

ACCURACY OF THE NEUROCOM AND AIREX FOAMS USED IN THE MODIFIED
CLINICAL TEST OF SENSORY INTERACTION AND BALANCE (mCTSIB) FOR
IDENTIFYTING ELDERLY FALLERS



A THESIS
BY
BODIN KHUMNONCHAI

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science Degree in Physical Therapy
at Srinakharinwirot University

JUNE 2018

Copyright 2018 by Srinakharinwirot University

ACCURACY OF THE NEUROCOM AND AIREX FOAMS USED IN THE MODIFIED
CLINICAL TEST OF SENSORY INTERACTION AND BALANCE (mCTSIB) FOR
IDENTIFYING ELDERLY FALLERS



AN ABSTRACT
BY
BODIN KHUMNONCHAI

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science Degree in Physical Therapy
at Srinakharinwirot University
JUNE 2018

Bodin Khumnonchai. (2018). Accuracy of the NeuroCom and AIREX Foams used in the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) for Identifying Elderly Fallers. Master's thesis, M.Sc. (Physical Therapy). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Nithinun Chaikereee, Associate Professor Dr. Rumpa Boonsinsukh.

Background and Objectives: The measurement properties of clinical tool are important for the accurate assessment and help to guide therapists to design effective treatment plans. The reliability of the scores of the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) used to in identify the elderly fallers, as well as the type of foam suitable for balance assessment is required for testing. This study aimed to assess the accuracy of AIREX[®] in balance assessment by comparing its accuracy to identify elderly fallers with the NeuroCom[®] when used in the mCTSIB. **Methods:** One hundred and eighty-four healthy elderly participants with a mean age of sixty-nine years were classified into faller and non-faller groups based on the twelve month fall history. The participants were asked to maintain stability under four conditions of mCTSIB: firm and foam (AIREX[®] and NeuroCom[®]) surface with eyes open and eyes closed for one hundred and twenty seconds each condition. The balance abilities of participants during the mCTSIB test was quantified by time to maintain stability and the postural sway detected using the acceleration-based OPAL system. The time to maintain stability and postural sway during each condition were compared between groups. The receiver operating characteristic curve analysis was used to assess the accuracy of differentiating elderly fallers from non-fallers on different foam types. **Results:** There was no difference in composite score when standing on the AIREX[®] and the NeuroCom[®] foams ($p = 0.125$). During standing on the AIREX[®] or NeuroCom[®] foam, the fallers had significantly lower composite scores than non-fallers ($p < 0.001$). In each condition, there were larger differences of time to maintain stability between fallers and non-fallers during all conditions, except standing on floor with eyes opened condition ($p = 0.320$). The AIREX[®] and NeuroCom[®] foams provided highest AUC (0.95 and 0.94) in identifying the elderly with and without fall history. At the cutoff score of 452, the AIREX[®] demonstrated 90.21 percent posttest accuracy with sensitivity of 0.90, specificity of 0.92, +RH of 11.86 and -RH of 0.10 and NeuroCom[®] demonstrated 89.13 percent posttest accuracy with sensitivity of 0.89, specificity of 0.89, +RH of 8.17 and -RH of 0.12. **Conclusions:** The AIREX[®] and the NeuroCom[®] foams can be used interchangeably in assisting elderly participants with a history of fall.

Key words: Falls, Sensory integration, Postural stability, Elderly

ความแม่นยำของโฟมนิวโรคอมและแอเร็กซ์ที่ใช้ใน การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory
Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด

มิถุนายน 2561

บดินทร์ คัมโนนชัย. (2561). ความแม่นยำของโฟมนิวโรคอมและแอเร็กซ์ที่ใช้ในการทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม. ปรินญาณพนธ์ วท.ม. (กายภาพบำบัด) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญาณพนธ์: อาจารย์ ดร. นิธินันท์ ชัยศิริ, รองศาสตราจารย์.ดร.รัมภา บุญสินสุข.

