human-animal bond) เนื่องจากช้างเป็นสัตว์ใหญ่ที่เฉลียวฉลาด จดจำสิ่งต่าง ๆ ได้ยาวนาน และจิตใจทั้งในด้านสัมผัสภาพ ช่างยังเป็นสัตว์สังคมที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มและดูแลซึ่งกันและกัน เช่นเดียวกับมนุษย์ ดังนั้นช้างจึงไม่เพียงแต่เป็นสัตว์ที่สามารถฝึกให้ช่วยในการบำบัดได้ง่าย แต่ช้างยังเป็นสัตว์ที่ดึงดูดความสนใจ ตอบสนอง และแสดงปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับมนุษย์ได้เป็นอย่างดี²⁰⁻²²

นอกจากนี้ในมุมมองกิจกรรมบำบัด กิจกรรมที่นำช้าง

ไทยเข้ามามีส่วนร่วมอย่างมีเป้าหมายนั้นสอดคล้องกับหลักการและกรอบอ้างอิงการบูรณาการประสาทความรู้สึก (The Sensory Integration Frame of Reference: SI) และแบบจำลองความสามารถในการประกอบกิจกรรมของมนุษย์ (The Model of Human Occupation: MOHO) ซึ่งเน้นถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมภายนอกกับองค์ประกอบและกระบวนการภายในของบุคคลที่มีต่อกิจกรรมที่กระทำและพฤติกรรมที่แสดงออก²³ รวมทั้งจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ก็พบว่า ยังไม่มีการศึกษาผลของโปรแกรมการใช้ช้างช่วยบำบัดในระดับประเทศไทยและสากล มีเพียงการศึกษานำร่องของคณะผู้วิจัยถึงผลของโปรแกรมการใช้ช้างช่วยบำบัดครั้งที่ 1 ในเด็กและวัยรุ่นออทิสติก 4 ราย ที่เข้าร่วมโปรแกรมแบบเต็มวัน สัปดาห์ละ 4 วัน ต่อเนื่องกัน 3 สัปดาห์ (วันจันทร์-ศุกร์ ยกเว้นวันพุธ) และครั้งที่ 2 ในเด็กและวัยรุ่นออทิสติกจำนวน 8 ราย ซึ่งเข้าร่วมโปรแกรมแบบเต็มวัน สัปดาห์ละ 2 วัน ต่อเนื่องกัน 6 สัปดาห์ (วันเสาร์-อาทิตย์) โดยพบว่า สามารถช่วยให้เด็กและวัยรุ่นกลุ่มนี้มีกระบวนการบูรณาการประสาทความรู้สึก^{24,26} ทักษะทางสังคม²⁵ การควบคุมท่าทาง²⁶ การทรงตัว²⁶ และการปรับตัว^{26,27} ที่ดีขึ้นได้

จากแนวคิด หลักการ และเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ในครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมการช่วยเหลือแก่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่มีความจำเพาะต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น โดยจัดให้มีรูปแบบการให้บริการแบบโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาว ดังการศึกษาครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยว่าจะสามารถสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมและปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกได้หรือไม่ และโปรแกรมทั้ง 2 รูปแบบนี้ให้ผลแตกต่างกันอย่างไร โดยพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมก่อนและหลังได้รับโปรแกรมด้วยแบบประเมินมาตรฐาน และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในแต่ละวันขณะได้รับโปรแกรมด้วยแบบบันทึกที่พัฒนาขึ้น รวมถึงการประเมินความพึงพอใจของผู้ปกครองและครูของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อสะท้อนถึงผลลัพธ์ของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยได้อย่างครอบคลุม และเพื่อประโยชน์ในการพัฒนารูปแบบการบำบัดรักษาทางเลือกให้แก่บุคคลออทิสติกต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติก โดย

1. เปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกก่อนและหลังได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นและ

แบบระยะยาว

2. เปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกระหว่างกลุ่มหลังได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว
3. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกขณะได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว
4. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกระหว่างกลุ่มขณะได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เด็กและวัยรุ่นออทิสติกสเปกตรัม หมายถึง เด็กและวัยรุ่นออทิสติกชายและหญิง อายุระหว่าง 8-18 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่า มีภาวะออทิสติกสเปกตรัม และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือก
2. ภาวะออทิสติกสเปกตรัม หมายถึง กลุ่มอาการที่มีความผิดปกติของพัฒนาการทางระบบประสาทที่มีขอบเขตและระดับความรุนแรงของอาการที่ปรากฏเป็นวงกว้างตั้งแต่รุนแรงน้อยไปจนถึงรุนแรงมาก โดยเด็กที่มีภาวะดังกล่าวจะแสดงความบกพร่องอย่างเด่นชัดใน 3 ด้านด้วยกัน คือ การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การสื่อความหมาย และพฤติกรรมความสนใจที่ซ้ำๆ และจำกัด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ครอบคลุม 3 กลุ่มอาการ ได้แก่ ออทิสติก (autistic disorder) แอสเพอร์เกอร์ (asperger disorder) และความบกพร่องทางพัฒนาการรอบด้านอย่างไม่เฉพาะเจาะจง (pervasive developmental disorder-not otherwise specified: PDD-NOS)
3. โปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทย หมายถึง โปรแกรมการให้บริการทางกิจกรรมบำบัดที่นำสัตว์ ได้แก่ ช้างไทย เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการบำบัดโดยใช้ช้างเป็นสื่อการรักษา ภายใต้ขอบเขตการทำงานและการให้บริการของนักกิจกรรมบำบัดร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านช้าง ได้แก่ ผู้ชำนาญการ สัตวแพทย์ และความเชี่ยวชาญ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมและปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ให้แก่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกสเปกตรัม ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้แบ่งโปรแกรมการให้บริการออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่
 - 3.1 แบบระยะสั้น คือ การให้บริการแบบเต็มวัน สัปดาห์ละ 4 วัน ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์
 - 3.2 แบบระยะยาว คือ การให้บริการแบบเต็มวัน

สัปดาห์ละ 2 วัน ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

4. พฤติกรรมทางสังคม หมายถึง การปฏิสัมพันธ์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกต่อสิ่งแวดล้อมทางสังคมได้อย่างเหมาะสมกับสภาพการณ์ ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยพฤติกรรมทางสังคมที่ได้จากการประเมินใน 2 มิติ คือ พฤติกรรมทางสังคมโดยทั่วไป ในระยะก่อนและหลังการทดลอง ด้วยแบบประเมินมาตรฐาน The Scale of Independent Behavior-Revised (SIB-R)²⁸ และ พฤติกรรมทางสังคมที่ปรากฏขณะได้รับการทดลอง ด้วยแบบบันทึกพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่พัฒนาขึ้น
5. พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ หมายถึง พฤติกรรมทางลบของเด็กและวัยรุ่นออทิสติก ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่ได้จากการประเมินใน 2 มิติ คือ พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์โดยทั่วไป ในระยะก่อนและหลังการทดลอง ด้วยแบบประเมินมาตรฐาน The Scale of Independent Behavior-Revised (SIB-R)²⁸ และพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่ปรากฏขณะได้รับการทดลอง ด้วยแบบบันทึกพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่พัฒนาขึ้น

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) โดยมีรูปแบบการศึกษา 2 ลักษณะ คือ แบบศึกษา 2 กลุ่ม วัดก่อนและหลังการทดลอง (nonrandomized two groups pretest-posttest design) เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์โดยทั่วไปของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยเครื่องมือมาตรฐาน และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ตลอดช่วงดำเนินการทดลองของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น โดยการศึกษาแบบ 2 กลุ่มวัดซ้ำ (two groups repeated measure design)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

เด็กและวัยรุ่นออทิสติก ชายและหญิง อายุระหว่าง 8-18 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่า มีภาวะออทิสติกสเปกตรัม

กลุ่มตัวอย่าง

เด็กและวัยรุ่นออทิสติก ชายและหญิง อายุระหว่าง 8-18 ปี ที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่า มีภาวะออทิสติกสเปกตรัม

จำนวน 16 ราย โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีคัดเลือกอย่างเจาะจง (purposive sampling) ตามเกณฑ์ดังนี้

- 1) มีอายุปฏิทินระหว่าง 8 ปี 0 เดือน ถึง 18 ปี 11 เดือน
- 2) มีภาวะออทิสติกสเปกตรัม โดยมีผลการวินิจฉัยจากแพทย์ประจำตัวเด็ก และจากแพทย์ที่ปรึกษาของคณะผู้วิจัย ยืนยันอย่างสอดคล้องกันว่า มีความผิดปกติซึ่งจัดเป็นภาวะออทิสติกสเปกตรัม
- 3) ไม่พบอาการหรือความผิดปกติอื่น ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการเข้าร่วมโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทย จากการซักประวัติความเจ็บป่วยและประวัติการใช้ยา อาทิ อาการชัก ภาวะภูมิแพ้ฝุ่น แมลง และขนสัตว์
- 4) สามารถเข้าใจและสื่อความหมายเพื่อบอกความต้องการได้
- 5) สามารถช่วยเหลือตนเองด้านการรับประทานอาหารและการขับถ่ายได้

6) มีปัญหาเด่นชัดด้านพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมไม่พึงประสงค์

7) ผู้ปกครองยินยอมให้ความร่วมมือในการวิจัย โดยลงนามในหนังสือยินยอม

2. แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ด้วยวิธีจับคู่ (matching sample) โดยอาศัยความคล้ายคลึงกันทางด้านอายุ เพศ การวินิจฉัย และระดับความรุนแรงของอาการเป็นเกณฑ์ ร่วมกับใบตอบรับเพื่อแจ้งความประสงค์ในการนำบุตรออทิสติกเข้าร่วมโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นหรือแบบระยะยาว เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีความใกล้เคียงกันมากที่สุด table 1

เครื่องมือการวิจัย

1. โปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ พัฒนาโดยคณะผู้วิจัยซึ่งประกอบด้วยคณาจารย์ และนักกิจกรรมบำบัด ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญเรื่องช้าง ได้จัดทำโปรแกรมบำบัดที่ใช้

Table 1. Characteristics of children and adolescents with ASD who participated in the short-term and the long-term programs, and the comparison of these between two groups using the Fisher's Exact Test.

Characteristics	Short-Term Program (n=8)		Long-Term Program (n=8)		p
	n	%	n	%	
Gender					
Male	7	87.50	6	75.00	1.000
Female	1	12.50	2	25.00	
Age (years-months)					
(8-0) - (12-11)	7	87.50	6	75.00	1.000
(13-0) - (18-11)	1	12.50	2	25.00	
Median	9-4		10-8		
Range (min-max)	(8-6) - (16-9)		(8-7) - (13-7)		
Diagnosis					
Asperger disorder	0	0.00	1	12.50	1.000
Autistic disorder	7	87.50	6	75.00	
PDD-NOS	1	12.50	1	12.50	
Severity					
Mild	3	37.50	3	37.50	1.000
Moderate	3	37.50	4	50.00	
Severe	2	25.00	1	12.50	

ชาวไทยต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ สำหรับบุคคลออทิสติกสเปกตรัมขึ้นภายใต้กรอบอ้างอิงในการให้บริการทางกิจกรรมบำบัด ได้แก่ กรอบอ้างอิงการบูรณาการประสาทความรู้สึก และแบบจำลองความสามารถในการประกอบกิจกรรมของมนุษย์ ร่วมกับแนวคิดการใช้สัตว์ช่วยบำบัด โดยนำสัตว์ ได้แก่ ช้างไทย เข้ามาเป็นสื่อในการบำบัด โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชากิจกรรมบำบัด คณะเทคนิคการแพทย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 3 ท่าน และนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ หลังจากนั้นนำโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับอาสาสมัครออทิสติกซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้จำนวน 4 ราย เพื่อดูความเหมาะสม ตลอดจนหาข้อบกพร่องและข้อจำกัดของโปรแกรม แล้วนำผลการทดลองใช้มาแก้ไขปรับปรุงอีกครั้งให้มีความสมบูรณ์

ในท้ายสุดได้โปรแกรมที่มีลักษณะลักษณะเป็นโปรแกรมการให้บริการแบบเต็มวัน โดยนำกิจกรรมที่ได้รับการวิเคราะห์และสังเคราะห์ภายใต้หลักการและแนวคิดพื้นฐานของกรอบอ้างอิงทางกิจกรรมบำบัด และแนวคิดของการใช้สัตว์ช่วยบำบัดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมาใช้ในการให้บริการ ซึ่งแต่ละกิจกรรมมุ่งเน้นให้เกิดความสนใจและแรงจูงใจในการทำกิจกรรม รวมทั้งจัดเตรียมข้อมูลสิ่งเร้าความรู้สึกระบบต่างๆ ได้แก่ การมองเห็น (visual) การได้ยิน (auditory) การสัมผัสสัมผัส (tactile) การรับรู้จากเอ็น ข้อต่อ และกล้ามเนื้อ (proprioceptive) และการรับรู้สมดุลและการทรงตัว (vestibular) ให้แก่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกผ่านการทำกิจกรรมและการมีส่วนร่วม ประกอบด้วย 5 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) กิจกรรมซื้ออาหารให้ช้าง 2) กิจกรรมขี่ช้าง 3) กิจกรรมอาบน้ำให้ช้าง 4) กิจกรรมเล่นกับช้าง และ 5) กิจกรรมศิลปะช้าง

2. The Scale of Independent Behavior-Revised (SIB-R)²⁸ โดย Bruininks, Woodcock, Weatherman และ Hill ในปี 1996 เพื่อประเมินพฤติกรรมปรับตัวและพฤติกรรมที่เป็นปัญหา (adaptive and problem behaviors) ของบุคคลตั้งแต่วัยทารก จนถึงวัยผู้ใหญ่ และวัยสูงอายุ มีลักษณะเป็นแบบสอบถามด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อคำถาม 2 ด้านด้วยกัน คือ

- 1) ทักษะการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการสื่อสาร (social interaction and communication skills) มุ่งวัดความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกกับบุคคลอื่นในสถานการณ์ทางสังคมที่หลากหลาย รวมถึงความสามารถในการเข้าใจและสื่อความหมายด้วยการกระทำ การพูด หรือการเขียนได้ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ (1) การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (social interaction) (2) ความเข้าใจภาษา (language comprehension) และ (3) การใช้ภาษา (language

expression)

- 2) พฤติกรรมที่เป็นปัญหา (problem behavior scale) มุ่งวัดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์อันเป็นปัญหาของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่พบได้บ่อยและรุนแรง ส่งผลต่อการปรับตัวทั้งส่วนบุคคลและสังคม แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ (1) พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายใน (internalized maladaptive behavior) ได้แก่ ทำร้ายตนเอง มีพฤติกรรมแปลกๆ ซ้ำๆ ถอดถอนหรือขาดความสนใจ (2) พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมทางสังคม (asocial maladaptive behavior) ได้แก่ รบกวนผู้อื่น ไม่ร่วมมือ และ (3) พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายนอก (externalized maladaptive behavior) ได้แก่ ทำร้ายผู้อื่น ทำลายข้าวของ ทำความเดือดร้อนให้ผู้อื่น

ทั้ง 2 หัวข้อนี้ได้รับอนุญาตแปลจากสำนักพิมพ์เพื่อใช้ในการวิจัย โดยผ่านกระบวนการแปลเป็นภาษาไทย (cross-culture translation) จากผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญด้านภาษาอังกฤษและทำงานด้านสุขภาพจิต แล้วไปแปลกลับเป็นภาษาอังกฤษ (back translation) โดยผู้เชี่ยวชาญภาษาอังกฤษซึ่งเป็นนักวิชาการ สถาบันภาษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบและหาความใกล้เคียงของภาษาจากต้นฉบับ (comparability of language and similarity of interpretability) โดยคณะผู้วิจัย

แบบประเมิน SIB-R นี้มีการให้คะแนนข้อคำถามแต่ละข้อแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) โดยในส่วนพฤติกรรมปรับตัว มีช่วงคะแนนตั้งแต่ 0-3 คะแนน และส่วนพฤติกรรมที่เป็นปัญหา มีช่วงคะแนนตั้งแต่ 1-5 คะแนน ตามความถี่และรุนแรงของพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ที่แสดงออก จากนั้นนำคะแนนไปแปลผล โดยใช้คะแนนดิบ (raw score) คะแนนมาตรฐาน (standard scores) คะแนนอายุ (age scores) และลำดับเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile ranks) สำหรับการวิจัยครั้งนี้เฉพาะคะแนนดิบมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเท่านั้นเนื่องจากยังไม่ได้มีการหาค่ามาตรฐานสำหรับประชากรไทย

3. แบบบันทึกพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ พัฒนาขึ้นโดยคณะผู้วิจัยเพื่อประเมินพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกขณะได้รับโปรแกรม ตลอดระยะเวลา 12 วัน โดยรวบรวมรายการสังเกตจากการประมวลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับข้อมูลจากภาพถ่ายวิดีโอในการศึกษานำร่องถึงผลของการบำบัดด้วยช้างไทยในกรณีศึกษาออทิสติก ครั้งที่ 1 และ 2 ระหว่างปี 2549-2551 มาจัดทำเป็นแบบบันทึกฉบับร่าง แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย พยาบาลจิตเวชเด็ก นักจิตวิทยา และนักกิจกรรมบำบัด ภาควิชาจิตเวชศาสตร์โรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content

validity) และแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ จากนั้นจึงทดลองใช้เพื่อหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต (Inter observer reliability) ซึ่งเป็นนักกิจกรรมบำบัดผู้ช่วยวิจัย จำนวน 2 ท่าน ด้วยการสังเกตและบันทึกข้อมูลจากภาพวิดีโอในการทดลองใช้โปรแกรมบำบัดที่ใช้ชาวไทยต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์กับอาสาสมัครออทิสติก 4 รายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้ พบค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้สังเกต เท่ากับ 0.85-1.00 แบบบันทึกพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์นี้มีลักษณะเป็นแบบบันทึกพฤติกรรมที่ได้จากการสังเกตแบบสุ่มเวลา (time sampling) ขณะเด็กและวัยรุ่นออทิสติกเข้าร่วมกิจกรรมตามโปรแกรมบำบัด จากกิจกรรมหลัก 5 กิจกรรม กิจกรรมละ 40 นาที โดยแบ่งเวลาในการสังเกตแต่ละกิจกรรมออกเป็น 20 ช่วง ช่วงละ 2 นาที ทั้งนี้ถ้าพบพฤติกรรมตามรายการในแบบบันทึกให้ทำเครื่องหมาย / ลงในแต่ละช่วงของการสังเกตเพียงหนึ่งครั้งเท่ากับ 1 คะแนน และทำเครื่องหมาย - หากไม่พบพฤติกรรมตามรายการในแบบบันทึก เท่ากับ 0 คะแนน

ทั้งนี้การสังเกตพฤติกรรมทางสังคมครอบคลุมการปฏิสัมพันธ์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกกับสิ่งแวดล้อมทางสังคมขณะเข้าร่วมกิจกรรม ทั้งการปฏิสัมพันธ์ทางกายและหรือทางวาจาที่แสดงออกต่อสัตว์และบุคคล ได้แก่ ช่างควาญช้าง ผู้บำบัด และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง รวมถึงเพื่อนเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ทำกิจกรรมร่วมกัน อาทิ การสบตา การเข้าหาบุคคลอื่น การปฏิบัติตามกฎ กติกา และขั้นตอนของการทำกิจกรรม การพูดตอบสนองต่อคำสั่ง คำถาม หรือการร้องขอ การบอกความต้องการ เป็นต้น

ขณะที่การสังเกตพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ครอบคลุมพฤติกรรมทางลบของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เป็นปัญหาและอุปสรรคต่อการทำกิจกรรมและการมีส่วนร่วมทางสังคมทั้งกับสัตว์และบุคคล ได้แก่ ช่างควาญช้าง ผู้บำบัด และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง รวมถึงเพื่อนเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ทำกิจกรรมร่วมกัน อาทิ โยกตัว สะบัดมือ แยกตัว ส่งเสียงดัง ขว้างปาอุปกรณ์ ดีหรือทำร้ายบุคคลอื่น เป็นต้น

4. แบบสอบถามความพึงพอใจในโปรแกรมบำบัดที่ใช้ชาวไทย พัฒนาขึ้นโดยคณะผู้วิจัยเพื่อประเมินผลลัพธ์ของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ชาวไทยในครั้งนี้จากการสอบถามความพึงพอใจของผู้ปกครองและครูของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เข้าร่วมโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาว ประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ปกครองและครูในโปรแกรมที่ใช้ชาวไทยต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของบุตรหรือนักเรียนออทิสติก และข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ซึ่งปรับปรุงจากการศึกษานำร่องครั้งที่ 1 และ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2551 ให้ความสอดคล้องกับนิยามและวัตถุประสงค์ของการวิจัย แล้วนำไปพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงประจักษ์ (face validity) โดย

ส่วนแบบสอบถามความพึงพอใจนั้นมีลักษณะเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) ที่มีเกณฑ์การให้คะแนนตามความมากน้อยของระดับความพึงพอใจ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (1 = น้อยที่สุด-5 = มากที่สุด)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

1. สถิติพื้นฐาน เพื่อบรรยายลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่ามัธยฐาน (median: Mdn) ส่วนเบี่ยงเบนควอไทล์ (quartile deviation: Q.D.)
2. สถิติสำหรับเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณลักษณะส่วนบุคคลระหว่างเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาว โดยใช้การทดสอบของฟิชเชอร์ (The Fisher's Exact test)
3. สถิติสำหรับทดสอบสมมติฐาน ได้แก่
 - 3.1 การทดสอบของวิลคอกซัน (The Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนภายในกลุ่ม ก่อนและหลังได้รับโปรแกรม ตามวัตถุประสงค์ข้อ 1
 - 3.2 การทดสอบของแมนวิทนี (The Mann-Whitney U test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่ม หลังได้รับโปรแกรม ตามวัตถุประสงค์ข้อ 2 และ 4
 - 3.3 การทดสอบของฟรیدแมน (The Friedman test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนขณะได้รับโปรแกรมตลอดระยะเวลา 12 วัน ตามวัตถุประสงค์ข้อ 3 ซึ่งหากพบนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมในแต่ละวันเป็นรายคู่ต่อไปด้วยการทดสอบของวิลคอกซัน

ผลการวิจัย

การศึกษาถึงผลของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ชาวไทยครั้งนี้มีกลุ่มตัวอย่างเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เข้าร่วมการทดลองจำนวนทั้งหมด 16 ราย แบ่งออกเป็นกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้น 8 ราย และโปรแกรมระยะยาว 8 ราย ดังแสดงใน Table 1 ซึ่งเป็นข้อมูลลักษณะส่วนบุคคลนั้นพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีจำนวนเด็กและวัยรุ่นเพศชายมากกว่าเพศหญิง คือ มีสัดส่วนชายต่อหญิงเท่ากับ 7 ต่อ 1 ราย และ 6 ต่อ 2 ราย ตามลำดับ นอกจากนี้ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 8 ปี ถึง 12 ปี โดยมีค่ามัธยฐานของอายุแต่ละกลุ่มเท่ากับ 9 ปี 4 เดือน และ 10 ปี 8 เดือน ตามลำดับ สำหรับการ

วินิจฉัยและระดับอาการออทิสติกสเปกตรัมพบว่า กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นมีเด็กและวัยรุ่นที่เป็นออทิสติก 7 ราย และความบกพร่องทางพัฒนาการรอบด้านอย่างไม่เฉพาะเจาะจง 1 ราย ส่วนกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะยาวมีเด็กและวัยรุ่นที่เป็นออทิสติก 6 ราย ความบกพร่องทางพัฒนาการรอบด้านอย่างไม่เฉพาะเจาะจง 1 ราย และแอสเพอร์เกอร์ 1 ราย โดยมีความรุนแรงของอาการที่ปรากฏตั้งแต่ระดับน้อย ปานกลาง ถึงรุนแรงทั้งสองกลุ่ม ซึ่งผลจากการทดสอบของพิชเซอร์แสดงให้เห็นว่า ลักษณะส่วนบุคคลของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะยาวนี้ไม่แตกต่างกันทั้งในด้านเพศ อายุ การวินิจฉัย และระดับอาการ ($p>0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบประเมินSIB-Rตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 1 และ 2 (Table 2) นั้นอาจสรุปตามตัวแปรที่ศึกษาได้ว่า

หลังได้รับโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาว เด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้งสองกลุ่มมีคะแนนพฤติกรรมทางสังคมโดยรวมและรายด้าน ได้แก่ การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ความเข้าใจภาษา และการใช้ภาษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) และไม่พบความแตกต่างของคะแนนพฤติกรรมทางสังคมระหว่างเด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้งสองกลุ่มภายหลังการทดลองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งคะแนนโดยรวมและรายด้าน ($U_{Total} = 26.00, p = 0.528$; $U_{SI} = 25.50, p = 0.492$; $U_{LC} = 25.50, p = 0.488$; $U_{IE} = 17.00, p = 0.110$)

ส่วนพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์นั้นพบว่า เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นมีคะแนนพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งพฤติกรรมโดยรวม พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมทางสังคม และพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายนอก ($p<0.05$) ยกเว้นพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายใน ($p>0.05$) ขณะที่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะยาวมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ทั้งโดยรวมและรายด้านลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มพบว่า ทั้งสองกลุ่มมีคะแนนพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ภายหลังการทดลองไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($U_{Total} = 30.50, p = 0.874$; $U_{IM} = 28.00, p = 0.671$; $U_{AM} = 29.50, p = 0.789$; $U_{EM} = 31.50, p = 0.955$)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของกลุ่มตัวอย่างขณะได้รับการทดลอง ด้วยคะแนนจากแบบบันทึกพฤติกรรม ตามวัตถุประสงค์การวิจัยข้อ 3 และ 4 (Table 3) พบว่าขณะได้รับการทดลอง เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นมีคะแนนพฤติกรรมทางสังคมในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($\chi^2 = 87.75, p = 0.000$) โดย

ตลอดระยะเวลา 12 วัน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) ยกเว้นในวันที่ 4 และ 5 เท่านั้น ($p>0.05$)

เช่นเดียวกับโปรแกรมระยะยาวที่พบว่า เด็กและวัยรุ่นออทิสติกมีคะแนนพฤติกรรมทางสังคมในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($\chi^2 = 87.15, p = 0.000$) โดยตลอดระยะเวลา 12 วัน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p<0.05$) ยกเว้นในวันที่ 7 และ 8 ($p>0.05$)

สำหรับพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์พบว่า ขณะได้รับการทดลอง เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($\chi^2 = 85.27, p = 0.000$) โดยตลอดระยะเวลา 12 วัน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในวันที่ 1 และ 2, วันที่ 2 และ 3, วันที่ 5 และ 6, วันที่ 6 และ 7, วันที่ 8 และ 9, วันที่ 9 และ 10 และวันที่ 10 และ 11 ($p<0.05$) ส่วนในวันที่ 3 และ 4, วันที่ 4 และ 5, วันที่ 7 และ 8, และวันที่ 11 และ 12 นั้นมีคะแนนพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ในทำนองเดียวกับโปรแกรมระยะยาว คือ ขณะได้รับการทดลอง เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะยาวมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($\chi^2 = 78.07, p = 0.000$) โดยตลอดระยะเวลา 12 วัน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในวันที่ 2 และ 3, วันที่ 4 และ 5, วันที่ 7 และ 8, วันที่ 8 และ 9, วันที่ 9 และ 10 และวันที่ 10 และ 11 ($p<0.05$) ส่วนในวันที่ 1 และ 2, วันที่ 3 และ 4, วันที่ 5 และ 6, วันที่ 6 และ 7, และวันที่ 11 และ 12 นั้นมีคะแนนพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มพบว่า เด็กและวัยรุ่นออทิสติกกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะยาวมีคะแนนพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในแต่ละวันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p>0.05$)

โดยภาพรวมผลจากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ปกครองและครูของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มภายหลังการทดลองดัง Table 4 แสดงให้เห็นว่า ผู้ปกครองและครูของเด็กและวัยรุ่นที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาวมีความพึงพอใจในระดับมากต่อผลลัพธ์ของโปรแกรมบำบัดที่ใช้ชาวไทยในการสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมและการปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ให้แก่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้

อภิปรายผล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลพบผลการวิจัยซึ่งสามารถอภิปรายตามวัตถุประสงค์และตัวแปรที่ศึกษาได้ดังต่อไปนี้

พฤติกรรมสังคม

จากผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ด้วยคะแนนจากแบบบันทึกพฤติกรรม (Table 2 และ 3) ซึ่งพบว่าหลังการทดลองเด็กและวัยรุ่นออทิสติกทั้งสองกลุ่มมีพฤติกรรมทางสังคมโดยรวมและรายด้าน ได้แก่ การปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ความเข้าใจภาษา และการใช้ภาษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญขณะได้รับการทดลอง ($p < 0.01$) แสดงให้เห็นว่า ทั้งโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาวนี้สามารถที่จะสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมให้เด็กและวัยรุ่นออทิสติกได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลหลายประการด้วยกัน

ประการแรกอาจเนื่องจากการนำสัตว์เข้ามาร่วมในโปรแกรมบำบัดมีส่วนช่วยพัฒนาสัมพันธภาพและกระตุ้นการ

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเด็กและวัยรุ่นออทิสติกกับสิ่งแวดล้อมทางสังคมทั้งสัตว์และบุคคล ดังแนวคิดในการสัตว์ช่วยบำบัดซึ่งอธิบายได้ว่า สัตว์เป็นเสมือนสื่อกลางทางสังคมที่ช่วยเร่งเร้าให้กระบวนการสร้างสัมพันธภาพของเด็กกับบุคคลอื่นเป็นไปได้เร็วขึ้น อีกทั้งในช่วงเริ่มต้นของการบำบัดนั้น สัตว์อาจมีส่วนช่วยลดความตึงเครียด ทำให้เด็กรู้สึกผ่อนคลาย สนุกสนาน และเพลินเพลิน จนสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่ดีต่อกันได้²⁹ ในด้านสัมพันธภาพนี้มีนักวิชาการหลายท่านกล่าวว่า การที่เด็กได้ปฏิสัมพันธ์กับสัตว์อาจก่อให้เกิดความรู้สึกผูกพันและมีสัมพันธภาพเชิงบวกที่ถ่ายทอดไปยังบุคคลอื่นๆ จนกลายเป็นพฤติกรรมทางสังคมได้อย่างเหมาะสม²⁹⁻³³

เหตุผลอีกประการ อาจเป็นเพราะคุณลักษณะของสัตว์และกิจกรรมที่นำสัตว์เข้าร่วมในโปรแกรมซึ่งผ่านการวิเคราะห์และสังเคราะห์อย่างมีจุดมุ่งหมายมีส่วนกระตุ้นเร้าความสนใจของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกให้เกิดแรงจูงใจและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม ตัวอย่างเช่น ลักษณะของช้างซึ่งเป็นสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ ฉลาดเฉลียว ใจดี และเป็นมิตร และเป็นสัตว์ที่มีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบตอบกับมนุษย์ได้ทันที จึงอาจดึงดูดความสนใจของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกมาสู่สัตว์และสภาพแวดล้อมในการบำบัด เช่นเดียวกับลักษณะของกิจกรรมซึ่งนอกจาก

Table 2. The comparison of social and maladaptive behaviors scores from the SIB-R, within group and between groups who participated the short-term and long-term programs using the Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test and the Mann-Whitney U test.

SIB-R	Short-Term Program (n=8)						Long-Term Program (n=8)						U	p
	Pre		Post		D		Pre		Post		D			
	Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.		
Social interaction and communication skills														
Social interaction (SI)	28.50	4.25	34.50 ^{b*}	3.88	4.50	2.38	29.50	6.50	35.00 ^{b*}	3.38	3.50	2.00	25.50	0.492
Language comprehension (LC)	19.50	3.38	23.50 ^{b*}	4.63	2.00	3.13	28.50	5.38	31.00 ^{b*}	5.25	3.00	2.00	25.50	0.488
Language expression (LE)	27.50	4.00	29.50 ^{b*}	4.13	3.00	1.88	31.50	4.75	32.50 ^{b*}	4.00	1.50	0.75	17.00	0.110
Total	77.50	10.13	82.50 ^{b*}	15.13	15.50	7.13	87.50	19.38	97.00 ^{b*}	17.50	9.50	2.38	26.00	0.528
Problem behavior														
Internalized maladaptive behavior (IM)	12.00	3.50	8.50 ^a	3.13	-1.50	1.25	12.50	3.63	10.00 ^a	1.88	-2.00	1.75	28.00	0.671
Asocial maladaptive behavior (AM)	6.50	2.38	4.50 ^{a*}	1.50	-2.50	1.63	5.00	1.88	4.00 ^a	0.88	-1.50	0.75	29.50	0.789
Externalized maladaptive behavior (EM)	8.00	3.25	5.00 ^{a*}	1.63	-2.00	1.50	5.00	3.13	4.50 ^a	1.38	-1.00	1.13	31.50	0.955
Total	25.50	4.38	18.00 ^{a*}	1.38	-6.00	2.13	22.50	8.38	18.00 ^a	4.38	-5.00	2.50	30.50	0.874

Mdn: Median scores; Q.D.: Quartile deviation scores; D: Differences between pretest and posttest scores;

U: U-value in the Mann-Whitney U test a: posttest scores < pretest scores; b: posttest scores > pretest scores; * $p < 0.05$

Table 3. The comparison of changes of social and maladaptive behaviors scores from the behavioral records, within group and between groups who participated in the short-term and long-term programs using the Friedman test, the Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test and the Mann-Whitney U test.

Days	Social behaviors				U	p ^c	Maladaptive behaviors				U	p ^c					
	Short-Term Program		Long-Term Program				Short-Term Program		Long-Term Program								
	(n=8)		(n=8)				(n=8)		(n=8)								
	Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.			Mdn	Q.D.	Mdn	Q.D.							
1	65.00	12.38	70.00	6.38	19.50	0.187	25.00	7.75	26.00	6.75	28.00	0.674					
2	72.00	15.13	75.00	10.00	25.00	0.462	24.00	9.25	25.00	6.13	27.00	0.599					
3	78.00	14.88	79.50	12.50	24.00	0.401	23.00	8.00	25.00	5.50	26.50	0.562					
4	80.00	14.50	84.00	13.13	22.00	0.293	23.00	8.13	24.00	6.00	26.50	0.562					
5	84.00	15.25	88.00	13.38	21.50	0.269	22.00	7.75	22.00	5.25	30.00	0.833					
6	91.00	17.38	94.00	13.63	22.00	0.294	21.00	7.50	22.00	4.88	29.00	0.751					
7	98.00	17.50	99.00	11.25	23.00	0.345	19.00	6.00	21.00	6.38	27.00	0.599					
8	100.00	19.75	107.00	10.13	24.00	0.399	19.00	6.50	21.00	5.88	30.00	0.833					
9	111.00	20.75	110.00	12.88	27.50	0.636	18.00	6.63	20.00	6.75	29.50	0.792					
10	118.00	24.13	118.00	14.00	29.00	0.753	17.00	6.13	19.00	6.38	26.50	0.560					
11	122.00	27.50	120.00	13.63	30.00	0.834	15.00	5.13	18.00	6.88	26.00	0.459					
12	126.00	27.38	125.00	16.75	31.00	0.916	15.00	4.25	18.00	6.63	24.50	0.428					
df	11		11		-		11		11		-						
χ ²	87.75		87.15		-		85.27		78.07		-						
p ^A	0.000**		0.000**		-		0.000**		0.000**		-						
Compare between days ^B	1,2 ^{b*}	2,3 ^{b*}	3,4 ^{b*}	4,5 ^b	1,2 ^{b*}	2,3 ^{b*}	3,4 ^{b*}	4,5 ^b	1,2 ^{a*}	2,3 ^{a*}	3,4 ^a	4,5 ^a	1,2 ^a	2,3 ^{a*}	3,4 ^a	4,5 ^{a*}	-
	5,6 ^{b*}	6,7 ^{b*}	7,8 ^{b*}	8,9 ^{b*}	5,6 ^{b*}	6,7 ^{b*}	7,8 ^b	8,9 ^{b*}	5,6 ^{a*}	6,7 ^{a*}	7,8 ^a	8,9 ^{a*}	5,6 ^a	6,7 ^a	7,8 ^{a*}	8,9 ^{a*}	
	9,10 ^{b*}	10,11 ^{b*}	11,12 ^{b*}	9,10 ^{b*}	10,11 ^{b*}	11,12 ^{b*}			9,10 ^{a*}	10,11 ^{a*}	11,12 ^a	9,10 ^{a*}	10,11 ^{a*}	11,12 ^a			

A: The Friedman test; B: The Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test; C: The Mann-Whitney U test; Mdn: median scores; Q.D.: quartile deviation scores; U: U-value in the Mann-Whitney U test; χ^2 : χ^2 -value in the Friedman test; a: decreased scores; b: increased scores;

* $p<0.05$; ** $p<0.01$

ให้ความสนุกสนาน เพลิดเพลิน ยังเป็นกิจกรรมที่จัดเตรียม บทบาทใหม่ ๆ ให้แก่เด็ก เช่นเป็นผู้เลี้ยง ผู้ดูแล สอดคล้อง กับทฤษฎีบทบาทที่เชื่อว่า เมื่อบุคคลก้าวเข้าสู่บทบาทใหม่ ๆ บุคคลนั้นจะปรับพฤติกรรมของตนให้เป็นไปตามบทบาทที่ คาดหวัง การใช้สัตว์ช่วยบำบัดจึงช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม²⁹ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ บทความของ Bracher ที่อธิบายว่า สัตว์และสิ่งแวดล้อมของ สัตว์สามารถนำมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนแรงจูงใจ อุนิสัย และ ความสามารถในการทำกิจกรรมได้ตามมุมมองของแบบจำลอง การประกอบกิจกรรมของมนุษย์²³ ดังนั้นความพึงพอใจและ ความสำเร็จที่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกได้รับจากการทำกิจกรรม

และการปฏิสัมพันธ์กับสัตว์จึงก่อให้เกิดแรงจูงใจ บทบาทใหม่ และพัฒนาทักษะต่างๆ ที่จำเป็นต่อการทำกิจกรรม รวมถึง การแสดงออกทางสังคมได้อย่างเหมาะสม ดังการศึกษาของ Taylor และคณะ³⁴ ที่พบว่าการใช้ม้าช่วยบำบัดส่งผลให้กรณี ศึกษาเด็กออทิสติก 3 รายมีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมในระยะ ที่ได้รับโปรแกรมและหลังได้รับโปรแกรมสูงกว่าระยะพื้นฐาน เช่นกันกับผลการศึกษาของ Bass, Duchowny และ Llabre¹⁵ ที่ พบว่า เด็กออทิสติกมีแรงจูงใจที่จะแสดงปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มากขึ้นภายหลังการขี่ม้าบำบัด

ประการสุดท้ายอาจเนื่องมาจากสัตว์และสภาพแวดล้อม ในการบำบัดช่วยส่งเสริมการบูรณาการประสาทความรู้สึก

ผ่านการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการรับสัมผัส การรับรู้สมดุลและการทรงตัว การรับรู้จากเอ็น กล้ามเนื้อ และข้อต่อ รวมถึงระบบการมองเห็น และการได้ยิน ส่งผลให้เด็กและวัยรุ่นออทิสติกมีพฤติกรรมปรับตัวที่เหมาะสม โดยเฉพาะทักษะขั้นสูง เช่น สมาธิ การวางแผน ความภาคภูมิใจและความมั่นใจในตนเอง ซึ่งมีความจำเป็นต่อการปฏิสัมพันธ์และการดำเนินชีวิตในสังคม ดังที่ Lawton-Shirley³⁵ กล่าวว่า การนำสัตว์เข้ามาเป็นสื่อในการบำบัดและกิจกรรมที่นำสัตว์เข้ามามีส่วนร่วม นอกจากช่วยจัดเตรียมข้อมูลความรู้สึกล้นหลากหลายให้แก่ผู้รับบริการแล้ว ภายใต้อาการการเห็นหรือบริบทของกิจกรรมก็มีความต้องการให้บุคคลตอบสนองโดยแสดงพฤติกรรมการปรับตัวอย่างเหมาะสมด้วย นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาของ Walting, Dietz และ White³⁶ สนับสนุนว่าการบูรณาการประสาทความรู้สึกร่วมช่วยส่งเสริมการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางสังคมและกายภาพของเด็กออทิสติกในการทำกิจกรรมได้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงทำให้เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เข้าร่วมโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยมีพฤติกรรมเพิ่มขึ้นทั้ง 2 กลุ่มภายหลังการทดลอง และอาจเป็นไปได้ว่าทั้งโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาวส่งผลให้เด็กและวัยรุ่นออทิสติกมีพฤติกรรมทางสังคมเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน จึงทำให้ผลจากการเปรียบเทียบพฤติกรรมทางสังคมระหว่างกลุ่มหลังการทดลอง ด้วยคะแนนจากแบบประเมิน SIB-R ตามวัตถุประสงค์ข้อ 2 จึงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งโดยรวมและรายด้าน (Table 2) เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมทางสังคมระหว่างกลุ่ม ขณะได้รับการทดลอง ด้วยคะแนนจากแบบบันทึกพฤติกรรม ตามวัตถุประสงค์ข้อ 4 ที่พบว่า พฤติกรรมทางสังคมของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาวในแต่ละวันไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Table 3)

พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์

จากผลการเปรียบเทียบพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกก่อนและหลังได้รับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทย ด้วยแบบประเมิน SIB-R พบว่า เฉพาะเด็กและวัยรุ่นออทิสติกกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นเท่านั้นที่มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์หลังการทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งพฤติกรรมโดยรวมและรายด้าน ได้แก่ พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมทางสังคม และพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายนอก ยกเว้นพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายใน ส่วนกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมระยะยาวนั้นไม่มีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ทั้งโดยรวมและรายด้านลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 หลังการทดลอง (Table 2) แต่เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ขณะได้รับการทดลอง ด้วยคะแนนจากแบบบันทึกพฤติกรรมแล้วพบว่า

เด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะสั้นมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในแต่ละวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เช่นเดียวกับเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่ได้รับโปรแกรมระยะยาว (Table 3)

จากผลที่โปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะสั้นสามารถปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกภายหลังการทดลองได้อย่างเด่นชัด เช่นเดียวกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่ลดลงขณะได้รับการทดลองนั้นอาจเนื่องมาจากหลายปัจจัยประกอบกัน กล่าวคือโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้อาศัยองค์ความรู้ในการใช้สัตว์ช่วยบำบัดร่วมกับแนวคิดทางกิจกรรมบำบัด ซึ่งนอกจากคำนึงถึงความสอดคล้องกับบทบาทและแบบแผนกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามแบบจำลองความสามารถในการประกอบกิจกรรมของมนุษย์แล้ว ยังตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกร่างกายขณะทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมกระบวนการรับ การปรับระดับ การผสมผสาน และการจัดระเบียบข้อมูลตามกรอบอ้างอิงการบูรณาการประสาทความรู้สึกร่วม โดยมุ่งหวังให้เด็กและวัยรุ่นออทิสติกมีการปรับตัวและสามารถกำกับควบคุมพฤติกรรมของตนเองได้ดีขึ้น จึงส่งผลให้พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์นี้ลดลง ด้วยเหตุเพราะความผิดปกติทางพฤติกรรมที่พบในกลุ่มออทิสติกสเปกตรัมนี้มีสาเหตุเกี่ยวเนื่องกับความบกพร่องในการทำงานของระบบประสาทและสรีรวิทยา โดยเฉพาะสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับประสาทความรู้สึกร่วม ส่งผลให้เด็กกลุ่มนี้มีพฤติกรรมการปรับตัวที่ไม่เหมาะสมหลายรูปแบบ เช่น แสดงพฤติกรรมซ้ำๆ กระตุกตัวเอง แยกตัว ขาดความสนใจ ไม่ให้ความร่วมมือ และทำร้ายตนเองหรือผู้อื่น³⁶⁻⁴⁰ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างมีจุดมุ่งหมายในสภาพแวดล้อมของการบำบัดที่เป็นธรรมชาตินี้จึงอาจเป็นปัจจัยสำคัญ

นอกจากนั้นยังเป็นเพราะคุณลักษณะของสัตว์ที่ช่วยลดความเครียด ระดับความตื่นตัว และเบี่ยงเบนความสนใจจากสิ่งเร้าที่ทำให้วิตกกังวล รวมทั้งก่อให้เกิดความรู้สึกในทางบวก เช่น ความสุข มิตรภาพ และผ่อนคลาย²⁵ การปฏิสัมพันธ์กับสัตว์จึงอาจช่วยลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นออทิสติกที่เกิดจากสภาวะอารมณ์ทางลบได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Raderfer และ Goodman¹⁷ ที่พบว่าเด็กออทิสติกมีพฤติกรรมทางสังคมเพิ่มขึ้น และมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ เช่น พฤติกรรมซ้ำๆ แยกตัว ลดน้อยลง เมื่อใช้สุนัขช่วยในการบำบัด รวมทั้งยังสอดคล้องกับ Trotter⁴¹ ที่ศึกษาผลของการใช้ม้าบำบัดร่วมกับการให้คำปรึกษาเป็นกลุ่มแก่เด็กและวัยรุ่นที่มีความเสี่ยงต่อปัญหาด้านสังคมและการเรียน ซึ่งคะแนนจากการวัดซ้ำตลอดระยะที่ได้รับการทดลองพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งพฤติกรรมโดยรวม พฤติกรรมที่พึงประสงค์ และพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์

Table 4. Mean and level of satisfaction with social behaviors and maladaptive behaviors of children and adolescents with ASD who participated in the short-term and long-term programs from the reports of their parents and teachers.