การทดสอบ modified clinical test for sensory interaction and balance (mCTSIB) เป็นวิธีการประเมินการทรงตัวที่นิยมใช้ในผู้สูงอายุ ซึ่งมีการใช้แผ่นโฟมเป็นอุปกรณ์ในการทดสอบ โฟม AIREX[®] เป็นโฟมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในทางคลินิกและห้องปฏิบัติการ แต่ยังไม่มียางานถึงความเหมาะสมของการนำโฟม AIREX[®] ไปใช้ในการทดสอบ mCTSIB การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำ (accuracy) ในการแยกระหว่างผู้สูงอายุที่มีการล้มและไม่มีการล้มระหว่างการใช้โฟมดังกล่าวกับโฟม NeuroCom[®] ซึ่งเป็นโฟมมาตรฐานที่ผ่านการทดสอบมาก่อนแล้ว ทำการทดสอบในผู้สูงอายุที่ไม่มีและมียะวัติการล้มอย่างน้อย 1 ครั้งภายใน 12 เดือนย้อนหลังจากวันที่สอบถาม จำนวนกลุ่มละ 92 คน รวมทั้งสิ้น 184 คน อายุเฉลี่ย 69 ปี โดยขอให้ผู้สูงอายุนั่งทรงตัวภายใต้ 4 เงื่อนไขของ mCTSIB; ยืนลิ้มดา และหลับตาบนพื้น และโฟม เป็นเวลา 120 วินาทีในแต่ละเงื่อนไข ผู้วิจัยจับเวลาที่ผู้สูงอายุสามารถยืนทรงตัวได้ในแต่ละเงื่อนไข เวลารวมจากทุกเงื่อนไขถูกนำมาใช้หาความแม่นยำในการแยกระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุที่มีการหกล้มและไม่มีการหกล้มระหว่างการใช้โฟม AIREX[®] และโฟม NeuroCom[®] ด้วยวิธีวิเคราะห์ Receiver Operating Curve การศึกษาพบว่า ไม่พบความแตกต่างของผลรวมของระยะเวลาในการยืนทรงตัวบนโฟม AIREX[®] และโฟม NeuroCom[®] ($p=0.125$) และพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มมีค่าผลรวมของระยะเวลาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีประวัติการล้ม เมื่อทดสอบด้วยโฟม AIREX[®] และโฟม NeuroCom[®] ($p < 0.001$) ภายใต้การยืนทรงตัวในแต่ละเงื่อนไข พบความแตกต่างของระยะเวลาในการยืนทรงตัวระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีประวัติการล้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกเงื่อนไข ยกเว้นเงื่อนไขยืนบนพื้นลิ้มดา ($p=0.320$) และพบค่าพื้นที่ใต้โค้ง (AUC) ที่ใกล้เคียงกันระหว่างการใช้โฟมทั้ง 2 ชนิด (NeuroCom[®] =0.94 และ AIREX[®] =0.95) โดยค่าจุดตัดของเวลารวมในการทรงตัวที่ใช้สำหรับแยกผู้สูงอายุที่มีประวัติการล้มออกจากผู้ที่ไม่มีประวัติการล้ม ที่เหมาะสมเมื่อใช้โฟม NeuroCom[®] คือ 447 วินาที และโฟม AIREX[®] คือ 452 วินาที ซึ่งการใช้โฟม NeuroCom[®] มีค่าความแม่นยำที่ 89.13% (sensitivity=0.89, specificity=0.89, +RH=8.17 และ -RH=0.12) และการใช้โฟม AIREX[®] มีค่าความแม่นยำที่ 90.21% (sensitivity=0.90, specificity=0.92, +RH=11.86 และ -RH=0.10) สรุป โฟม AIREX[®] และ NeuroCom[®] เป็นโฟมที่สามารถนำไปใช้ในการคัดกรองผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงในการล้ม ภายใต้การทดสอบ mCTSIB ได้อย่างแม่นยำเช่นกัน

คำสำคัญ: การหกล้ม, การบูรณาการการรับรู้ความรู้สึก, การทรงตัว, ผู้สูงอายุ

The thesis titled
"Accuracy of the NeuroCom and AIREX foams used in the Modified Clinical Test of Sensory
Interaction and Balance (mCTSIB) for identifying elderly fallers"

By
Bodin Khumnonchai

has been approved by the Graduate School as partial fulfillment of the requirements for the
Master of Science Program in Physical Therapy of Srinakharinwirot University.

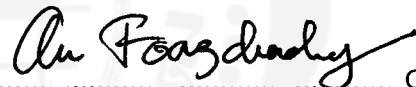

..... Dean of Graduate School
(Asst. Prof. Dr. Chatchai Ekpanyaskul, M.D.)

1 June, 2018

Thesis Committee

Oral Defense Committee


..... Major-advisor
(Dr. Nithinun Chaikere)


..... Chair
(Asst. Prof. Dr. Anchalee Foongchomcheay)


..... Co-advisor
(Assoc. Prof. Dr. Rumpa Boonsinsukh)


..... Committee
(Dr. Wanvisa Panichaporn)


..... Committee
(Dr. Nithinun Chaikere)


..... Committee
(Assoc. Prof. Dr. Rumpa Boonsinsukh)

Acknowledgements

This Thesis would not have been possible without the guidance and the help of several people contributed in the completion of this study. First of all, I would like to express my deepest sense of Gratitude to my thesis advisor Dr. Nithinun Chaikereee who offered her continuous advice and encouragement, especially early stage of this Thesis.