Variables	Respondents	n	Satisfaction			
			Short-Term Program		Long-Term Program	
			Mean	Level	Mean	Level
Social behaviors	Parents	8	3.59	High	3.51	High
	Teachers	8	3.58	High	3.77	High
Maladaptive behaviors	Parents	8	3.78	High	3.88	High
	Teachers	8	4.07	High	4.00	High
Total	Parents	16	3.59	High	3.64	High
	Teachers	16	3.93	High	3.94	High

สำหรับโปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยแบบระยะยาว แม้ผลจากการเปรียบเทียบด้วยคะแนนจากแบบประเมิน SIB-R พบว่า เด็กและวัยรุ่นออทิสติกมีพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) แต่ผลจากการวัดซ้ำแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในขณะที่ได้รับการทดลองว่ามีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบางวัน (Table 3) ประเด็นนี้อธิบายได้ว่า การลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อกระบวนการกำกับ ควบคุม และจัดระบบระเบียบข้อมูลความรู้สึกเป็นอย่างมาก เพื่อที่จะเลือกให้ความสนใจและตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่จำเป็นต่อการทำกิจกรรมในขณะนั้นๆ และตัดสิ่งเร้าความรู้สึกที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป รวมทั้งต้องอาศัยความต่อเนื่องในการบำบัด^{42,43} การดำเนินโปรแกรมระยะยาวซึ่งเป็นการให้บริการเฉพาะวันเสาร์และอาทิตย์จึงอาจทำให้เด็กและวัยรุ่นออทิสติกควบคุมพฤติกรรมของตนเองได้ยากกว่าสภาพแวดล้อมในการบำบัดที่มีความต่อเนื่อง 4 วันต่อสัปดาห์อย่างเช่นโปรแกรมระยะสั้น นอกจากนั้นอาจเป็นไปได้ว่า ในระหว่าง 5 วันที่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรมอาจมีอิทธิพลของปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในโปรแกรมระยะยาวได้

อย่างไรก็ตามแม้ว่าพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของโปรแกรมระยะสั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมทางสังคม พฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมภายนอก และพฤติกรรมโดยรวม แต่ผลจากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ด้วยแบบประเมิน SIB-R และแบบบันทึกพฤติกรรม พบว่า พฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็ก

และวัยรุ่นออทิสติกทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทั้งในระยะหลังการทดลอง (Table 2) และขณะได้รับการทดลอง (Table 3) ซึ่งเห็นได้จากมัธยฐานและส่วนเบี่ยงเบนควอไทล์ของคะแนนจากแบบประเมิน SIB-R ภายหลังการทดลอง (Table 2) และคะแนนจากแบบบันทึกพฤติกรรมขณะได้รับการทดลอง (Table 3) ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

โดยภาพรวม ผลจากการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมบำบัดที่ใช้ช้างไทยที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมพฤติกรรมทางสังคมและปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์แก่เด็กและวัยรุ่นออทิสติกได้ทั้งสองรูปแบบการให้บริการ โดยเฉพาะในด้านสังคมที่มีผลการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่สำหรับพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์นั้นอาจต้องอาศัยระยะเวลาในการบำบัดที่ต่อเนื่องและมีความถี่ต่อสัปดาห์มากกว่า ดังผลที่พบในโปรแกรมระยะสั้น แม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วไม่พบความแตกต่างของพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ระหว่างทั้ง 2 กลุ่มก็ตาม

เช่นเดียวกับผลลัพธ์ที่ประเมินจากแบบสอบถามความพึงพอใจ ซึ่งพบว่า ผู้ปกครองและครูมีความพึงพอใจต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของบุตรและนักเรียนออทิสติกในระดับมากทั้งโปรแกรมระยะสั้นและโปรแกรมระยะยาว (Table 4) นอกจากนี้ยังได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า เด็กและวัยรุ่นออทิสติกมีการเปลี่ยนแปลงทางบวกในประเด็นอื่นมากขึ้นด้วย อาทิ การแสดงออกทางอารมณ์ ความสนใจ การให้ความร่วมมือและทำงานเป็นกลุ่มกับเพื่อน การสื่อสารและการสนทนาได้ตอบความสามารถทางการเรียน ฯลฯ

ข้อจำกัด

1. การวิจัยครั้งนี้มีแบบแผนการวิจัยแบบกึ่งทดลองที่ไม่มีกลุ่มควบคุมและขาดการสุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลอง จึงอาจทำให้ผลที่พบเป็นหลักฐานในระดับที่อ่อนกว่าแบบแผนการวิจัยแบบทดลองแท้จริง (true experimental design) และมีข้อจำกัดในการสรุปไปยังกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้นหรือกลุ่มประชากร
2. การวิจัยครั้งนี้มิได้ควบคุมปัจจัยอื่นที่อาจมีผลต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นนอกโฮสติค เช่น สภาพการณ์ที่บ้าน โรงเรียน หรือการบำบัดอื่นที่ได้รับก่อนและขณะเข้าร่วมโปรแกรม เช่น การรักษาทางยา การฝึกพูด หรือการบริการทางกิจกรรมบำบัดในคลินิก
3. การวิจัยครั้งนี้มิได้ศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นนอกโฮสติคภายหลังการทดลอง จึงไม่ทราบถึงระยะเวลาการคงอยู่ของผลที่ได้จากโปรแกรมบำบัด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นในครั้งนี้น่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมและปรับลดพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์แก่ผู้รับบริการเด็กและวัยรุ่นนอกโฮสติคได้ทั้ง 2 รูปแบบ แต่การมุ่งแก้ไขเฉพาะพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์เพียงอย่างเดียว นั้น ควรให้ข้อมูลผู้ปกครองถึงผลของโปรแกรมระยะ

สั้นเพื่อประกอบการพิจารณา โดยคำนึงถึงความสะดวกในการเข้ารับบริการและความสอดคล้องกับแบบแผนการดำเนินชีวิตของครอบครัวร่วมด้วย ซึ่งอาจช่วยให้ผู้ปกครองมีทางเลือกในการบำบัดแก้บุตรหลานของตนได้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ควรใช้แบบแผนการวิจัยแบบทดลองแท้จริงที่มีกลุ่มควบคุมและมีการสุ่มตัวอย่างเข้าสู่กลุ่มทดลอง เช่นเดียวกับขนาดที่ใหญ่ขึ้นของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้มีความชัดเจนของผลที่ได้รับและการสรุปไปยังกลุ่มประชากร
2. ควรมีการควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นนอกโฮสติค หรือนำมาศึกษาเป็นตัวแปรร่วมด้วยวิธีการทางสถิติ
3. ควรมีการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางสังคมและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของเด็กและวัยรุ่นนอกโฮสติคภายหลังการทดลอง เพื่อทราบถึงระยะเวลาการคงอยู่ของผลที่ได้จากโปรแกรมบำบัด
4. ควรมีการศึกษาในเด็กที่มีความต้องการพิเศษกลุ่มอื่น อาทิ เด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาและการเรียนรู้ เด็กที่มีปัญหาด้านอารมณ์และพฤติกรรม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัยทุกท่าน และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้

References

1. Tuke S. Description of the retreat. London: Dawsons of Pall Mall; 1964.
2. Jorgenson J. Therapeutic use of companion animals in health care. Image J Nurs Sch 1997; 29: 249-54.
3. Delta Society. Introduction to animal-assisted activities and therapy (AAA/AAT) [Internet]. 2007 [cited 2007 Jan 18] Available from <http://www.deltasociety.org/animalsaaaabout.htm>
4. Delta Society. Benefits of animal companionship [Internet]. 2007 [cited 2007 Jan 18] Available from <http://www.deltasociety.org/animalshealth.htm>
5. Barker SB, Dawson KS. The effects of animal-assisted therapy with hospitalized adolescents. Psychiatr Serv 1998; 10: 17-24.
6. Baker SB, Pandurangi AK, Best AM. Effects of animal-assisted therapy on patients's anxiety, fear and depression before ECT. J ECT 2003; 19: 38-44.
7. Rosenkoetter MM. Health promotion: the influence of pets on life patterns in the home. Holist Nurs Pract 1991; 5: 42-51.
8. Nathans-Barel I, Feldman P, Berger B, Modai I, Silver H. Animal-assisted therapy ameliorates anhedonia in schizophrenia patients: a controlled pilot study. Psychother Psychosom 2005; 74: 31-5.
9. Melson GF. The role of companion animals in human development. In: Wilson CC, Turner DC, editors. Companion animals in human health. California: Sage; 1998.

10. Melson GF. Child development and the human-companion animal bond. *Am Behav Sci* 2003; 47: 31-9.
11. Vidovic VV, Stetic VV, Bratko D. Pet ownership, type of pet and socio-emotional development of school children. *Anthrozoos* 1999; 12: 211-7.
12. Bowers M. The effectiveness of equine-facilitated psychotherapy on behavior and self-esteem in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). [Unpublished master's thesis]. Topeka, KS: Washburn University of Topeka; 2001.
13. Limond JA, Bradshaw JWS, Cormack KFM. Behavior of children with learning disabilities interacting with a therapy dog. *Anthrozoos* 1997; 10: 84-9.
14. Katcher AH, Wilkins GG. Animal-assisted therapy in the treatment of disruptive behavior disorders in children. In: Ante L, editor. *The environmental and mental health: a guide for clinician*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 1998.
15. Bass MM, Duchowny CA, Llabre MM. (2009). The effect of therapeutic horseback riding on social functioning in children with autism. *J Autism Dev Disord* 2009; 39: 1261-7.
16. Farrell E. The effect of animal assisted therapy in children with autism [Internet]. 2006 [cited 2007 Jan 15] Available from http://www.hamline.edu/instech/honors/erin_farrell.pdf
17. Rederfer LA, Goodman JF. (1989). Brief report: pet-facilitated therapy with autistic children. *J Autism Dev Disord* 1989; 19: 461-7.
18. Sams MJ, Fortney EV, Willenbring S. Occupational therapy incorporating animals for children with autism: A Pilot Investigation. *Am J Occup Ther* 2006; 60: 268-74.
19. Nimer J, Lundahl B. Animal-assisted therapy: A meta-analysis. *Anthrozoos* 2007; 20: 225-38.
20. Hart BL, Hart LA. Elephants, great apes and human: the paradox brain size and cognition. UC Davis, School of Veterinary Medicine; 2008.
21. Mosier JL. The big attraction: the circus elephant and American cultures. *J Am Cult* 1999; 22: 718.
22. Poole JH, Moss CJ. Elephant sociality and complexity: the scientific evidence. In: Wemmer C, Christen K, editors. *Elephants and ethics: toward a morality of co-existence*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press; 2008. p. 69-98.
23. Bracher M. Therapeutic horse riding: What has this to do with occupational therapists? *Br J Occup Ther* 2000; 63: 277-282.
24. Vittayakorn S, Satiansukpong N, Sung-U S, Pongsaksri M, Phiraban C, Sasat D. The effect of Thai elephant-assisted therapy program on sensory processing function in persons with autism. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci* 2009; 42: 57-70 (in Thai).
25. Sung-U S, Pongsaksri M, Vittayakorn S, Satiansukpong N, Tipprasert P, Pedugsorn M, Phiraban C, Sasat D. The effect of Thai elephant-assisted therapy program on social skills of individuals with autism. *The Journal of Occupational Therapist Association of Thailand*. 2009; 14(1): 1-11 (in Thai).
26. Satiansukpong N, Pongsaksri M, Sung-U, S., Vittayakorn, S, Tipprasert P, Pedugsorn M, Phiraban, C, Sasat D. Thai elephant-assisted therapy program: the feasibility in assisting an individual with autism. *WFOT Bulletin* 2008; 58: 17-26.
27. Satiansukpong N, Vittayakorn S, Pongsaksri M, Sung-U S, Sasat D. The effect of Thai elephant-assisted therapy program on the adaptive behavior of individuals with autistic spectrum disorder. *Suan Dusit Graduate School Academic Journal* 2010; 6: 5-11 (in Thai).
28. Bruininks RH, Woodcock RW, Weatherman RF, Hill BK. *Scales of Independent Behavior-Revised*. Itasca, IL: Riverside Publishing; 1996.
29. Kruger KA, Serpell JA. *Animal-assisted interventions in mental health: Definitions and theoretical foundations*. New York: Academic Press; 2006.
30. George H. Child therapy and animals. In: Schaefer CE, editor. *Innovative interventions in child and adolescent therapy*. New York: John Wiley; 1988. p. 400-18.

31. Katcher AH. The future of education and research on the human-animal bond and animal-assisted therapy. Part B: Animal-assisted therapy and the study of human-animal relationships: Discipline or bondage? Context or transitional object? In: Fine A, editor. *Handbook of an animal-assisted therapy: Theoretical foundations for guidelines and practice*. San Diego: Academic Press; 2000. p. 461-73.
32. Triebenbacher SL. Pets as transitional objects: their role in children's emotional development. *Psychol Rep* 1998; 82: 191-200.
33. Winnicott DW. Transitional objects and transitional phenomena. In: Buckley P, editor. *Essential papers on object relations*. New York: New York University Press; 1986. p. 254-71.
34. Taylor RR, Kielhofner G, Smith C, Butler S, Cahill SM, Ciukaj MD, et al. Volitional change in children with autism: a single-case design study of the impact of hippotherapy on motivation. *Occup Ther Ment Health* 2009; 25: 192-200.
35. Lawton-Shirley N. Hippotherapy. In: Bundy A, Lane SJ, Murray E, editors. *Sensory integration: theory and practice*. 2nd ed. Philadelphia, F.A. Davis; 2002. p. 350-3.
36. Watling RL, Deitz J, White O. Comparison of sensory Profile scores of young children with and without autism spectrum disorders. *Am J Occup Ther* 2001; 55: 416-23.
37. Baker AEZ, Lane A, Angley MT, Young RL. The relationship between sensory processing patterns and behavioral responsiveness in autistic disorder. *J Autism Dev Disord* 2008; 38: 867-75.
38. Ben-Sasson A, Hen L, Fluss R, Cermak SA, Engel-Yeger B, Gal E. A meta-analysis of sensory modulation symptom in individuals with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord* 2009; 39: 1-11.
39. Leekam SR, Nieto C, Libby SJ, Wing L, Gould J. Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *J Autism Dev Disord* 2007; 37: 894-910.
40. Tomchek SD, Dunn W. Sensory processing in children with and without autism: a comparative study using the short sensory profile. *Am J Occup Ther* 2007; 61: 190-200.
41. Trotter KS. The efficacy of equine assisted group counseling with at-risk children and adolescents [dissertation]. Denton, TX: University of North Texas; 2006.
42. Bundy AC, Lane SJ, Murray EA, editors. *Sensory integration: theory and practice*. 2nd ed. Philadelphia, PA: F.A. Davis Company; 2002.
43. Nackley VL. Sensory diet applications and environmental modifications: a winning combination. *Sens Integr Spec Interest Sect Q* 2001; 24: 1-4.

ผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่ออัตราการระบายอากาศในผู้ที่มีสุขภาพดี

Effects of aerobic exercise in combination with core muscle training on minute ventilation in healthy individuals

วิลาวณีย์ ไชยอุต¹ อาทิตย์ พวงมะลิ² ภัทรพร สิทธิเลิศพิศาล^{2*}
Wilawan Chaiut¹ Aatit Paungmali² Patraporn Sittlerpisan^{2*}

¹ สาขาวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวและการออกกำลังกาย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² ภาควิชากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹ Movement and Exercise Sciences, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

² Department of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: patraporn.s@cmu.ac.th)

* Corresponding author (Email: patraporn.s@cmu.ac.th)

Received July 31, 2557

Accepted as revised Aug 8, 2557

Abstract

Objective: The purpose of this study was to determine the effects of aerobic exercise in combination with core muscle training on minute ventilation in healthy individuals.

Materials and Methods: Forty healthy volunteers (8 male and 32 female) aged 21.35 ± 1.93 years were recruited. Factor of age, gender and level of lumbopelvic stability were used in randomization. They were randomly divided into aerobic exercise with core training group ($n=20$) and control group ($n=20$). The aerobic exercise in combination with core muscle training group was performed aerobic exercise with core muscle training program for 30 minutes, whereas the control group had aerobic exercise only for 30 minutes. They trained 3 times/week for 8 weeks. Minute ventilations (VE) were measured by breath-by-breath gas analysis machine (MedGraphic®, Ultima PFX®, UK) during exercise before and after 8 weeks of training. Data were statistically analyzed by mixed model 2-ways repeated-measures ANOVA using SPSS program version 17.0 with p-value of 0.05.

Results: The results showed that the effect of aerobic exercise in combination with core muscle training on VE under the experimental group had a significant increase after 8 weeks training ($p < 0.05$) and significantly greater than the control group ($p < 0.05$).

Conclusion: This study demonstrated that the aerobic exercise in combination with core muscle training had a significant improvement in minute ventilation greater than the aerobic exercise alone. This finding could guide for application in exercise program for improving the pulmonary performance in healthy individuals.

Keywords: Aerobic exercise, core muscle exercise, minute ventilation

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อการตอบสนองของอัตราการระบายอากาศในผู้ที่มีสุขภาพดี

วัสดุและวิธีการ: อาสาสมัครจำนวน 40 คน เพศชาย 8 คน เพศหญิง 32 คน อายุเฉลี่ย 21.35 ± 1.93 ปี สุ่ม (โดยปัจจัย อายุ เพศ และระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังบริเวณเอวและเชิงกราน) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน คือกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เป็นเวลา 30 นาที โดยฝึก 3 ครั้ง ต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทั้ง 2 กลุ่มถูกวัดค่าอัตราการระบายอากาศ (minute ventilation: VE) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซการหายใจ (MedGraphic®, Ultima PFX®, UK) ขณะออกกำลังกายทั้งก่อนและหลังการฝึกฝน 8 สัปดาห์

ผลการศึกษา: การฝึกออกกำลังกายก่อนและหลังการฝึก และระหว่างกลุ่ม วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Mixed model 2-ways repeated-measures ANOVA โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 17.0 โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการฝึกฝน 8 สัปดาห์การตอบสนองของอัตราการระบายอากาศ ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และกลุ่มออกกำลังกายร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุปผลการศึกษา: การออกกำลังกายแบบแอโรบิกร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาของอัตราการระบายอากาศ มากกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้และนำไปเป็นโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหายใจในผู้ที่มีสุขภาพดีได้

คำรหัส: การออกกำลังกายแบบแอโรบิค การออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว อัตราการระบายอากาศในหนึ่งนาที

บทนำ

ในภาวะปกติกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความมั่นคงของแกนกลาง โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ transversus abdominis (TrA) จะทำงานเพื่อเพิ่มความมั่นคงของลำตัวก่อนการเคลื่อนไหวส่วนของรยางค์ โดยกล้ามเนื้อ TrA จะหดตัวได้ดีเมื่อแขม่วท้องส่วนล่าง (abdominal drawing in maneuver : ADIM) ซึ่งส่งผลทำให้แรงดันในช่องท้อง (intra-abdominal pressure: IAP) เพิ่มขึ้น และเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลม (diaphragm) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ¹ การออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวแบบต่อเนื่องอาจช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจได้ ดังนั้นการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต้องเน้นให้เกิดการประสานสัมพันธ์ (co-ordination) ระหว่างกล้ามเนื้อท้อง กับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ² เนื่องจากการหดตัวของกล้ามเนื้อท้องมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงดันในช่องท้อง และการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม จึงมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจเพิ่มขึ้น และยังส่งผลทำให้มีการเพิ่มแรงดันในช่องท้อง (IAP) เพื่อให้เกิดแรงกระตุ้นต่อกระดูกสันหลัง จึงทำให้กระดูกสันหลังมีความมั่นคงมากขึ้น ดังนั้นการทำงานที่ต้องการใช้ออกซิเจนต่อเนื่อง (aerobic activity)

เป็นระยะเวลานานจึงมีความสัมพันธ์ทั้งกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวและกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจต้องให้ความสำคัญกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจด้วย เพื่อให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีสมรรถภาพทางด้านระบบหายใจและไหลเวียนโลหิตดีขึ้นด้วย³ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อสรีรวิทยาของระบบหายใจและการไหลเวียนโลหิต การศึกษาก่อนหน้ารายงานถึง ประโยชน์จากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อ ด้านระบบกล้ามเนื้อและกระดูก เช่นการศึกษาของ Critchley และคณะ⁴ รายงานการฝึกการแขม่วท้อง (ADIM) ในอาสาสมัครจำนวน 36 คน ที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวร่วมกับการออกกำลังกายทั่วไปเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และใช้การสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound imaging) ประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายร่วมกับ ADIM มีลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อ TrA ก่อนการหดตัวของกล้ามเนื้อ oblique internal abdominis และ TrA มีการทำงานที่เร็วกว่า และมีความหนาของชั้นกล้ามเนื้อ

มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้น การฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวสามารถช่วยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ TrA ได้ ซึ่งการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวมุ่งเน้นการมีการประสานสัมพันธ์ (co-ordination) ระหว่างกล้ามเนื้อท้องกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ^{5,6} เนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อท้องมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแรงดันในช่องท้อง และการยกตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม จึงมีผลเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ เพื่อให้กระดูกสันหลังมีความมั่นคงได้ดี โดยเฉพาะในการทำงานแบบที่ต้องการใช้ออกซิเจน (aerobic activity) เป็นเวลานานต่อเนื่อง จึงต้องให้ความสำคัญกับกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจด้วย เพื่อให้การออกกำลังกายมีประสิทธิภาพสูงสุด³ แต่ยังไม่มียานวิจัยที่ศึกษาผลการตอบสนองการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่อระบบหายใจ โดยสนใจศึกษากลยุทธ์ของการหายใจ (breathing strategy) ยกตัวอย่างเช่น อัตราการระบายอากาศในหนึ่งนาที (minute ventilation: VE) เป็นปริมาณของก๊าซที่มีในปอดในขณะที่หายใจเข้าหรือหายใจออกในเวลา 1 นาที ซึ่งเมื่อมีการออกกำลังกาย VE จะมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องการใช้ O_2 เพิ่มขึ้นในการเผาผลาญเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ จึงต้องเพิ่มอัตราการหายใจและปริมาตรอากาศที่เข้าและออกจากปอด ซึ่งส่งผลให้เพิ่ม VE เพื่อระบายปริมาณของ CO_2 และแลกเปลี่ยนให้ O_2 เพิ่มขึ้น ทำให้รักษาภาวะสมดุลของร่างกาย (homeostasis) ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของ VE จึงแสดงถึงความสามารถในการทำงานของระบบหายใจในการระบายอากาศมาแลกเปลี่ยนก๊าซที่ปอดได้เพิ่มขึ้น⁷ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่ออัตราการระบายอากาศ เพื่อให้เข้าใจการตอบสนองทางระบบสรีรวิทยาของระบบหายใจต่อการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้มากยิ่งขึ้น และมีประโยชน์ในการจัดรูปแบบการออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวสำหรับนักกีฬาหรือผู้ที่มีการปวดหลังส่วนล่าง ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการตอบสนองของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่ออัตราการระบายอากาศ ในผู้ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20-30 ปี

วัสดุและวิธีการ

อาสาสมัคร

การศึกษานี้ประกอบด้วยอาสาสมัครทั้งเพศชายและเพศหญิงอายุระหว่าง 20-30 ปี ไม่มีโรคประจำตัว ขนาดของกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้คำนวณจากตัวแปรที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมา⁸ ซึ่งศึกษาการใช้ออกซิเจนสูงสุดในกลุ่มอาสาสมัครที่เป็น

นักเรียนกีฬาจำนวน 30 คน คำนวณโดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1 สำหรับประมาณขนาดกลุ่มอาสาสมัคร โดยกำหนด Power เท่ากับ 0.95, alpha level เท่ากับ 0.05 พบว่าควรมีจำนวนทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 22 คนในแต่ละกลุ่ม (effect size = 1.009) และเพื่อเป็นการชดเชยภาวะ drop out ผู้วิจัยจึงเพิ่มอาสาสมัครอีก 10% (3 คน) รวมเป็น 25 คนในแต่ละกลุ่ม ดังนั้นจึงต้องมีอาสาสมัครรวมทั้งหมด 50 คน โดยอาสาสมัครได้รับการสุ่มแยกออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 25 คน โดยการจับฉลากในซองปิดผนึกเพื่อสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบจับคู่ (match pair randomization) โดยใช้ปัจจัยของอายุ เพศ และ ระดับความมั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน (lumbopelvic stability test: LPST) กลุ่มแรกได้รับการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกการใช้กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว กลุ่มที่สองได้รับการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว ส่วนเกณฑ์การคัดออกมีดังนี้ 1) ออกกำลังกายมากกว่า 3 ครั้ง/สัปดาห์ นานติดต่อกัน 3 เดือน 2) มีโรคประจำตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคทางระบบกระดูกและข้อและ โรคทางระบบหายใจที่ยังไม่ได้รับการรักษา หรือที่เป็นข้อห้ามของการออกกำลังกาย⁹ 3) ดัชนีมวลกาย (body mass index: BMI) มากกว่า 23 kg/m² โดยมีเกณฑ์การให้ยุติการเข้าร่วมการศึกษาดังนี้ 1) อาสาสมัครมีเวลาเข้าร่วมตามโปรแกรมการออกกำลังกายไม่ถึงร้อยละ 80 และ 2) อาสาสมัครสามารถถอนตัวจากการศึกษา ด้วยความสมัครใจได้ตลอดเวลา

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ของสถาบันตามเอกสารเลขที่ 028E/56 คณะเทคนิคการแพทยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เครื่องมือที่ใช้ศึกษา

- 1) เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (MedGraphic® รุ่น Ultima PFX®, UK) พร้อมอุปกรณ์สำหรับวัดการระบายอากาศได้แก่ หน้ากากครอบจมูก (spirometry ergo mask) และท่อเชื่อมก๊าซ pneumotach (MedGraphics® รุ่น preVent™, UK)
- 2) เครื่องป้อนกลับความดัน (pressure biofeedback unit: PBU) จำนวน 1 เครื่อง

ขั้นตอนการศึกษา

ตอนที่ 1 จัดทำรูปภาพ และวิธีทัศน์สำหรับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคประกอบเพลง โดยเริ่มจากการเคลื่อนไหวแขน ขา และการยืดกล้ามเนื้อ แขน ขา และลำตัว ตามด้วยการเคลื่อนไหวแขนขาในท่านอนหงาย ท่าละหน้า การออกกำลังกายบนลูกบอล และทำยืน และการหายใจและการยืดกล้ามเนื้อในช่วงท้าย โปรแกรมประกอบด้วยระยะอบอุ่นร่างกายใช้เวลา

ประมาณ 7 นาที ระยะออกกำลังกายใช้เวลาประมาณ 15 นาที และระยะผ่อนคลายเป็นเวลาประมาณ 8 นาที หลังจากนั้นนำ วิดีทัศน์การออกกำลังกายแบบแอโรบิค 30 นาทีต่อเนื่องกันให้ ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและนำไปทดลองใช้ก่อนในอาสาสมัคร 5 คน เพื่อนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง

ตอนที่ 2 ติดต่ออาสาสมัคร ทำการซักประวัติ กรอก แบบสอบถาม และกรอกใบยินยอมเข้าร่วมการทดสอบ 1 วัน ก่อนเก็บข้อมูลจริงอาสาสมัครได้รับการซักซ้อมถึงวิธีการวัด และขั้นตอนการวิจัย ทั้งนี้ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ และ ขั้นตอนการทดสอบให้อาสาสมัครทราบ และจับฉลากเพื่อสุ่ม เงื่อนไขของการศึกษา (กลุ่มการออกกำลังกายแบบแอโรบิค ร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว และกลุ่มควบคุม) จากนั้นประเมินตัวแปรพื้นฐานได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ระดับความ มั่นคงของกระดูกสันหลังและเชิงกราน เป็นต้น และให้ฝึกการ ออกกำลังกายก่อนการทดสอบจริงโดยดูจากวิดีโอ สำหรับ กลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลาง ลำตัว ได้รับการให้ความรู้และการสอนการทำงานของกล้ามเนื้อ แกนกลางโดยไม่มีการทำงานทดแทนจากกล้ามเนื้ออื่นนอก (isolation control) โดยการทำ ADIM ซึ่งมีเครื่อง PBU วาง ได้ลำตัวบริเวณหลังโดยขอบล่างของ PBU อยู่ที่ระดับ L₅-S₁ และปรับค่าแรงดันไว้ที่ 40 mmHg เพื่อประเมินป้อนกลับการ ควบคุม LPS โดยรักษาระดับแรงดันไม่เกิน 10 mmHg (40-10 mmHg) เพื่อให้สามารถออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับ กล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวได้อย่างถูกต้องตามหลักการ เมื่อ สามารถทำ ADIM ได้ถูกต้อง อาสาสมัครได้รับการสอนท่าทาง การออกกำลังกายตามโปรแกรมเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยและ ทำได้ถูกต้องก่อนทำการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยได้รับการฝึกฝนการ ทำการทดสอบ LPST จากผู้เชี่ยวชาญจนชำนาญแล้ว

ตอนที่ 3 ขั้นตอนการทดสอบ และออกกำลังกายตาม โปรแกรมโดยดูจากวิดีโอ

- 1) ก่อนการทดสอบให้อาสาสมัคร นิ่งพักเป็นเวลา 10 นาที ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25°C หลังจากนั้นใส่อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวัด อัตรา การระบายอากาศ โดยการใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (MedGraphic)
- 2) การทดสอบทั้ง 2 กลุ่มได้รับการวัด VE ในขณะที่ ออกกำลังกาย 30 นาที โดยกลุ่มออกกำลังกายแบบ แอโรบิคร่วมกับการฝึกการใช้กล้ามเนื้อแกนกลาง ลำตัว ออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกาย แบบแอโรบิค โดยร่วมกับการใช้กล้ามเนื้อ แกนกลางลำตัวโดยการแขม่วท้องส่วนล่าง (ADIM) ตลอดเวลาที่ออกกำลังกาย ก่อนเข้าโปรแกรม อาสาสมัครได้รับการสอนท่า ADIM อย่างถูกต้อง โดยมีการให้ข้อมูลป้อนกลับจากเครื่อง pressure biofeedback และขณะออกกำลังกายผู้วิจัยคอย ตรวจสอบและกระตุ้นการทำ ADIM โดยการ

กล่าวบริเวณกล้ามเนื้อ TrA เพื่อการหดตัวของ กล้ามเนื้อเป็นระยะ ส่วนกลุ่มควบคุม ได้รับเพียง โปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียง อย่างเดียว เป็นเวลา 30 นาที และบันทึกค่า VE ทุกๆ 2 นาที แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าสูงสุดและค่า เฉลี่ยขณะออกกำลังกาย

อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มมาออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ ได้รับ 3 วันต่อสัปดาห์ โดยมีผู้วิจัยเปิดวิดีโอการออกกำลังกาย แบบแอโรบิคให้ดูและออกกำลังกาย เป็นเวลา 8 สัปดาห์ หลังทำการศึกษาคครบ 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มได้รับการวัด VE ขณะออกกำลังกายเช่นเดียวกับข้อ 2) เพื่อเป็นข้อมูลหลังการ ฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ดังแสดงใน Figure 1

การวิเคราะห์ทางสถิติ

- 1) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ Independent-samples t-test ($p < 0.05$)
- 2) เปรียบเทียบค่า อัตราการระบายอากาศ (VE) ก่อน และหลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ภายในกลุ่ม และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ก่อนและหลังการฝึกออกกำลังกาย โดยใช้สถิติ Two-way mixed model repeated measures ANOVA ที่ $p < 0.05$ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม สถิติสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (SPSSv.17.0) และ เปรียบเทียบค่าความแตกต่างของตัวแปรโดยใช้ การเปรียบเทียบด้วย Bonferroni correction ที่ ระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05

ผลการศึกษา

คุณลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร

ในการศึกษานี้มีอาสาสมัคร 50 คน แต่มีอาสาสมัครที่ไม่ สามารถเข้าร่วมการศึกษาได้ครบ 8 สัปดาห์ กลุ่มละ 5 คน จึง ตัดออกจากการศึกษา ทำให้เหลืออาสาสมัครที่นำมาวิเคราะห์ ทางสถิติ เพศชาย 8 คน เพศหญิง 32 คน รวมทั้งสิ้น 40 คน อายุ 21.35 ± 1.98 ปี น้ำหนัก 53.83 ± 31 กิโลกรัม สูง 1.63 ± 0.06 เมตร และค่าดัชนีมวลกายเท่ากับ 20.24 ± 0.99 กิโลกรัม/เมตร² จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้ Independent-samples t-test ไม่พบความแตกต่างของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนี มวลกาย และ LPST ก่อนการฝึกออกกำลังกายระหว่างอาสา สมัครทั้งสองกลุ่ม ($p > 0.05$)

อัตราการระบายอากาศ (VE)

การตอบสนองของ VE ระหว่างกลุ่มออกกำลังกายแบบ แอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางและกลุ่มควบคุม เมื่อวิเคราะห์ ทางสถิติโดยใช้ Repeated-Measures ANOVA พบว่าหลังการ ฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์ ทั้งสองกลุ่มมีค่า VE เพิ่มขึ้น และ

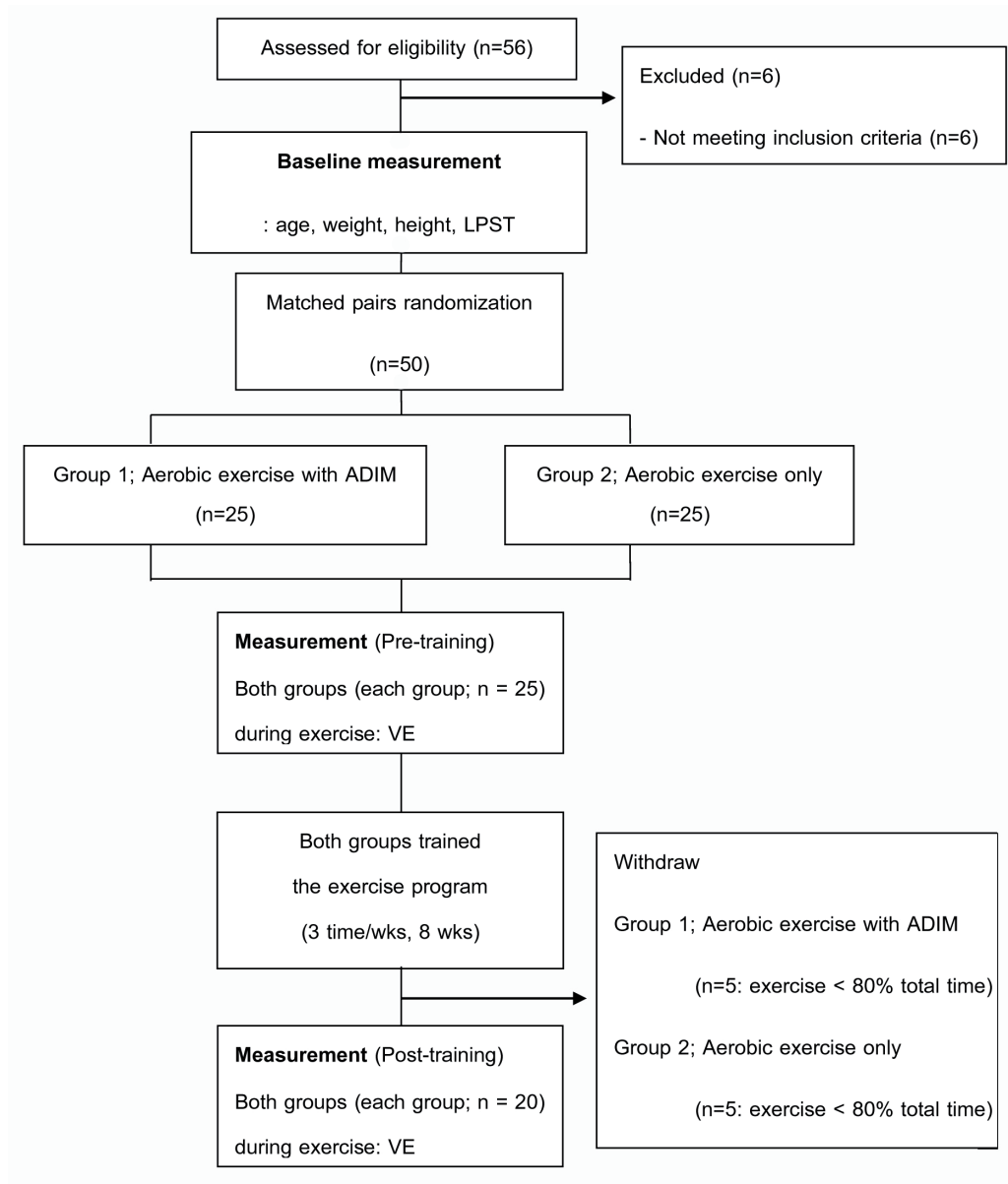


Figure 1. Study design flow chart.

กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งค่าสูงสุดของ VE ขณะออกกำลังกาย (Figure 2) และค่าเฉลี่ยของ VE ขณะออกกำลังกาย (Figure 3)

วิจารณ์ผลการศึกษา

การออกกำลังกายแบบแอโรบิคทำให้ร่างกายเพิ่มการใช้ออกซิเจน¹⁰ เพื่อให้เพียงพอสำหรับเมตาบอลิซึมที่เพิ่มขึ้น การจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป และขับถ่ายของเสียในเลือดเพื่อรักษาสมดุล กรด-ด่าง ของเลือดให้ปกติ¹¹ จึงทำให้ระบบหายใจต้องมีการตอบสนองเพิ่มมากขึ้น มีอัตราการระบายอากาศ (VE) เพิ่มขึ้น ในการศึกษาพบว่ากลุ่มออก

กำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีการระบายอากาศมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้รูปแบบการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการใช้กล้ามเนื้อลำตัวในการออกกำลังกายควบคู่กัน ส่งผลทำให้ร่างกายต้องมีการใช้กล้ามเนื้อและพลังงานที่เพิ่มมากขึ้นกว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิคเพียงอย่างเดียว มีผลทำให้มีอัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Goldstein และคณะ¹² ที่ศึกษาในการออกกำลังกายแบบแอโรบิคพบว่าการตอบสนองของอัตราการระบายอากาศเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายหลังจากการฝึกฝน 8 สัปดาห์ เทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากเมื่อมีการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือด จึงส่งผลทำให้เกิดการกระตุ้น

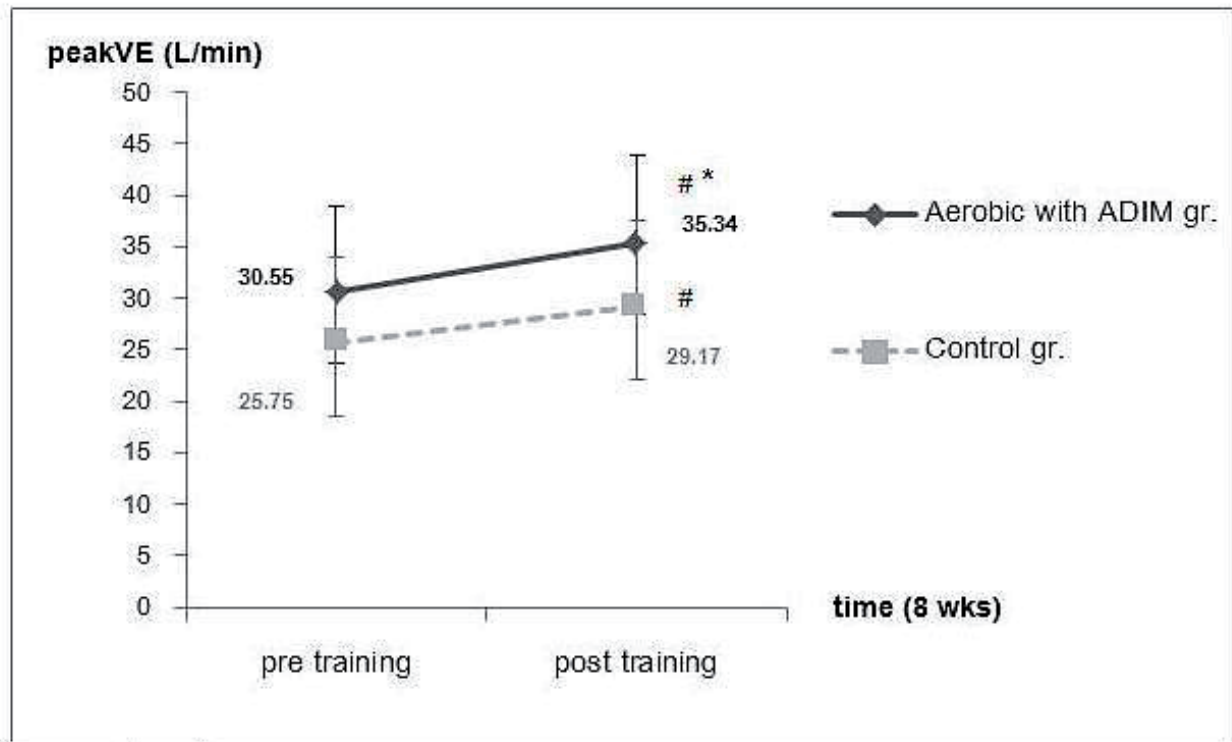


Figure 2. PeakVE of aerobic with ADIM and control groups compare between pre and post training 8 weeks. The symbol # represents statistically significant difference ($p=0.01$) between pre and post training. * represents statistically significant difference ($p=0.008$) between the two groups.

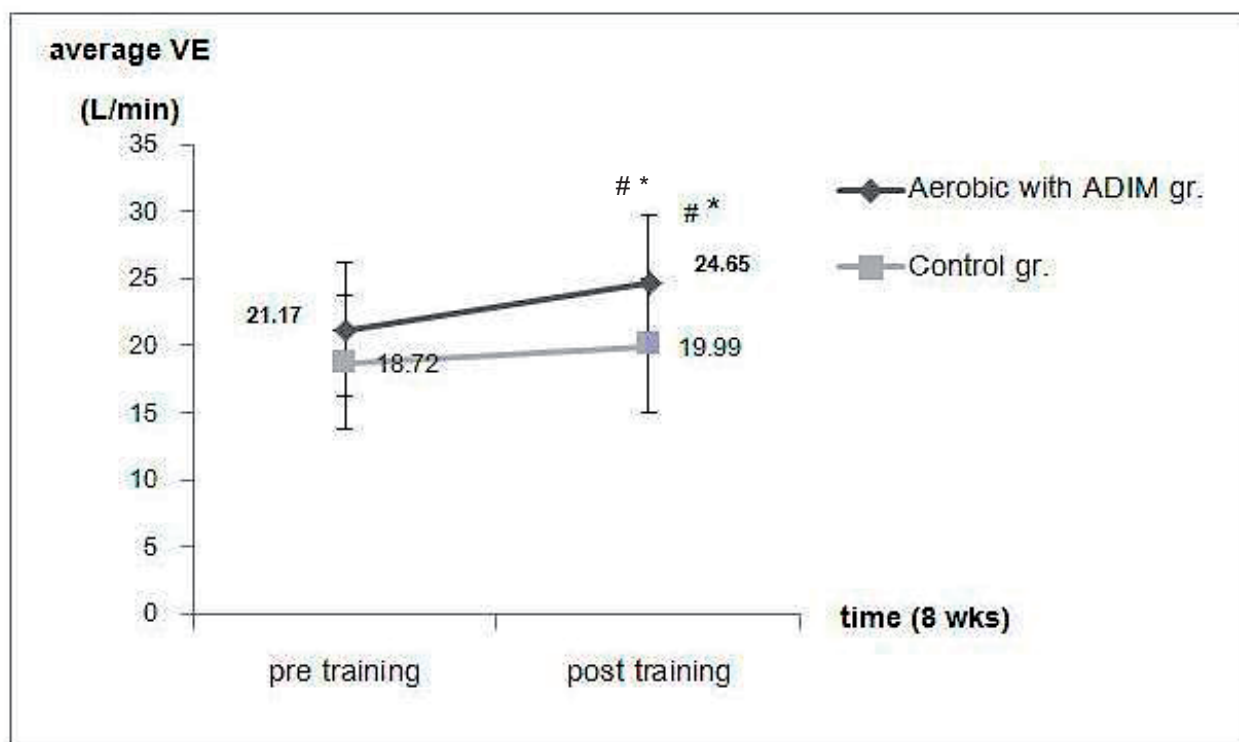


Figure 3. Average VE of aerobic with ADIM and control groups compare between pre and post training 8 weeks. # = statistically significant difference ($p=0.04$) between pre and post training. * = statistically significant difference ($p=0.005$) between the two groups.