Gratefully acknowledge Assoc. Prof. Dr. Rumpa Boonsinsukh for the valuable advice, helpful suggestions, crucial contribution and corrections for the completeness of this thesis.

The authors are grateful to the participants who volunteered for this study, and to the staff at Tambon Lak Hok health promotion hospital for the recruitment and monitoring of the elderly cohort.

Sincerely due to a faculty of physical therapy, Rangsit University for courtesy of sharing equipment of this Thesis.

Finally, I would like to thank the Graduate school of Srinakharinwirot University, their support funded in part with the integrated thesis & research management system (iThesis) fund this work would not have been possible.

Bodin Khumnonchai

TABLE OF CONTENTS

Chapter	Page
1 INTRODUCTION.....	1
Background.....	1
Research question.....	4
Objectives of the study.....	4
Hypotheses of the study.....	4
Advantages of the study.....	4
Keywords.....	4
Conceptual Framework.....	5
2 LITERATURE REVIEWS.....	6
Fall incidence in elderly and impact of fall.....	6
Fall risk factors.....	7
Intrinsic factors.....	7
Extrinsic factors.....	8
Impairment of sensory system and sensory interaction function in elderly.....	9
Balance assessment.....	11
Time Up and Go (TUG).....	12
Falls Efficacy Scale (FES).....	13
Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (CTSIB).....	13
Foam types used in CTSIB and effect of foam types on CTSIB test result.....	20
Analysis of faller identification using ROC curve analysis method.....	21
3 METHODOLOGY.....	28
Research design.....	28
Participants.....	28
Sample size.....	29
Equipment.....	30

TABLE OF CONTENTS (continued)

Chapter	Page
3 METHODOLOGY (continued)	
Procedures.....	32
Data Analysis.....	36
Ethical Considerations.....	38
Conflict of interest.....	38
4 FINDINGS.....	39
5 DISCUSSION AND CONCLUSION.....	51
Discussion.....	51
Limitation and suggestion.....	53
Conclusion.....	53
BIBLIOGRAPHY.....	54
APPENDICES.....	70
APPENDIX A Questionnaires.....	71
APPENDIX B Mini-Mental State Examination–Thai version (MMSE-Thai 2002).....	77
APPENDIX C Medications affect to balance.....	82
APPENDIX D Time Up and Go test.....	84
APPENDIX E Falls Efficacy Scale.....	86
APPENDIX F Modified Clinical Test for Sensory Interaction and Balance (mCTSIB).....	88
APPENDIX G Computer random.....	90
APPENDIX H Ethical considerations.....	94
APPENDIX I Information sheet.....	98
APPENDIX J Subject characteristics.....	103
APPENDIX K Thesis applications.....	106
VITAE.....	110

TABLE OF TABLES

Table	Page
1 Clinical implication of CTSIB measure in elderly.....	18
2 Physical Properties of foam types.....	21
3 A guide to determining the effect of likelihood ratios (LR).....	23
4 Subject characteristics.....	39
5 Area under the curve, cutoff score, sensitivity, specificity, likelihood ratio and percentage accuracy.....	50