ศูนย์ควบคุมการหายใจ เป็นเหตุให้มีการใช้ออกซิเจนมากขึ้น และมีการระบายคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปเพิ่มขึ้น พบว่า กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีการเพิ่มขึ้นของการระบายอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) หลังการฝึกออกกำลังกาย 8 สัปดาห์และเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างกลุ่มหลังจากการฝึก 8 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เพราะการทำ ADIM มีผลกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวตลอดเวลา และในการออกกำลังกายต้องมีการควบคุมการหายใจตลอดเวลา จึงเป็นตัวกระตุ้นศูนย์ควบคุมการหายใจให้เกิดการทำงานมากกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ramonatto และคณะ¹³ ที่ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มนักกีฬาว่ายน้ำและกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย พบว่า กลุ่มนักกีฬาว่ายน้ำแม้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการหายใจ แต่ในขณะที่ออกกำลังกายนักกีฬาสสามารถดึงออกซิเจนไปใช้ได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญและ Hiroshi และคณะ¹⁴ ที่ศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อ TrA, internal oblique (IO) และ external oblique (EO) เปรียบเทียบเมื่อทำ ADIM และ การหายใจออกอย่างแรง โดยการสร้างภาพด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound imaging) พบว่าการหายใจออกอย่างแรงควบคู่กับการทำ ADIM จะมีการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่าการหายใจออกอย่างแรงเพียงอย่างเดียว และท่าที่ใช้ในการออกกำลังกายครั้งนี้เน้นความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อทรวงอก และเน้นการออกกำลังกายในการเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อและกล้ามเนื้อทรวงอกและหัวไหล่ จึงทำให้กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจมีการยืดและข้อต่อของโครงอกมีการเคลื่อนไหว ดังนั้นเมื่อออกกำลังกาย กล้ามเนื้อหายใจเข้าต้องหดตัวเพื่อเพิ่มความจุปอด และทำให้โครงอกเคลื่อนไหวได้มากขึ้น¹⁵ และการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคยังเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ¹⁶ เนื่องจากในระหว่างการฝึกออกกำลังกาย ร่างกายต้องการใช้ออกซิเจนสำหรับการทำงานของเซลล์ในร่างกายและกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์จัดเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งกล้ามเนื้อหายใจถูกเลี้ยงโดยประสาทยนต์ที่มีเซลล์ประสาทอยู่ใน medulla oblongata ของก้านสมองส่วนล่าง โดยเซลล์ประสาทรวมกลุ่มกันเป็นศูนย์หายใจเข้าและหายใจออก¹⁷ ควบคุมการทำงานของศูนย์หายใจให้มีการหายใจอย่างเป็นจังหวะต่อเนื่องขณะออกกำลังกาย ส่งผลให้กล้ามเนื้อหายใจแข็งแรงขึ้น และมีผลทำให้เพิ่มอัตราการระบายอากาศ

ในการศึกษานี้ กลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว มีความสามารถในการระบายอากาศเพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปพัฒนาโปรแกรมการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว

ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบหายใจได้

ข้อจำกัดในการทำวิจัยครั้งนี้

รายงานนี้เป็นการศึกษาแรกที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวต่ออัตราการระบายอากาศ ผลการศึกษาที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูลที่สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบงานวิจัยที่เหมาะสมและพัฒนา รูปแบบการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวชนิดนี้ต่อไปในอนาคต และแม้ว่าผู้วิจัยจะเป็นผู้ควบคุมการออกกำลังกายแก่อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มด้วยตนเอง แต่อาสาสมัครบางคนก็ไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวให้หนึ่งได้ในช่วงแรกที่ทำการศึกษา เมื่อให้การกระตุ้นการฝึกการเคลื่อนไหว อาสาสมัครก็สามารถทำการเคลื่อนไหวได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การศึกษาในอนาคตอาจมีการออกแบบการศึกษาและวิธีการศึกษาให้มีการติดตามผลการศึกษาในระยะยาว รวมถึงมีการทดสอบค่าตัวแปรอื่นๆ ทางระบบหายใจเพิ่มเติม เช่น การระบายอากาศสูงสุดโดยตั้งใจ (maximal voluntary ventilation) หรือมีการเพิ่มระยะเวลาในการฝึกออกกำลังกาย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการศึกษาที่พบในการศึกษานี้เพื่อประเมินประสิทธิผลของการฝึกออกกำลังกายสำหรับการนำมาใช้ในทางคลินิกต่อไป

สรุปผลการศึกษา

ผลของการศึกษาในครั้งนี้สรุปว่ากลุ่มออกกำลังกายแบบแอโรบิคร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว ในระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามีการตอบสนองของอัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาประจำปีงบประมาณ 2556 พร้อมทั้งกรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ดำเนินโครงการวิจัย และขอขอบพระคุณอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัยในครั้งนี้

1. Tarnanen SP, Ylinen JJ, Siekkinen KM, Malkia EA, Kautiainen HJ, Hakkinen AH. Effect of Isometric Upper-extremity Exercise on the Activation of Core Stabilizing Muscle. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89: 513-21.
2. Hodges PW, Erikssond AEM, Debra S, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure increase stiffness of the lumbar spine. *J Biomech.* 2005; 38: 1873-80.
3. Hoogenboom BJ, Behnett JL. Core Stabilization Training in Rehabilitation. In: Voight ML, Hoogenboom BJ, Prentice WE, editors. *Musculoskeletal Interventions.* United States of America: The McGraw-Hill Companies; 2007. 333-8.
4. Critchley DJ, Pierson Z, Battersby G. Effect of pilates mat exercise and conventional exercise programmes on transversus abdominis and obliquus internus abdominis activity: Pilot randomized trial. *Manual Ther.* 2011; 16: 183-9.
5. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85: 86-92.
6. Rackwitz B, De BR, limm H, Von GK, Ewert T, Stucki G. Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clin Rehab.* 2006; 20: 553-67.
7. Thompson WR, Gondon NF, Pescatello LS. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Health Appraisal and Risk Assessment* Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2010.
8. Rezaimanesh D, Parisa A-F. The effect of a six weeks aerobic and anaerobic intermittent swimming on VO_2 max and some lung volumes and capacities in student athletes. *P Soc Behav Sci.* 2011; 15: 2054-7.
9. Beck B, Marcus R, Orwoll ES. Chapter 8 - Skeletal Effects of Exercise in Men. *Osteoporosis in Men.* San Diego: Academic Press; 1999. 129-55.
10. Berling J, Foster C, Gibson M, Doberstein S, Porcari J. The effect of handrail support on oxygen uptake during steady-state treadmill exercise. *J Cardiopulm Rehab.* 2006; 26: 391-4.
11. Caro J, Navarro I, Romero P, Lorente RI, Priego MA, Martnez HS, et al. Metabolic effects of regular physical exercise in healthy population. *Endoc Res.* 60: 167-72.
12. Goldstein SA, Weissman C, Askanazi J, Rothkopf M, Milic-Emili J, Kinney JM. Metabolic and ventilatory responses during very low level exercise. *Clin Sci (Lond).* 1987 Oct; 73(4): 417-24.
13. Ramonatxo M, Mercier J, Prefaut C. Relationship between aerobic physical fitness and ventilatory control during exercise in young swimmers. *Respir Physiol.* 1989 Dec; 78: 345-56.
14. Ishida H, Hirose R, Watanabe S. Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breathe held at the maximum expiratory level. *Manual Ther.* 17: 427-31.
15. Majid K, Truumees E. Epidemiology and natural history of low back pain. *Semin Spine Surg.* 2008; 12: 87-92.
16. Gonzales JU, Williams JS. Effects of acute exercise on inspiratory muscle strength and endurance in untrained women and men. *J Sports Med Phys Fitness.* 50: 268-73.
17. Reed J, Buck S. The effect of regular aerobic exercise on positive-activated affect: A meta-analysis. *Psychol Sport Exerc.* 2009; 10: 581-94.

การตรวจวัดระดับฟลูออไรด์ในซีรัมของเด็กนักเรียน ตำบลยางเปา อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

Serum fluoride level of children in Omkoi District, Chiang Mai Province

ฟ้าใส คันทวงศ์^{1*} เพ็ญพิชชา วานจันทร์² สุพจน์ ชำนาญไพร³ ฉัตรภัทร คงบัน³
Fahsai Kantawong^{1*} Phenphichar Wanachantararak² Supoj Chamnanprai³ Chatpat Kongpun³

¹ แผนกวิชาเคมีคลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹ Department of Medical Technology, Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

² ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

² The Dental Research Center, Faculty of Dentistry, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

³ กลุ่มพัฒนาความร่วมมือทันตสาธารณสุขระหว่างประเทศ จังหวัดเชียงใหม่

³ Intercountry Centre for Oral Health, Chiang Mai 50200, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบบทความ (E-mail: fahsai.k@cmu.ac.th)

* Corresponding author (E-mail: fahsai.k@cmu.ac.th)

Received July 12, 2557

Accepted as revised Aug 8, 2557

Abstract

Background: Serum fluoride level can be used as an indicator of fluoride intake into the body. Moreover serum fluoride level can be used as a biomarker for assessment, controlling and prevention of fluorosis in each area. It was found that the areas that water was contaminated with fluoride showed the incidences of fluorosis in children. However there was no report about the reference value of serum fluoride in children of Chiang Mai province.

Objective: To investigate serum fluoride level of children aged 8-14 years living in the Omkoi district, Chiang Mai province.

Methods: Fasting blood samples were collected from 264 children who had fasted for 8 hours and the serum fluoride levels were measured using fluoride selective electrode (Orion). The reference interval was calculated using three methods of statistical analysis.

Results: The results showed that the reference interval calculated by mean $\pm$ 2SD was 0.000–0.084 mg/L. When the data was calculated by means of non-parametric method the reference interval was 0.015-0.117 mg/L. Finally, the use of converting data with logarithms indicated that the reference interval of serum fluoride was 0.011-0.112 mg/L.

Conclusion: It was documented that Omkoi district is not in the area of fluoride lode so the values obtained were within the normal range. Thus the result from this study should be used as a normal control or the reference interval for the assessment of fluorosis in children living in Omkoi district, Chiang Mai province.

Keywords: Serum fluoride, fluorosis, reference value

บทคัดย่อ

บทนำ: ระดับฟลูออไรด์ในซีรัมสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณการรับฟลูออไรด์เข้าสู่ร่างกาย และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ เพื่อประเมินการควบคุมและป้องกันภาวะฟลูออโรซิสในแต่ละพื้นที่ มีรายงานถึงความสัมพันธ์ของ ระดับฟลูออไรด์ในซีรัมและภาวะโลหิตจาง โดยพบว่าในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของฟลูออไรด์ในน้ำจะส่งผลให้เกิดภาวะโลหิตจาง อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการรายงานถึงค่าอ้างอิงของระดับฟลูออไรด์ในซีรัมของเด็กที่อาศัยในเขตจังหวัดเชียงใหม่

วัตถุประสงค์: เพื่อทำการหาช่วงค่าอ้างอิงของระดับฟลูออไรด์ในซีรัม เพื่อใช้ในการประเมินภาวะฟลูออโรซิสในเด็กที่อาศัยในเขตอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่

วิธีการ: การศึกษานี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กอายุ 8-14 ปี ในเขตตำบลยางเปา อำเภออมก๋อยซึ่งไม่ได้อยู่ในเขตของสายแร่ฟลูออไรด์ จำนวน 264 ราย เด็กที่เข้าร่วมโครงการได้มีการอดอาหารมาแล้ว 8 ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการเจาะเลือดเพื่อตรวจวัดหาระดับฟลูออไรด์ในซีรัม โดยวิธี fluoride selective electrode (Orion)

ผลการศึกษา: ผลการศึกษาพบว่า ค่าอ้างอิงที่คำนวณโดยวิธี $\text{mean} \pm \text{SD}$ เท่ากับ 0.000–0.084 mg/L ส่วนการคำนวณโดยสถิตินอนพาราเมตริก ได้ค่าอ้างอิงเท่ากับ 0.015–0.117 mg/L และเมื่อคำนวณโดยวิธีแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึม ได้ค่าอ้างอิงของซีรัมฟลูออไรด์เท่ากับ 0.011–0.112 mg/L

สรุป: การศึกษานี้ สรุปได้ว่า เนื่องจากพื้นที่ที่ออกทำการศึกษารั้งนี้ ไม่ได้อยู่ในเขตของสายแร่ฟลูออไรด์ ค่าที่ได้จึงอยู่ในช่วงปกติ ดังนั้นผลการตรวจวัดที่ได้จะใช้เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งถือเป็นค่าอ้างอิงเพื่อใช้ในการประเมินภาวะฟลูออโรซิสของเด็กในเขตอำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ต่อไป

คำรหัส: ฟลูออไรด์ในซีรัม ภาวะฟลูออโรซิส ค่าอ้างอิง

บทนำ

ฟลูออไรด์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ¹ ได้แก่ ดิน น้ำ รวมถึงพืชและสัตว์ที่เป็นอาหารของคน ในบางพื้นที่ของประเทศไทยพบว่ามีฟลูออไรด์อยู่ในชั้นหินและดินเป็นปริมาณมาก² ซึ่งจะส่งผลให้มีการปะปนลงมาในแหล่งน้ำ³ นอกจากนี้ยังอาจมาจากการปลดปล่อยของเสียออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ⁴ ทำให้คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ได้รับฟลูออไรด์เข้าไปในปริมาณสูง ข้อมูลจากการสำรวจปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่าค่าสูงสุดของปริมาณฟลูออไรด์คือ 17.0 ppm ซึ่งพบในแหล่งน้ำทางภาคเหนือและภาคกลาง นอกจากนี้ยังพบภาวะฟันตกกระมากที่สุด ในภาคเหนือร้อยละ 23.3 และยังพบภาวะฟลูออโรซิส (fluorosis) มากในท้องที่นี้ด้วย⁵ อาการของภาวะฟลูออโรซิส ได้แก่ น้ำหนักลด ข้อยึด กระดูกเปราะ⁶ อ่อนเพลีย และโลหิตจาง⁴

มีการทดลองที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่มกับภาวะโลหิตจางในหนูทดลอง ฟลูออไรด์ในน้ำดื่มส่งผลให้หนูเกิด hypochromic microcytic anemia ซึ่งเป็นผลมาจากการสะสมของฟลูออไรด์ในกระแส

เลือดของหนู⁷ มีการศึกษาที่บ่งชี้ถึงความสำคัญว่าฟลูออไรด์อาจเร่งเซลล์แมโครฟาจ (macrophage) ที่อยู่ในม้ามให้กำจัดเม็ดเลือดแดงมากขึ้นส่งผลให้เกิดภาวะโลหิตจางตามมา⁸ นอกจากนี้ยังพบว่าฟลูออไรด์สามารถเหนี่ยวนำให้เม็ดเลือดแดงตัวอ่อนของหนูตายได้ในหลอดทดลอง⁹

ปริมาณฟลูออไรด์ในซีรัมสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีการรับฟลูออไรด์เข้ามาในร่างกายมากน้อยเพียงใด และสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) เพื่อประเมินการควบคุมและป้องกันภาวะฟลูออโรซิส รวมถึงมาตรการเฝ้าระวังฟันตกกระและมาตรการเฝ้าระวังฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำบริโภคในแต่ละท้องที่ ค่าฟลูออไรด์ในซีรัม ซึ่งศึกษาในเด็กหมู่บ้าน Wamiao จังหวัด Jiangsu ประเทศจีน คือ 0.081 ± 0.019 mg/L หมู่บ้านนี้มีระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่มค่อนข้างสูง โดยวัดระดับฟลูออไรด์ในน้ำได้เท่ากับ 2.47 ± 0.79 mg/L ในขณะที่เด็กในหมู่บ้าน Xinhui มีค่าฟลูออไรด์ในซีรัมเท่ากับ 0.041 ± 0.009 mg/L และมีระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่มเท่ากับ 0.36 ± 0.11 mg/L หมู่บ้าน Xinhui จัดเป็นหมู่บ้านที่มีระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่มต่ำกว่าหมู่บ้าน Wamiao และยังพบว่าค่าเฉลี่ยระดับ

intelligence quotient (IQ) ของเด็กในหมู่บ้าน Wamiao (92.02 ± 13.00) ต่ำกว่าเด็กในหมู่บ้าน Xinhuai (100.41 ± 13.21) อย่างมีนัยสำคัญ¹⁰ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าฟลูออไรด์ในซีรัมของผู้ใหญ่ในหมู่บ้านมีความสัมพันธ์กับภาวะฟลูออโรซิสของกระดูกด้วย⁹ ผลการศึกษาเหล่านี้ ชี้ให้เห็นว่าระดับฟลูออไรด์ในซีรัมนอกจากส่งผลต่อพัฒนาการทางร่างกายแล้วยังมีผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาด้วย การศึกษาค่าฟลูออไรด์ในพลาสมาเริ่มในปี ค.ศ. 1960 พบค่าพลาสมาฟลูออไรด์สูงขึ้นในผู้ป่วยโรคกระดูก 3 ราย¹¹ ต่อมาในปี ค.ศ. 1965 ได้มีการศึกษาค่าพลาสมาฟลูออไรด์โดยใช้วิธี diffusion method¹² ต่อมาในปี ค.ศ. 1966 ได้เริ่มมีการรายงานถึงค่าฟลูออไรด์ในซีรัม¹³ และในปี ค.ศ. 1999 มีการหาค่า total กับ diffusible serum fluoride¹⁴

รายงานจากองค์การอนามัยโลกกล่าวถึงค่าอ้างอิง (reference interval) ของฟลูออไรด์ในพลาสมาคือ 0.4–2.4 mmol/L หรือ 0.018–0.101 mg/L ช่วงค่าปกติที่กว้างมากนี้อาจมีสาเหตุจากการใช้ fasting serum ในขณะที่นักวิจัยอีกส่วนใช้ nonfasting serum (WHO 2002)¹⁵ มีรายงานถึงความสัมพันธ์ของปริมาณฟลูออไรด์ในซีรัมและภาวะโลหิตจาง โดยพบว่าในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของฟลูออไรด์ปริมาณมากในน้ำจะส่งผลให้เกิดภาวะโลหิตจาง¹⁶ มาตรฐานปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำดื่มที่ปลอดภัยของประเทศไทยหรือประเทศในเขตร้อน คือไม่เกิน 0.70 mg/L¹ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการรายงานถึงค่าอ้างอิงที่แน่นอนของซีรัมฟลูออไรด์ และจากบทความของ Rigalli และคณะ กล่าวไว้ว่า ค่าอ้างอิงของซีรัมฟลูออไรด์ ควรได้มาจากการศึกษาในแต่ละพื้นที่ ขึ้นกับค่าฟลูออไรด์ในน้ำดื่มของพื้นที่นั้น และการทำงานของไตด้วย จากนั้นให้ถือว่า ค่าที่สูงกว่า 75th percentile เป็นค่า cut-off ที่แท้จริงของกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา¹⁴ ดังนั้นก่อนการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟลูออไรด์ในซีรัม และอัตราการเกิดภาวะโลหิตจางของเด็กที่อาศัยอยู่ในจังหวัดเชียงใหม่ ควรหาช่วงอ้างอิงของค่าฟลูออไรด์ในซีรัมเสียก่อน พื้นที่ที่เก็บตัวอย่างเพื่อหาค่าปกติไม่ควรอยู่ในเขตของสายแร่ฟลูออไรด์ จากข้อมูลของกลุ่มพัฒนาความร่วมมือทันตสาธารณสุขระหว่างประเทศ ซึ่งเข้าทำการสำรวจพื้นที่ในอำเภออมก๋อยในปี พ.ศ. 2550 พบว่าน้ำประปาภูเขาที่ใช้มีค่าฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 0.10–0.27 mg/L¹⁷ ผู้วิจัยได้เลือกตำบลยางเปา เขตอำเภออมก๋อย เป็นพื้นที่เป้าหมาย วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัยคือ เพื่อตรวจหาระดับฟลูออไรด์ในซีรัมของเด็กในตำบลยางเปา เขตอำเภออมก๋อย และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้เพื่อหาค่าอ้างอิงของปริมาณฟลูออไรด์ในซีรัมของเด็กในเขตนี้ และหลังจากการศึกษาค่าอ้างอิงเพิ่มเติมในพื้นที่อื่นๆ ก็จะได้วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันเพื่อเป็นค่าอ้างอิงของจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสามารถใช้ประกอบการแก้ปัญหาภาวะโลหิตจางอันเนื่องมาจากฟลูออไรด์ในเด็กและเฝ้าระวังภาวะฟันตกกระรวมทั้งการควบคุมฟลูออไรด์ในแหล่งน้ำบริโภค ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ

หากทราบว่าระดับฟลูออไรด์ในเลือดมีค่าสูงกว่าปกติ จะช่วยให้สามารถแก้ไขและป้องกันภาวะฟลูออโรซิสของเด็กในท้องถิ่นที่ปรับปรุงคุณภาพของน้ำดื่มในโรงเรียนต่อไป

วิธีศึกษาทดลอง

กลุ่มตัวอย่างและพื้นที่ที่ต้องการศึกษา

ศึกษาในกลุ่มประชากรเด็กที่มีอายุตั้งแต่ 8-14 ปี (อายุเฉลี่ย 11 ปี) จำนวน 264 ราย เป็นเพศชาย 95 ราย และเพศหญิง 169 ราย จากโรงเรียนในเขตตำบลยางเปา อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ วันที่เก็บตัวอย่าง คือ วันที่ 18 สิงหาคม 2556 การศึกษานี้ได้ผ่านการรับรองทางจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รหัสโครงการ 053E/57

การเก็บสิ่งส่งตรวจ

สิ่งส่งตรวจที่ใช้ในการศึกษาคือ fasting serum ที่ไม่มีลักษณะ hemolysis, lipemia และ icteric โดยเจาะเลือดจากหลอดเลือดดำของเด็กที่อดอาหารมาแล้ว 8 ชั่วโมง ด้วย plastic disposable syringe ใส่หลอดพลาสติก (3.5 mL) ที่ปราศจากสารกันเลือดแข็ง ปั่นแยกซีรัมด้วยความเร็วรอบ 2,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที แยกซีรัมใส่ microcentrifuge tube เก็บแช่แข็งไว้ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะทำการตรวจวัด¹⁴

วิธีการตรวจวัด

การวัดระดับฟลูออไรด์ในซีรัมจะทำได้โดยใช้หลักการ fluoride ion selective electrode (Thermo Scientific Orion fluoride ion selective electrode) นำสารมาตรฐานและซีรัมตัวอย่างมาเจือจางด้วย total ionic strength adjustment buffer (TISAB) อัตราส่วน 1:1 จากนั้นค่าฟลูออไรด์โดยจุ่ม fluoride ion selective electrode เครื่องวิเคราะห์จะคำนวณค่าฟลูออไรด์โดยเทียบกับสารมาตรฐานฟลูออไรด์ที่ทราบความเข้มข้นอยู่แล้ว โดยค่าฟลูออไรด์สองครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย (mean) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาใช้คำนวณหาค่าอ้างอิง

การคำนวณทางสถิติ

ค่าซีรัมฟลูออไรด์จากตัวอย่างทั้งหมด 264 รายถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย ได้เท่ากับ 0.043 mg/L และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation; SD) เท่ากับ 0.037 mg/L เมื่อดูการแจกแจงข้อมูลทางสถิติ พบว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบเบ้ขวา (skewed distribution) และมีรายละเอียดของข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมมาวิเคราะห์หาค่าอ้างอิง โดยมีการทดสอบทั้งแบบมาตรฐาน (mean $\pm$ 2SD) แบบสถิตินอนพาราเมตริก (non-parametric

Table 1. Characteristic of data Details of the serum fluoride obtained from sample size of 264.

Sample size (persons)	Male (persons)	Female (persons)	Mean (mg/L)	SD (mg/L)	Skewness
264	95	169	0.0429	0.0366	3.231
Range between Max & Min	Max (mg/L)	Min (mg/L)	Median (mg/L)	25 th percentile	75 th percentile
0.274	0.285	0.0110	0.0310	0.0230	0.0498

percentile estimation method) และ สถิติแบบการแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึม (logarithm transformation)

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ค่าอ้างอิงแบบมาตรฐาน (mean±2SD)

เมื่อใช้ค่าอ้างอิงของซีรัมฟลูออไรด์ในเด็กตามสมการ mean±2SD ได้ค่าดังนี้

Reference interval = mean±2SD

$$= 0.043 - 2 (0.0366) = -0.030 \text{ mg/L}$$

$$\text{และ } 0.043 + 2 (0.0366) = 0.116 \text{ mg/L}$$

จะเห็นได้ว่าค่า mean-2SD นั้นติดลบ จึงปัดค่าเป็น 0.000 mg/L

ดังนั้นค่า mean±2SD ที่คำนวณโดยวิธีนี้มีค่าเท่ากับ 0.000–0.116 mg/L

อย่างไรก็ตาม การหาค่าอ้างอิงจากค่า mean±2SD ขึ้นแรกต้องตัดค่าที่เกิน ±3SD ออก แล้วคำนวณ mean และ SD ใหม่ เพื่อกำหนดค่า mean±2SD เป็นค่าอ้างอิง ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ข้อมูลชุดนี้มีค่า SD เท่ากับ 0.0366 ช่วง ±3SD จึงคำนวณได้ดังนี้

$$= \text{mean} \pm 3SD$$

$$= 0.043 - 3 (0.0366) = -0.066 \text{ mg/L}$$

$$\text{และ } 0.043 + 3 (0.0366) = 0.153 \text{ mg/L}$$

$$\text{ช่วง mean} \pm 3SD = 0.000 - 0.153 \text{ mg/L}$$

ดังนั้นค่าใดที่เกินช่วง 0.000-0.153 mg/L จึงถูกตัดออก ซึ่งมี 9 ราย จากนั้นคำนวณหา mean±2SD ใหม่ ได้เป็น 0.000–0.084 mg/L เมื่อวิเคราะห์โดยการแยกเพศ พบว่าค่าที่คำนวณได้ในเด็กผู้ชาย จำนวน 90 ราย อยู่ในช่วง 0.00–0.084 mg/L และค่าที่คำนวณได้ในเด็กผู้หญิง จำนวน 165 ราย อยู่ในช่วง 0.000–0.084 mg/L ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับค่าที่คำนวณได้จากเด็กทั้งหมด 255 ราย

ผลการวิเคราะห์ค่าอ้างอิงแบบสถิตินอนพาราเมตริก

โดยใช้ค่าจำนวนที่ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ (percentile) ที่ 2.5 และ 97.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% confidence interval (CI) โดยที่ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 2.5 คือ ค่าขอบเขตช่วงล่าง (lower limit) และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 คือ ค่าขอบเขตช่วงบน (upper limit)¹⁸

คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 2.5 และ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 จากข้อมูล ดังนี้

- 1) เรียงลำดับค่าซีรัมฟลูออไรด์จากตัวอย่างทั้งหมด 264 รายจากน้อยไปหามาก (จากค่า 0.011 จนถึง 0.285 mg/L)
- 2) หาค่าตำแหน่งของค่า percentile จากสูตร

$$P_r = r \frac{(N + 1)}{100}$$

โดยที่

P_r คือ ตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ต้องการหา

r คือ ตำแหน่งที่ต้องการหา

N คือ จำนวนของข้อมูล

ดังนั้นตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 2.5 คือ

$$P_{2.5} = \frac{2.5 \times (260 + 1)}{100} = 6.525$$

และตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 คือ

$$P_{97.5} = \frac{97.5 \times (260 + 1)}{100} = 254.475$$

- 3) นับตำแหน่งจากค่าที่คำนวณได้จาก ข้อ 2) ที่ $P_{2.5} = 6.525$ จะพิจารณาจากค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 6 และ 7 โดยค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 6 คือ 0.014 และ ค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 7 คือ 0.015 ดังนั้นจากการเทียบบัญญัติไตรยางค์ ค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 6.525 คือ $0.014 + 0.000525$ มีค่าเท่ากับ 0.014525 หรือ 0.0145 mg/L โดยประมาณ ที่ $P_{97.5} = 254.475$ จะพิจารณาจากค่าซีรัมฟลูออไรด์

ณ ตำแหน่งที่ 254 และ 255 โดยค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 254 คือ 0.115 และ ค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 255 คือ 0.120 ดังนั้นจากการเทียบปัญญูติไตรยางค์ ค่าซีรัมฟลูออไรด์ ณ ตำแหน่งที่ 254.475 คือ $0.115 + 0.002375$ มีค่าเท่ากับ 0.117375 หรือ 0.1174 mg/L โดยประมาณ

ดังนั้นค่าอ้างอิง ที่คำนวณโดยวิธีนี้มีค่าซีรัมฟลูออไรด์ เท่ากับ 0.015–0.117 mg/L

ผลการวิเคราะห์ค่าอ้างอิงแบบสถิติล็อกการิทึม

ข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบเบ้ขวา การแปลงข้อมูลโดยใช้ล็อกการิทึม เพื่อทำข้อมูลให้มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ ก่อนการหาค่าอ้างอิง โดยการหาค่าดังกล่าวนี้อยู่ภายใต้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%CI^{19, 20} โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) แปลงข้อมูลค่าซีรัมฟลูออไรด์จากตัวอย่าง 264 ราย ด้วย natural logarithm ($\log_e$)
- 2) คำนวณค่า อ้างอิง จากข้อมูลที่ถูกแปลงค่าเป็น log scale ใน ข้อ 1) แล้วใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

ค่าขอบเขตส่วนล่าง

$$\text{Log}_e(\text{lower limit}) = \mu_{\log} - t_{0.975, n-1} \sqrt{\frac{n+1}{n}} \sigma_{\log}$$

ค่าขอบเขตส่วนบน

$$\text{Log}_e(\text{upper limit}) = \mu_{\log} + t_{0.975, n-1} \sqrt{\frac{n+1}{n}} \sigma_{\log}$$

โดยที่

Log_e คือ ค่า อ้างอิง ที่ได้มาจากข้อมูลภายใต้การแปลงแบบล็อกการิทึม

$\mu_{\log}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายใต้การแปลงแบบล็อกการิทึม

$t_{0.975, n-1}$ คือค่าสถิติ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.975 และ degree of freedom เท่ากับ $n-1$

n คือ จำนวนของข้อมูล

$\sigma_{\log}$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลภายใต้การแปลงแบบล็อกการิทึม

ดังนั้น

$$\text{Log}_e = -3.585 \pm (1.96 \times \sqrt{\frac{265}{264}} \times 0.594)$$

$\text{Log}_e(\text{lower limit})$ มีค่าเท่ากับ -4.5249

$\text{Log}_e(\text{upper limit})$ มีค่าเท่ากับ -2.19209

- 3) แปลงกลับค่า Log_e ให้อยู่ในรูปของ non-logarithm โดยใช้ exponential function จะได้ค่าอ้างอิง

ที่แท้จริงของข้อมูลดังนี้

ค่าขอบเขตช่วงล่างของ อ้างอิง คือ $e^{\text{Log}_e(\text{lower limit})} = e^{-4.52491}$ มีค่าเท่ากับ 0.011

และค่าขอบเขตช่วงบนของ อ้างอิง คือ $e^{\text{Log}_e(\text{upper limit})} = e^{-2.19209}$ มีค่าเท่ากับ 0.112

ดังนั้นค่า อ้างอิง ที่คำนวณโดยวิธีนี้มีค่าซีรัมฟลูออไรด์ เท่ากับ 0.011–0.112 mg/L

อภิปรายและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการวิเคราะห์หาค่าอ้างอิงในขั้นต้นโดยใช้สูตร $\text{mean} \pm 2\text{SD}$ พบว่าได้ค่าอ้างอิง 0.000–0.084 mg/L ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%^{21, 22} แม้เป็นการทดลองในเด็กที่อดอาหารมาแล้ว 8 ชั่วโมง แต่ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้คือ 0.018–0.101 mg/L¹⁵ ซึ่งอาจขึ้นกับการทำงานของไตในแต่ละบุคคลด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อพิจารณาระดับฟลูออไรด์ในซีรัมแยกระหว่างเด็กชาย-หญิง กลับไม่พบความแตกต่างระหว่างเพศ อาจเป็นไปได้ว่า กลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีขนาดเล็ก การศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่างให้ได้มากกว่านี้ ยังคงต้องดำเนินต่อไป อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบการแจกแจงทางสถิติ พบว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบเบ้ขวาที่มีขนาดเบ้มากกว่า 1.5 ขึ้นไป (skewness = 3.231) ดังนั้นการหาค่าอ้างอิงโดยใช้สูตร $\text{mean} \pm 2\text{SD}$ จึงอาจไม่ถูกต้องและเหมาะสม เพราะการหาค่าอ้างอิงโดยวิธี $\text{mean} \pm 2\text{SD}$ เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงปกติ ดังนั้นการทดสอบด้วย สถิตินอนพาราเมตริก^{23, 24} จึงเหมาะสมกว่าในการนำมาใช้ทดสอบกับข้อมูลชุดนี้ เนื่องจากเป็นสถิติที่ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับรูปแบบการแจกแจงของข้อมูล โดยสามารถการแจกแจงเป็นแบบใดก็ได้ (free distribution) และตัวแปรที่ต้องการวัดจะอยู่ในมาตราวัดระดับใดก็ได้ เช่น nominal scale, ordinal scale, interval scale หรือ ratio scale

การวิเคราะห์ทางสถิติอีกวิธีหนึ่งก็คือ วิธีแปลงข้อมูลด้วยล็อกการิทึม อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ค่าขอบเขตช่วงล่างของค่าอ้างอิงที่ได้จากวิธีแปลงข้อมูลด้วยล็อกการิทึม มีค่าเท่ากับค่าต่ำสุดของข้อมูล การหาค่าอ้างอิงด้วยวิธีนี้จึงอาจเกิดข้อปัญหา out-of-bounds คือ ค่าขอบเขตช่วงล่างของค่าอ้างอิงที่ได้ อาจมีค่าน้อยกว่าค่าต่ำสุดของข้อมูล หรือค่าขอบเขตช่วงบนมีค่ามากกว่าค่าสูงสุดของข้อมูล ดังนั้นการหาค่าอ้างอิงด้วยสถิติแบบ นอนพาราเมตริก จึงเป็นวิธีที่เป็นที่ยอมรับและใช้อย่างแพร่หลายมากกว่าสำหรับการหาค่าอ้างอิง ที่ข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ²⁵

สรุปผลการศึกษา

ผู้วิจัยทำการตรวจวิเคราะห์ระดับฟลูออไรด์ในซีรัมของเด็กในตำบลยางเปา เขตอำเภออมก๋อย เพื่อใช้ในการคำนวณ

หาค่าอ้างอิงของระดับฟลูออไรด์ในซีรัม ค่าอ้างอิงที่ได้สามารถนำไปใช้ประเมินหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับฟลูออไรด์ในซีรัมและภาวะฟลูออโรซิซิสในเด็กที่อาศัยในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากพื้นที่การศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้อยู่ในเขตของสายแร่ฟลูออไรด์ ค่าที่ได้จึงจัดอยู่ในช่วงปกติ ผลการตรวจวัดที่ได้จึงใช้เป็นกลุ่มควบคุมซึ่งถือเป็นค่าปกติ สรุปว่า การตรวจวัดหาค่าระดับฟลูออไรด์ในซีรัม ในเด็กเขตอำเภอแม่ออนจำนวน 264 ราย โดยวิธี fluoride selective electrode (Orion) พบว่าค่าอ้างอิง ที่คำนวณโดยวิธี $\text{mean} \pm 2\text{SD}$ คือ 0.000–0.084 mg/L ส่วนการคำนวณโดยสถิตินอนพาราเมตริก มีค่าอ้างอิงเท่ากับ 0.015–0.117 mg/L และเมื่อคำนวณโดยวิธีแปลงข้อมูลด้วยล็อกการิทึมได้ค่าอ้างอิงของซีรัมฟลูออไรด์เท่ากับ 0.011–0.112 mg/L อย่างไรก็ตาม การหาค่าอ้างอิงนั้นควรศึกษาจากหลายพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งคณะผู้วิจัย ยังคงดำเนินการสำรวจและเก็บข้อมูลอยู่อย่างต่อเนื่อง และจะได้มีการจัดทำรายงานในลำดับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณครูและนักเรียนโรงเรียนบ้านยางเปา ตำบลยางเปา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความร่วมมือในโครงการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือเก็บตัวอย่างเลือดและข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนที่เข้าร่วมโครงการ ขอขอบคุณนางวิชาเคมีคลินิก ภาควิชาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ศูนย์วิจัยทางทันตแพทยศาสตร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้อาณัติและสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ น้ำยาและสารเคมีเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานอีกหลายท่าน ดังนี้ กลุ่มพัฒนาความร่วมมือทันตสาธารณสุขระหว่างประเทศ นายอำเภอแม่ออน และ ผู้อำนวยการโรงเรียนและคณะครู โรงเรียนยางเปา ตำบลยางเปา อำเภอแม่ออนทุกท่าน และ รศ. ดร. ขวัญชัย รัตนเสถียร ผู้ช่วยเหลือติดต่อประสานงานให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Pothidee T. Fluoride Concentration in Drinking water in Phitsanulok. *Buddhachinaraj Med J.* 2009; 26(2): 142-51 (in Thai).
2. WHO (World Health Organization). Chapter 6.5 Fluorides. *Air Quality Guidelines - Second Edition.* WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2000. Available from: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/123075/AQG2ndEd_6_5Fluorides.PDF. Accessed date 7th Aug 2014.
3. Chuckpaiwong S, Nakornchai S, Surarit R, Soo-ampon S, Kasetsuwan R. Fluoride in water consumed by children in remote areas of Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health.* 2000; 31(2): 319-24.
4. Susheela AK, Mondal NK, Singh A. Exposure to fluoride in smelter workers in a primary aluminum industry in India. *Int J Occup Environ Med.* 2013; 4(2): 61-72.
5. McGrady MG, Ellwood RP, Srisilapanan P, Korwanich N, Taylor A, Goodwin M, et al. Dental fluorosis in populations from Chiang Mai, Thailand with different fluoride exposures - paper 2: the ability of fluorescence imaging to detect differences in fluorosis prevalence and severity for different fluoride intakes from water. *BMC Oral Health.* 2012; 12: 33.
6. Xiang Q, Chen L, Chen X, Wang C, Liang Y, Liao Q, et al. Serum fluoride and skeletal fluorosis in two villages in Jiangsu province, China. *Fluoride.* 2005; 38(3): 178-84.
7. Rao A, Vidyumala S. Culminative effect of fluoride on hematological indices of mice, *Mus norvegicus albinus*. *Am-Euras J Toxicol Sci.* 2009; 1(2): 81-3.
8. Kumari S, Kumar A. Fluoride toxicity enhances phagocytic activity of macrophages in spleen of rats. *Asian J Exp Biol Sci.* 2011; 2(2): 283-7.
9. Agalakova NI, Gusev GP. Fluoride-induced death of rat erythrocytes in vitro. *Toxicol In Vitro.* 2011; 25(8): 1609-18.
10. Xiang Q, Liang Y, Chen B, Chen L. Analysis of children's serum fluoride levels in relation to intelligence scores in a high and low fluoride water village in China. *Fluoride.* 2011; 44(4): 191-4.

11. Singer L, Armstrong W. Regulation of human plasma fluoride concentration. *J Appl Physiol*. 1960; 15: 508-10.
12. Singer L, Armstrong W. Determination of fluoride procedure based upon diffusion of hydrogen fluoride. *Anal Biochem*. 1965; 10(3): 495-500.
13. Taves DR. Normal human serum fluoride concentrations. *Nature*. 1966;211(5045):192-3.
14. Rigalli A, Alloatti R, Puche RC. Measurement of total and diffusible serum fluoride. *J Clin Lab Anal*. 1999; 13(4): 151-7.
15. WHO (World Health Organization). Environmental Health Criteria 227. Fluoride. Geneva, Switzerland, 2002.
16. Yasmin S, Ranjan S, D'Souza D. Haematological changes in fluorotic adults and children in fluoride endemic regions of Gaya district, Bihar, India. *Environ Geochem Health*. 2014; 36(3): 421-5.
17. Available from: URL: icoh.anamai.moph.go.th/thai/images/stories/flu_surv_icoh_Mar2010.xls. Accessed date 7th Aug 2014.
18. Aytekin M, Emerk K. Accurate reference interval are required for accurate diagnosis and monitors of patient. . *JIFCC*. 2008; 19(2): 2-3.
19. Dorizzi RM, Fortunato A, Marchi G, Scattolo N. Reference interval of ferritin in premenopausal women calculated in four laboratories using three different analyzers. *Clin Biochem*. 2000; 33(1): 75-7.
20. Djemli A, Van Vliet G, Belgoudi J, Lambert M, Delvin EE. Reference intervals for free thyroxine, total triiodothyronine, thyrotropin and thyroglobulin for Quebec newborns, children and teenagers. *Clin Biochem*. 2004; 37(4): 328-30.
21. Nonparametric methods; A guide for data analysts and interpreters on statistical methods that do not require a distribution model. Available from: http://www.env.gov.bc.ca/epd/remediation/guidance/technical/pdf/12/gd05_all.pdf2001. Accessed date 7th Aug 2014.
22. Gibbons RD. General statistical procedure for ground water detection monitoring at waste disposal facilities. *Groundwater*. 1990; 28: 235-48.
23. Linnet K. Nonparametric estimation of reference intervals by simple and bootstrap-based procedures. *Clin Chem*. 2000; 46(6 Pt 1): 867-9.
24. Limsirorat L. Reference intervals of 6 biochemical parameters in blood of healthy adults at Police General Hospital. *Bull Chiang Mai Assoc Med Sci*. 2009; 43(2): 93-8 (in Thai).
25. Trujillano J, Muiño JM, March J, Sorribas A. A more flexible parametric estimation of univariate reference intervals: a new method based on the GS-distribution. *Clin Chim Acta*. 2007; 379(1-2): 71-80.

ผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนต่อคุณภาพ ของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์ เทคนิคต่ำ: การศึกษาในหุ่นจำลอง

The effect of noise removal filters on the quality of digital radiography used low exposure technique: A phantom study

ธัญญา หล่อวงศ์ ศิริรัตน์ งานดี อัจฉรา บุญประสพ กิ่งกานต์ อภิวัฒน์สุขเมธ*
Thanatchaya Lowong Sirirat Ngandee Ajchara Boonprasop Kingkarn Aphiwatthanasumet*

ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000
Department of Radiological Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Naresuan University, Phitsanulok.

* ผู้รับผิดชอบบทความ (E-mail: kingkarna@nu.ac.th)
* Corresponding author (Email: kingkarna@nu.ac.th)
Received July 24, 2557
Accepted as revised Aug 8, 2557

Abstract

Objective: To study the effect of noise removal filters on the quality of digital radiography used low exposure techniques.

Methods: The method began with finding an appropriate exposure technique for anthropomorphic chest phantom and subsequently decreasing the exposure technique, taking radiography, calculating SNR on digital radiographic images in bone regions and background regions. Next, filtering noise in the low exposure images by using 4 filters included with low pass filter, Gaussian filter, median filter and modal filter. All of images were assessed on image quality by 3 radiologists.

Results: The appropriate exposure technique for anthropomorphic chest phantom was 81 kVp 8 mAs. The low exposure techniques were 81 kVp and mAs values were 6.3, 4, 2 mAs. When we calculated the SNR on the digital radiographic images in bone region before using noise removal filters, we found the SNR were 70.29, 59.77, 55.85, and 45.71, respectively. In background region, the SNR were 14.29, 12.84, 12.28 and 10.69, respectively. The results of using four types of noise removal filters showed the SNR increasing. One way ANOVA showed no significant difference ($p>0.05$). However, filter which provided the highest SNR was modal filter. In bone region, the SNR were 99.56, 84.41 and 85.32, respectively. In background region, the SNR were 22.33, 43.37 and 21.63, respectively. The results of image quality assessment by 3 radiologists had similar values between low exposure images with filters and appropriate exposure images (ICC=0.929).

Conclusions: The result of the study demonstrated that the effect of noise removal filters of low exposure images affect an increase of SNR while maintaining images of adequate quality for diagnosis and also help patients receive less radiation dose by setting the lowest exposure technique 81 kVp 2 mAs.

Keywords: Noise, digital radiography, exposure techniques, image quality

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนต่อคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ

วิธีการศึกษา: การทดลองเริ่มจากการหาค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพหุ่นจำลองทรวงอก ต่อมาปรับลดค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคแล้วถ่ายภาพหุ่นจำลองทรวงอกที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ หาค่า SNR ที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลในบริเวณกระดูกและบริเวณพื้นหลัง จากนั้นกรองสัญญาณรบกวนบนภาพด้วยตัวกรอง 4 ชนิดได้แก่ low pass filter, Gaussian filter, median filter และ modal filter นำภาพทั้งหมดไปประเมินคุณภาพโดยรังสีแพทย์จำนวน 3 คน

ผลการศึกษา: ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพหุ่นจำลองทรวงอก คือ 81 kVp 8 mAs ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำคือ 81 kVp และค่า mAs เท่ากับ 6.3, 4, 2 mAs เมื่อคำนวณหาค่า SNR บนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลในบริเวณกระดูกก่อนการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนมีค่าเท่ากับ 70.29, 59.77, 55.85 และ 45.71 ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 14.29, 12.84, 12.28 และ 10.69 ตามลำดับ ผลจากการใช้ตัวกรองทั้ง 4 ชนิด พบว่าทำให้ภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลมีค่า SNR เพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบด้วย One way ANOVA ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามตัวกรองที่ให้ค่า SNR สูงสุดคือ modal filter ในบริเวณกระดูกมีค่าเท่ากับ 99.56, 84.41 และ 85.32 ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 22.33, 43.37 และ 21.63 ตามลำดับ ผลการประเมินคุณภาพของภาพโดยรังสีแพทย์ 3 คน พบว่าคะแนนประเมินคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำร่วมกับการใช้ตัวกรองมีค่าใกล้เคียงกับภาพที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสม ($ICC=0.929$)

สรุปผลการศึกษา: ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนทำให้ภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้เอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำมีค่า SNR เพิ่มขึ้น สามารถดูคุณภาพของภาพให้เหมาะแก่การวินิจฉัยโรคได้ และยังช่วยให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีน้อยลง โดยสามารถกำหนดค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคได้ต่ำที่สุดคือ 81 kVp 2 mAs

คำรหัส: สัญญาณรบกวน ภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัล เอกซโพเชอร์เทคนิค คุณภาพของภาพ

บทนำ

การถ่ายภาพทางรังสีมีความสำคัญต่อการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วย ในการถ่ายภาพทางรังสีแต่ละครั้งผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีแตกต่างกันออกไป ตามข้อกำหนดของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) ระบุไว้ว่า การได้รับรังสีของบุคคลต้องควบคุมให้ได้รับรังสีน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ (As Low As Reasonably Achievable: ALARA) โดยคำนึงถึงจำนวนบุคคลที่ได้รับรังสี ปริมาณรังสี และลักษณะการก่อให้เกิดอันตรายจากรังสี¹ เมื่อเทคโนโลยีทางด้านการสร้างภาพและการถ่ายภาพทางรังสีมีความก้าวหน้าขึ้น มีการพัฒนาตัวรับภาพ (image receptor) จากระบบฟิล์มสกรีนที่มีช่วงการตอบสนองต่อรังสีแคบ มาเป็นระบบดิจิทัลที่มีช่วงการตอบสนองต่อรังสีกว้างกว่าระบบฟิล์มสกรีน (wide dynamic range) แม้ว่าได้รับปริมาณรังสีที่น้อย สามารถใช้กระบวนการประมวลผลภาพ เช่น การปรับภาพ หรือแสดงภาพในลักษณะต่างๆ เข้ามาช่วยทำให้มองเห็นรายละเอียดของอวัยวะได้ชัดเจนขึ้น ช่วยลดจำนวนภาพทางรังสีที่ไม่มีคุณภาพลง

อย่างไรก็ตาม ตัวรับภาพที่เป็นระบบดิจิทัลนั้น แม้ว่าในช่วงการตอบสนองต่อรังสีที่กว้าง² หากตั้งค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำเกินไป มีโอกาสทำให้เกิดสัญญาณรบกวนที่เรียกว่า ควอนตัมนอยส์ (quantum noise) ได้ เพราะจำนวนโฟตอนไปตกกระทบบกับตัวรับภาพมีไม่เพียงพอสำหรับนำไปสร้างภาพ ดังนั้นการถ่ายภาพทางรังสีที่ตั้งค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคด้วยค่ากระแสหลอดคูณเวลา (mAs) น้อย มองเห็นสัญญาณรบกวนอยู่บนภาพมาก³ และไม่สามารถนำไปใช้วินิจฉัยโรคได้ จึงเป็นเหตุให้นักรังสีเทคนิคส่วนใหญ่นิยมตั้งค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคด้วยการเลือกใช้ค่า mAs สูงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวนภาพ แต่ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำโดยยังคงคุณภาพของภาพให้เหมาะแก่การวินิจฉัยโรคได้ เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีน้อยลงและเป็นการยืดอายุการใช้งานหลอดเอกซเรย์ให้ยาวนานขึ้น

สัญญาณรบกวน (noise) หมายถึง สิ่งรบกวนจากภายนอกที่ทำให้สัญญาณของภาพลดลง สิ่งรบกวนเหล่านี้ปรากฏบนภาพในรูปแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของสัญญาณ⁴ quantum noise เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดจากจำนวนโฟตอนที่วัดได้ที่หัววัด (detector) มีความแปรปรวนเกิดขึ้น เนื่องจากมีจำนวนที่จำกัดและความไม่สม่ำเสมอของลำรังสีในการตกกระทบหัววัดแต่ละอัน⁵ จึงทำให้เกิด quantum noise ขึ้น ดังภาพที่ 1 ดังนั้นแนวทางในการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นของ quantum noise คือ การเพิ่มจำนวนของปริมาณลำรังสีหรือปริมาณรังสีที่ปล่อยออกมา quantum noise^{6,7} นั้นเป็นสัดส่วนกับ $\frac{1}{\sqrt{N}}$ โดยที่ N คือ จำนวนโฟตอนที่ตกกระทบบนตัวรับภาพ เนื่องจากจำนวนโฟตอนที่ตกกระทบตัวรับภาพมีการลดทอนเมื่อผ่านวัตถุ ขึ้นอยู่กับพลังงานของโฟตอน และที่สำคัญ N ยังขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ของหลอดเอกซเรย์ นอกจากนี้ N เป็นสัดส่วนกับกระแสหลอดและจำนวนของเวลา ดังนั้นสัญญาณรบกวนเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ $\frac{1}{\sqrt{mAs}}$ เมื่อค่าความต่างศักย์คงที่⁸ ดังสมการที่ 1

$$\text{หรือ } \text{Noise} \propto \frac{1}{\sqrt{mAs}} \quad (1)$$

Signal to Noise Ratio (SNR) หมายถึง อัตราส่วนของสัญญาณที่ต้องการกับสัญญาณรบกวน⁹ แสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{SNR} = \frac{\mu}{\sigma} \quad (2)$$

μ คือ ค่าเฉลี่ยของความเข้มทุกพิกเซลในภาพ

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มทุกพิกเซลในภาพ

วิธีการลดสัญญาณรบกวนบนภาพทำได้โดยการออกแบบตัวกรองเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน แล้วใช้ตัวกรองที่ออกแบบมากระทำกับภาพตั้งต้นผ่านกระบวนการประมวลผลภาพ (image processing) การกรองภาพทำให้ภาพมีคุณภาพดีขึ้นก่อนนำไปใช้ในการวินิจฉัยโรคต่อไป จากการศึกษาที่ผ่านมา

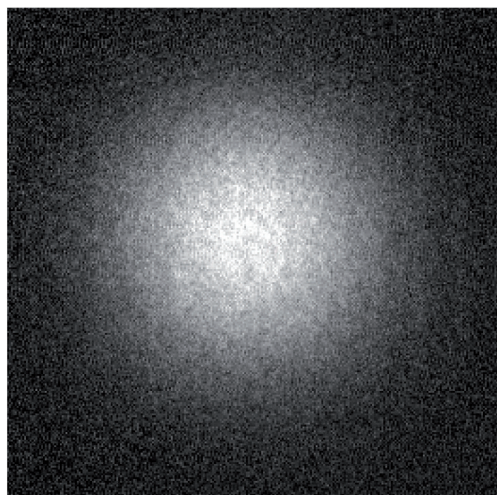


Figure 1. Quantum noise image.

มาของ Dr. Khalil I. Jassamw¹⁰ เพื่อค้นหาวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับลด random noise ที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางรังสี โดยเลือกใช้ตัวกรอง 3 ชนิดคือ low pass, median และ modal filters ที่มีขนาดหน้าต่างตัวกรองแตกต่างกันมาทดสอบกับภาพถ่ายทางรังสีบริเวณหัวเข่าทั้งในสเปซเชิงโดเมน (spatial domain) และโดเมนความถี่ (frequency domain) พบว่า ภาพถ่ายทางรังสีหัวเข่ามีความชัดเจนมากขึ้น แต่ยังคงสูญเสียรายละเอียดบางส่วนอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่ทำให้ภาพถ่ายทางรังสีมีคุณภาพลดลง (SNR ต่ำ) ดังนั้นการศึกษารังสีจึงนำตัวกรองทั้งสามชนิดมาทดสอบอีกครั้งโดยมีการกำหนดขนาดหน้าต่างตัวกรองให้มีขนาดเท่ากัน พร้อมกับเพิ่มตัวกรองชนิด Gaussian filter^{11,12} เข้ามาทดสอบร่วมด้วยเพราะมีคุณสมบัติคือ สามารถลดทอนสัญญาณรบกวนได้และไม่ทำให้เกิดการสั่น (ringing) ของความถี่สัญญาณภาพในตำแหน่งที่มีความแตกต่างของสัญญาณมาก เช่น บริเวณรอยต่อของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนต่อคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ

วัสดุและวิธีการ

การหาค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพหุ่นจำลองทรวงอก

นำหุ่นจำลองทรวงอก (anthropomorphic chest phantom) ที่มีขนาดความหนา 20 เซนติเมตร มาถ่ายภาพทางรังสีในท่า (posteroanterior: PA) ด้วยเครื่องเอกซเรย์ยี่ห้อ SIEMENS รุ่น MULTIX TOP และใช้เครื่องอ่านและแปลงสัญญาณภาพเอกซเรย์เป็นภาพดิจิทัล ยี่ห้อ Kodak Carestream รุ่น Direct View Vita พร้อมตัวรับภาพ (image plate) ขนาด 35x43 เซนติเมตร (14x17 นิ้ว) ระยะทางจากแหล่งกำเนิดเอกซเรย์ถึงตัวรับภาพ 180 เซนติเมตร ค่า kVp (Non grid) 81 kVp และกำหนดค่า mAs ตั้งแต่ 2-10 จากนั้นจดบันทึกค่า kVp, mAs และ exposure index ที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายทางรังสี โดยทั่วไปแล้วหน้าจอแสดงภาพของนักรังสีเทคนิคมีความสว่าง (brightness) และมีคุณสมบัติจำแนกหรือแยกวัตถุที่อยู่ใกล้เคียงในภาพออกจากกันได้ (spatial resolution) ได้น้อยกว่าหน้าจอแสดงภาพของรังสีแพทย์ ดังนั้นค่า exposure index จึงเป็นตัวชี้บอกว่าสัญญาณรบกวนอยู่ในระดับยอมรับหรือไม่¹³ และยังสามารถบอกถึงคุณภาพของภาพได้โดยที่บริษัทผู้ผลิตกำหนดช่วงที่เหมาะสมสำหรับตั้งค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคเพื่อใช้ในการถ่ายภาพแบบดิจิทัลมาให้^{14,15} ดังตารางที่ 1

Table 1. The standard exposure index for digital radiography provided by different manufacturers (adapted from Andriole KP, Ruckdeschel TG, Flynn MJ, Hangiandreou NJ, Jones AK, Krupinski E, et al. ACR-AAPM-SIIM practice guideline for digital radiography. J Digit Imaging. 2013 Feb; 26(1): 26-37).

Type of system and Manufacturer	Symbol	Three incidents exposures to the detector		
		0.5 mR 5 μ Gy	1mR 10 μ Gy	2 mR 20 μ Gy
Fuji CR	S	400	200	100
Kodak CR (Carestream)	EI	1700	2000	2300
Agfa CR	IgM	2.0	2.3	2.6
Canon DR	REX	50	100	200
IDC DR	F	-1	0	1
Philips DR	EI	200	100	50
Siemens DR	EI	500	1000	2000

*mR (milliroentgen) is a unit of radiation exposure. μ Gy (microgray) is a unit of radiation absorbed dose

การถ่ายภาพหุ่นจำลองทรวงอกที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ

การลดค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคในการถ่ายภาพทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอก ปรับลดจากค่าเอกซโพเชอร์จากค่าเอกซโพเชอร์ที่เหมาะสม โดยปรับลดค่า mAs ลง 75% 50% และ 25% ตามลำดับ จากนั้นถ่ายภาพทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกด้วยค่าเอกซโพเชอร์ต่ำ จำนวน 3 ภาพ คำนวณหาค่าสัญญาณรบกวน (noise) ตามสมการที่ 1 พร้อมกับจดบันทึกค่า exposure index ที่ได้ในแต่ละเทคนิคลงตารางบันทึกข้อมูลการลดค่าเอกซโพเชอร์เทคนิค

การหาค่า SNR ที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัล

นำภาพถ่ายทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำมาคำนวณหาค่า SNR ตามสมการที่ 2 โดยสัญญาณที่ต้องการเป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนโฟตอนที่นับวัดได้ต่อพื้นที่ หรือค่าเฉลี่ยของความเข้มของพิกเซล (μ) และสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนภาพเป็นความแปรปรวนแบบสุ่มรอบๆ แทนด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) กำหนดพื้นที่สำหรับการคำนวณในบริเวณกระดูกจำนวน 3 ตำแหน่ง และบริเวณพื้นหลังจำนวน 4 ตำแหน่ง ขนาดความกว้าง 8 มิลลิเมตร ความยาว 8 มิลลิเมตร ในตำแหน่งเดียวกันเหมือนกันทุกภาพ ดังภาพที่ 2

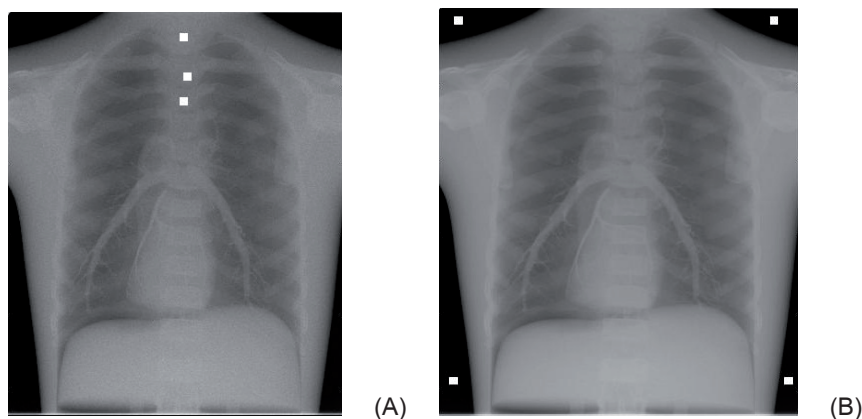


Figure 2. Region of interest (ROI) on digital radiographic images in bone regions (A) and background regions (B).

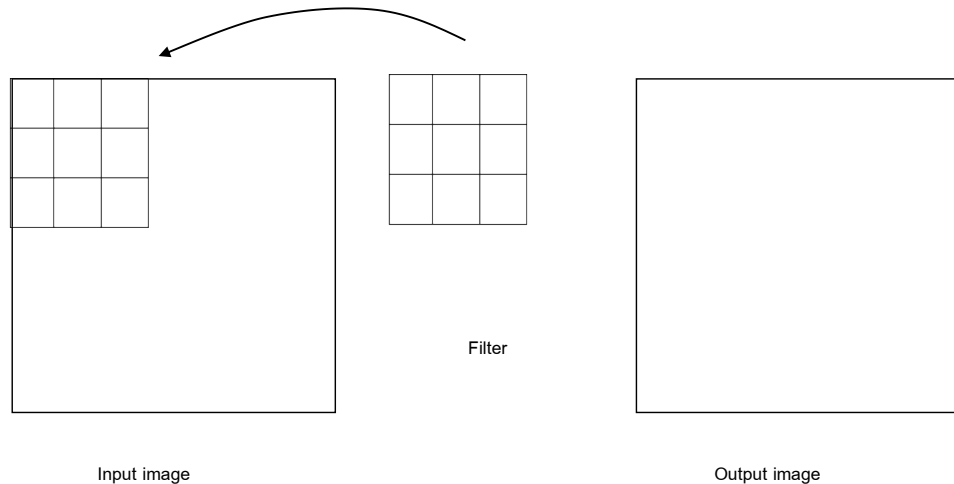


Figure 3. The convolution process implies the usage of a convolution mask.

การทดสอบผลของการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำด้วยโปรแกรม **MATLAB**

นำตัวกรองลดสัญญาณรบกวนทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ low pass, median, modal และ Gaussian filter มาทดสอบกับภาพถ่ายทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ ใช้วิธีการ Convolution เป็นการกรองสัญญาณด้วย filter โดยการนำเอาหน้ากากขนาดเล็ก (mask) ไปวางบนภาพตั้งต้น (input image) ที่ต้องการประมวลผลและ mask ถูกเลื่อนไปยังทุกๆ พิกเซลของภาพตั้งต้นจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง จนกระทั่งถึงพิกเซลสุดท้ายของภาพตั้งต้น ดังภาพที่ 3 ต่อมานำภาพถ่ายทางรังสีที่ผ่านการใช้ตัวกรองทั้ง 4 ชนิด มาคำนวณหาค่า SNR อีกครั้ง โดยกำหนด ROI ตำแหน่งเดิม ก่อนที่นำภาพทั้งหมดไปให้รังสีแพทย์ประเมินคุณภาพของภาพ

ตัวอย่าง Low pass filter (3x3) $\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

ตัวอย่าง Median filter (3x3) $\begin{bmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & 2 \end{bmatrix}$, Median = 2

ตัวอย่าง Modal filter (3x3) $\begin{bmatrix} 4 & 5 & 2 \\ 3 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 2 \end{bmatrix}$, Mode = 3

ตัวอย่าง Gaussian filter (3x3) $\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

การประเมินคุณภาพของภาพโดยรังสีแพทย์ 3 คน

ทำแบบประเมินคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีตามหลักเกณฑ์ของ Commission of the European Communities (CEC)¹⁶ แบ่งระดับการมองเห็นรายละเอียดบนภาพได้แก่ vascular pattern in whole lung, trachea, borders of the heart and aorta, diaphragm, mediastinum, spine through the heart shadow ออกเป็น 4 ระดับ คือ 0 หมายถึง ไม่เห็น (not seen) 1 หมายถึง แทบไม่เห็น (barely seen) 2 หมายถึง เห็นแต่ไม่ชัด (seen but not clear) 3 หมายถึง เห็นชัดเจน (clearly seen) และให้รังสีแพทย์จำนวน 3 คน ประเมินคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำหลังจากใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนทั้ง 4 ชนิด โดยที่รังสีแพทย์ไม่ทราบค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคและชนิดของตัวกรอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทดสอบทางสถิติด้วย One way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้ตัวกรองทั้ง 4 ชนิด ว่าแตกต่างกันหรือไม่ จากนั้นวิเคราะห์หาค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC)¹⁷ ของรังสีแพทย์ทั้ง 3 คนเพื่อดูคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำหลังจากใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนว่ามีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันหรือมีความคิดเห็นสอดคล้องกันหรือไม่ (reliability) เกณฑ์การแปลผล แบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ICC น้อยกว่า 0.40 หมายถึง มีความเห็นพ้องในระดับต่ำ (poor agreement)

ICC มากกว่า 0.40 ถึง 0.60 หมายถึง มีความเห็นพ้องในระดับพอใช้ (fair agreement)

ICC มากกว่า 0.60 ถึง 0.75 หมายถึง มีความเห็นพ้องในระดับดี (good agreement)

ICC มากกว่า 0.75 หมายถึง มีความเห็นพ้องในระดับดีมาก (excellent agreement)

ผลการศึกษา

ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสมสำหรับหุ่นจำลองทรวงอกมีค่าเท่ากับ 81 kVp 8 mAs และเมื่อเปรียบเทียบกับค่า exposure index ของบริษัทผู้ผลิตมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับภาพที่มีคุณภาพ คือ 1700–2300 ดังตารางที่ 1

ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำที่ใช้ คือ 81 kVp และค่า mAs เท่ากับ 6.3, 4, 2 mAs เมื่อถ่ายภาพหุ่นจำลองทรวงอกที่ค่า mAs ต่างกัน พบว่า เมื่อใช้ค่า kVp คงที่และลดค่า mAs ลง มีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นบนภาพ ยิ่งค่า mAs น้อย ยิ่งมีจำนวนสัญญาณรบกวนเพิ่มมากขึ้น ดังตารางที่ 2 นอกจากนี้ยังพบว่า histogram ของภาพมีความแปรปรวนของสัญญาณมากขึ้น ส่งผลทำให้ได้ภาพมีคุณภาพต่างกัน ดังภาพที่ 4

ผลการคำนวณหาค่า SNR บนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลในบริเวณกระดูกก่อนการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนมีค่าเท่ากับ 70.29, 59.77, 55.85 และ 45.71 ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 14.29, 12.84, 12.28 และ 10.69 ตามลำดับ

ผลการทดสอบการใช้ตัวกรองทั้ง 4 ชนิด คือ low pass, median, modal และ Gaussian filters ลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นบนภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำด้วยโปรแกรม MATLAB พบว่า ภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ 81 kVp และค่า mAs เท่ากับ 6.3, 4, 2 mAs หลังจากใช้ตัวกรองทั้ง 4 ชนิด มีค่า SNR เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 5 ตัวกรองที่ให้ค่า SNR สูงสุดคือ modal filter ในบริเวณกระดูกมีค่าเท่ากับ 99.56, 84.41 และ 85.32 ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 22.33, 43.37 และ 21.63 ตามลำดับ รองลงมาคือ low pass filter ในบริเวณกระดูกมีค่าเท่ากับ 81.01, 83.74 และ 79.12 ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 23.88, 22.96 และ 21.63 ตามลำดับ ชนิดถัดมาคือ Gaussian filter ในบริเวณกระดูกมีค่าเท่ากับ 80.84, 83.55 และ 78.85ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 23.88, 22.94 และ 21.60 ตามลำดับ และชนิดสุดท้ายคือ median filter ในบริเวณกระดูกมีค่าเท่ากับ

79.69, 81.25 และ 73.20 ตามลำดับ และในบริเวณพื้นหลังมีค่าเท่ากับ 21.52, 21.42 และ 19.76 ตามลำดับ

คะแนนประเมินคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำร่วมกับการใช้ตัวกรองมีค่าใกล้เคียงกับภาพที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสม ดังตารางที่ 3

ผลจากการใช้ตัวกรองทั้ง 4 ชนิด เมื่อทดสอบด้วย One way ANOVA พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการคำนวณหาค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ของรังสีแพทย์ทั้ง 3 คน เพื่อประเมินค่า reliability พบว่า ICC มีค่าเท่ากับ 0.929 (ค่า ICC มากกว่า 0.75 มีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันดีมาก¹⁶) ดังตารางที่ 4 ถือได้ว่า ผลการประเมินคุณภาพของภาพเกี่ยวกับผลการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนต่อคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้เอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำของรังสีแพทย์ทั้ง 3 คนมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันดีมาก

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการคือ การลดค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคในการถ่ายภาพทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกได้ปรับลดจากค่า mAs ลง 75%, 50%, 25% ได้เอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำที่ 6.4 และ 2 mAs ตามลำดับ แต่เนื่องจากเครื่องเอกซเรย์ที่ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ไม่สามารถตั้งค่า 6 mAs ได้จึงได้เปลี่ยนค่าเป็น 6.3 mAs แทน ดังนั้น ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำคือ 81 kVp 6.3 mAs, 81 kVp 4 mAs และ 81 kVp 2 mAs นอกจากนี้แล้วยังเห็นได้ว่า Histogram ของภาพที่ใช้ค่า mAs ต่ำ มีการสูญเสียรายละเอียดของสัญญาณภาพไปบางส่วนและมีความแปรปรวนของสัญญาณเพิ่มขึ้น

สัญญาณของภาพ (image signal) ของตัวรับภาพแบบดิจิทัล เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนโฟตอนที่นับวัดได้ต่อพื้นที่ และสัญญาณรบกวนที่เกิดบนภาพหรือเป็นความแปรปรวนแบบสุ่มรอบๆ สัญญาณของภาพแทนด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทำให้ในแต่ละภาพมีสัญญาณที่ไม่เท่ากัน ภาพที่ใช้ค่าเอกซโพเชอร์เทคนิคที่เหมาะสมมีค่าเฉลี่ยสัญญาณของภาพมากกว่าสัญญาณรบกวน ทำให้ SNR มีค่ามากกว่าภาพที่

Table 2. The results of noise calculation in low exposure images 81 kVp and 6.3, 4 and 2 mAs.

kVp (Non-grid)	mAs	Exposure index	Noise
81	6.3	1618	0.40
	4	1440	0.50
	2	1195	0.71

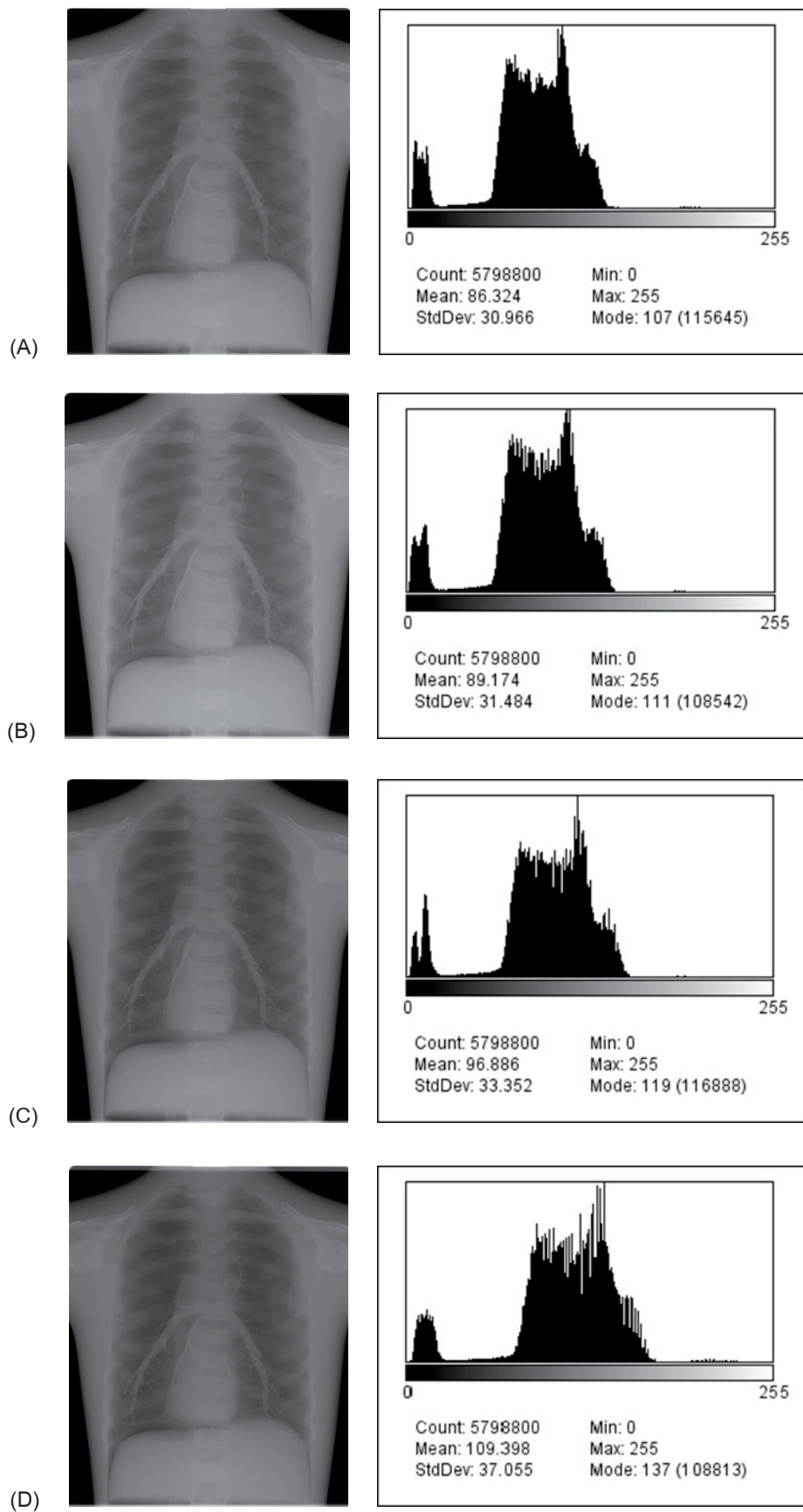


Figure 4. Comparison of histogram of an appropriate exposure image (A), low exposure image 81 kVp and 6.3, 4 and 2 mAs (B)-(D).

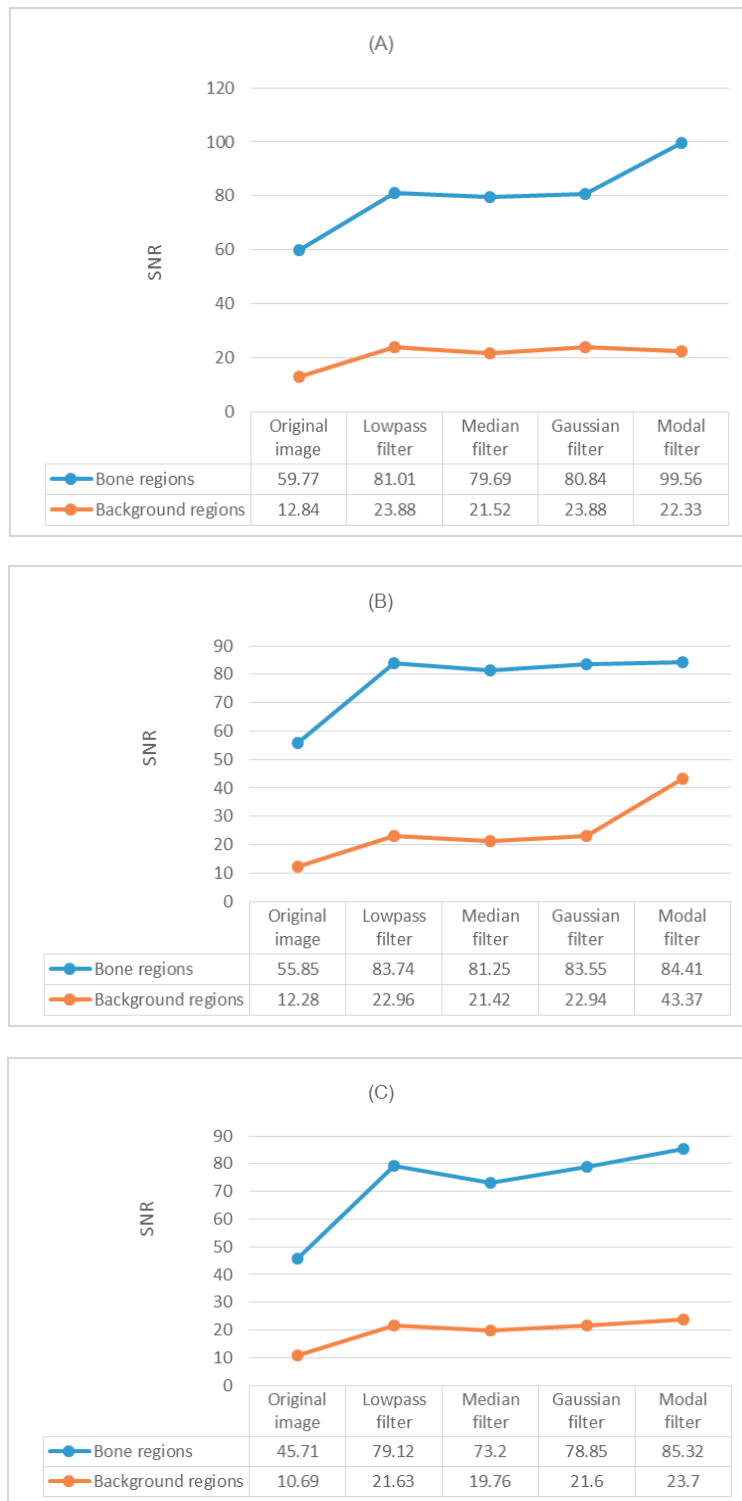


Figure 5. Comparison of SNR in bone regions and background regions after used noise removal filters in low exposure image 81 kVp and 6.3, 4 and 2 mAs (A)-(C).

Table 3. The results of image quality assessment by 3 radiologists.

Exposure technique	Type of filter	Image quality assessment scores radiologist		
		1	2	3
2 mAs	Low pass filter	14	12	12
2 mAs	Median filter	14	12	12
2 mAs	Modal filter	14	12	12
2 mAs	Gaussian filter	14	12	12
4 mAs	Low pass filter	14	12	12
4 mAs	Median filter	14	12	14
4 mAs	Modal filter	14	12	14
4 mAs	Gaussian filter	14	12	15
6.3 mAs	Low pass filter	14	12	14
6.3 mAs	Median filter	14	12	14
6.3 mAs	Modal filter	14	12	14
6.3 mAs	Gaussian filter	14	12	14
8 mAs	No filter	14	12	14

Table 4. The results of statistical test by Intraclass Correlation Coefficient (ICC).

Intraclass correlation		95% Confidence interval		F Test with True Value 0			
		Lower bound	Upper bound	Value	df1	df2	Sig
Single measures	0.813	0.723	0.877	16.230	77	154	0.000
Average measures	0.929	0.877	0.955	16.230	77	154	0.000

ใช้เอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ เนื่องจากมีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นบนภาพถ่ายทางรังสี ส่งผลให้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นการลดปริมาณรังสีส่งผลต่อปริมาณสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้นและกระทบต่อคุณภาพของภาพรังสี

จากการเปรียบเทียบ SNR หลังจากใส่ตัวกรองทั้ง 4 ชนิดบนภาพถ่ายทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกแบบดิจิทัลที่ใช้เอกซโพเชอร์เทคนิคต่ำ พบว่า หลังจากใส่ตัวกรองไปแล้ว ภาพมีสัญญาณรบกวนลดลงและมีค่า SNR เพิ่มขึ้น กล่าวได้ว่าการใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนทำให้คุณภาพของภาพดีขึ้นและเพียงพอต่อการวินิจฉัย โดย modal filter เป็นตัวกรองที่ดีที่สุด เพราะให้ค่า SNR สูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวกรองทั้งหมด แตกต่างจากงานวิจัยของ Khalil JL¹⁰ ที่พบว่าตัวกรองที่ให้

ภาพที่ดีที่สุดคือ low pass filter ทั้งนี้อาจเป็นเพราะภาพถ่ายทางรังสีที่นำมาใช้เป็นอวัยวะต่างชนิดกัน ทำให้สัญญาณของภาพมีค่าไม่เท่ากัน ส่งผลให้การเลือกใช้ตัวกรองสำหรับลดทอนสัญญาณรบกวนมีความแตกต่างกัน

การประเมินคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสีของหุ่นจำลองทรวงอกประเมินโดยรังสีแพทย์จำนวน 3 คน พบว่า ผลการประเมินของรังสีแพทย์ในส่วน trachea ได้คะแนนการประเมินน้อยมากเมื่อเทียบกับข้ออื่น โดยคะแนนที่ได้จากการประเมินของรังสีแพทย์ 3 คน ส่วนใหญ่มีค่าเป็น 0 (มองไม่เห็น) เป็นผลมาจากการใช้หุ่นจำลองทรวงอกแทนผู้ป่วยจริง ทำให้ไม่พบลมอยู่ใน trachea จึงมองเห็น trachea ไม่ชัดเจน คะแนนการประเมินในข้อนี้จึงน้อยกว่าในข้ออื่น

ปัญหาที่พบจากการศึกษาในครั้งนี้ คือ การเลือกใช้หุ่นจำลองทรวงอกแบบ anthropomorphic chest phantom มาถ่ายภาพทางรังสี มีความแตกต่างของสัญญาณที่แท้จริงกับสัญญาณของพื้นหลังค่อนข้างน้อย เนื่องจากส่วนประกอบภายในหุ่นจำลองทำมาจากวัสดุผสมเนื้อเยื่อหลายชนิด อาจนำมาใช้วิเคราะห์ รูปแบบและคุณลักษณะเฉพาะของสัญญาณได้ยาก ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มหุ่นจำลองแบบ Homogeneous phantom เข้ามาทดสอบร่วมด้วย

สรุปผลการศึกษา

การใช้ตัวกรองลดสัญญาณรบกวนทำให้ภาพถ่ายทางรังสีแบบดิจิทัลที่ใช้เอกซโพเซอร์เทคนิคต่ำมีค่า SNR เพิ่ม

ขึ้น สามารถคงคุณภาพของภาพให้เหมาะสมแก่การวินิจฉัยโรคได้ และยังช่วยให้ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีน้อยลง โดยสามารถกำหนดค่าเอกซโพเซอร์เทคนิคได้ต่ำที่สุดคือ 81 kVp 2 mAs และตัวกรองที่เหมาะสมสำหรับลดสัญญาณรบกวนคือ modal filter

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการทุนอุดหนุนการวิจัย คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. IAEA Safety Standard. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014; 406.
2. Carlton RR, Adler AM. Principles of Radiographic Imaging. 5th Cengage Learning; 2012.
3. Lu J, Wang L, Li Y, Yahagi T. Noise removal for medical x-ray images in multiwavelet domain. International Journal of Image & Graphics. 2008; 8(1): 25.
4. McAndrew A. Digital Image Processing with MATLAB. School of Computer Science and Mathematics. Victoria University. Australia; 2004.
5. Sprawls P. Image Characteristics and Quality [Online Textbook]. Medical Physic Publishing. Madison. Wisconsin [cited 2014 April 03]. Available from: <http://www.sprawls.org/ppmi2/IMGCHAR/>.
6. Flynn MJ, Hames SM, Wilderman SJ, Ciarelli JJ. Quantum noise in digital x-ray image detectors with optically coupled scintillators. IEEE Transactions on Nuclear Science. 1996; 43(4): 2320-5.
7. Terri L. Radiographic imaging & exposure. 4th United States of America. Jeanne Olson; 2013.
8. Primak AN, McCollough CH, Bruesewitz MR, Zhang J, Fletcher JG. Relationship between noise, dose, and pitch in cardiac multi-detector row CT. Radiographics. 2006; 26(6): 1785-94.
9. Price JL, Links JM. Medical Imaging Signals and Systems. Johns Hopkins University. United States of America. 2006; 113-8.
10. Khalil JL. Removal of random noise from conventional digital x-ray images. University of Maine Orono, ME. United States of America; 1992.
11. Bonciu C, Rezaee MR, Edwards W. Enhanced visualization methods for computed radiography images. J Digit Imaging, 2006; 19(2): 187-96.
12. Elboher E, Werman M. Efficient and accurate gaussian image filtering using running sums. Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), Proceeding of the 12th International Conference 2012; Kochi, India. IEEE, 2012: 897-902.
13. Seibert JA, Morin RL: The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population. Pediatr Radiol 2011, 41(5): 573-81.
14. Shepard Sj, Wang J, Flynn M, Gingold E, Goldman L, Krugh K, et al. An exposure indicator for digital radiography: AAPM Tash group 116 (executive summary). Med Phys. 2009; 36(7): 2898-914.

15. Mothiram U, Brennan PC, Lewis SJ, Moran B, Robinson J. Retrospective evaluation of exposure index (EI) values from plain radiographs reveals important considerations for quality improvement. *J MRS*, 2013; 60(4): 115-22.
16. European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images, EUR 16260. Luxembourg: European Commission, 1996.
17. Müller R. Büttner P. A critical discussion of intraclass correlation coefficients. *Statist. Med.* 1994; 13: 2465–76.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งบทความต้นฉบับ

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

บรรณาธิการวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เลขที่ 110 ถนนอินทวโรสุ ต่าบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

โทรศัพท์ : (053) 945080 ต่อ 17

โทรสาร : (053) 946042

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

ข้อมูลทั่วไป

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

ประเภทของบทความที่ส่งตีพิมพ์

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

คำแนะนำสำหรับการเตรียมต้นฉบับ

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

6. โครงสร้างของบทความ สำหรับนิพนธ์ต้นฉบับให้เรียงลำดับตามหัวข้อ ดังนี้:-

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

7. ตาราง แผนภูมิ รูปภาพประกอบ

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

การตรวจทาน (Proof)

บทความที่ได้รับการยอมรับให้พิมพ์จะส่งกลับไปยังผู้รับผิดชอบบทความเพื่อตรวจทานผ่าน E-mail ของผู้รับผิดชอบบทความก่อนการตีพิมพ์

ค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ (Page charge)

ไม่มี

การเขียนเอกสารอ้างอิง

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

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

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

Instructions for Authors

How to send original article/thesis

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

The Office of Editor of Bulletin of Chiang Mai Associated Medical Sciences
Faculty of Associated Medical Sciences, Chiang Mai University
110 Inthawaroros Rd., T.Sriphum, A.Muang,
Chiang Mai Thailand 50200
Telephone: (053) 945080 Ext. 17 Fax: (053) 946042
E-mail: preeyanat.v@cmu.ac.th

General Principles

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

Manuscript categories

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

Manuscript Format

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

7. **Article structure.** Prepare according to following contents;
 - Introduction: State the objectives of work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results..
 - Materials and Methods: Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference. Only relevant modifications should be described.
 - Results: Results should be clear and concise. Present the new results of the study such as tables and figures mentioned in the main body of the article, and numbered in the order in which they appear in the text or discussion.
 - Discussion: This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.
 - Conclusions: The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a "Discussion" or "Results and Discussion".
 - Acknowledgement: Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g. providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.)
 - References: Numbering with superscript is in required.
8. **Artworks**
 - Each table, graph and figure should be self-explanatory one page per each. Save the figures as high resolution i.e., .jpg or .tiff files.
 - Separate and self-explanatory of figure legend and using English for figure description.
 - Title and description of the tables and figures should be in English.

Proof correction

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

Page charge

No page charge

References Format

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

Examples of References list

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

ใบสมัครสมาชิก

วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

ที่.....
วันที่.....

ถึง บรรณาธิการวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่
ข้าพเจ้ายินดีบอกรับเป็นสมาชิกวารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่

โปรดจัดส่งวารสารถึงข้าพเจ้าดังนี้

นาม.....
สำนักงาน.....
บ้านเลขที่..... ถนน.....
ตำบล..... อำเภอ.....
จังหวัด.....

ข้าพเจ้าได้ส่งเงิน จำนวน.....บาท (.....)

สำหรับเป็นค่าบำรุงสมาชิก (.....) รายปี (.....) ตลอดชีพ ส่งจ่ายในนามเหรียญวารสารเทคนิคการแพทย์ เชียงใหม่
ปณ. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มาพร้อมกับแบบฟอร์มนี้แล้ว

ลงชื่อ

(.....)

หมายเหตุ	ค่าบำรุงสมาชิกรายปี	800	บาท
	ค่าบำรุงสมาชิกตลอดชีพ	1,500	บาท