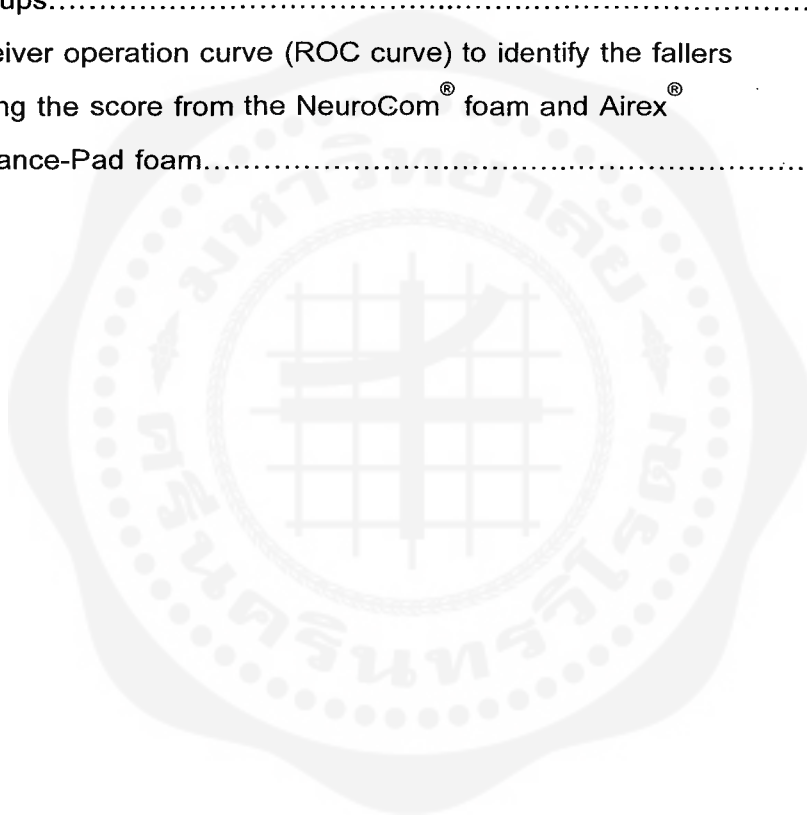


LIST OF FIGURES

Figure	Page
1 Conceptual framework.....	5
2 Risk factors for falls in the elderly	7
3 Sensory system and sensory interaction, fundamental components of the postural control system.....	10
4 Four conditions of the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB).....	15
5 Receiver Operating Characteristic (ROC) curve.....	25
6 ROC curve based on the vertical lines and reference arcs identify the Youden index and their corresponding optimal cutoff points c_j and c^*	27
7 The equipment used in this study.....	31
8 . A flowchart of study procedure.....	34
9 Study setting, starting position for four conditions.....	35
10 An acceleration sensor is strapped at the fifth lumbar spine (L5) of a participant in firm (A) and foam (B) conditions.....	36
11 Balance score between faller and non-faller groups in falls efficacy scale (A) and (B) time up and go test.....	41
12 A composite score for two types of foam pad.....	42
13 A composite score for two types of foam pad between faller and non-faller groups.....	43
14 Time to maintain stability in each condition between fallers and non-fallers.....	44
15 Subject the acceleration trajectories in the horizontal plane for two representative subjects in the mCTSIB condition using NeuroCom [®] and AIREX [®] Balance-Pad foam.....	45
16 Mean sway area in each conditions between faller and non-faller groups.....	46

LIST OF FIGURES (continued)

Figure	Page
17 Mean root mean square of acceleration in anteroposterior (RMS-AP) direction in each conditions between faller and non-faller groups.....	47
18 Mean root mean square of acceleration in mediolateral (RMS-ML) direction in each conditions between faller and non-faller groups.....	48
19 Receiver operation curve (ROC curve) to identify the fallers using the score from the NeuroCom [®] foam and Airex [®] Balance-Pad foam.....	49



CHAPTER 1

INTRODUCTION

1 Background

According to the World Health Organization ⁽¹⁾, fall is defined as the person coming to rest inadvertently on the ground or other lower level, excluding intentional change in position to rest in furniture, wall or other objects ⁽¹⁾. Fall is a common health problem which affects one in every three elderly individuals over the age of 65 ^(1, 2). In Thailand, 35.6 percent of elderly experienced fell within 6 months ⁽³⁾. Incidence of fall tends to increase with increasing age. Approximately 30 percent of community-dwelling elderly over the age of 65 years fall each year, and the number increases to approximately 40 to 50 percent for those over the age of 80 years ⁽⁴⁾. Living environment also affects fall incidence. Fall in elderly can occur everywhere, both outdoor and indoor such as in nursing homes ^(5, 6). Approximately 50 percent of elderly who live in nursing home facilities fall at least once a year ⁽⁵⁾. In Thailand, a survey study reported that household environment such as slippery floor and bathroom located outside of the house increase a chance to fall ^(3, 7). Fall can result in minor to major life threatening injuries that require immediate attention or hospital admission ^(8, 9). Hip fracture is a common life-threatening problem resulted from fall that leads to hospital admission and long-term care ^(10, 11). In addition, fall can result in fear of falling and decreased physical activity that subsequently lead to impaired health-related quality of life ^(12, 13) and the ability to live independently ⁽¹⁴⁾.

There are several factors that could lead to fall. Fall risk factors can be categorized into 2 types; extrinsic and intrinsic factor ^(15, 16). The most common extrinsic factors include environmental hazards such as slippery floors ^(17, 18). Most intrinsic factors are an age-related degeneration of the multiple systems in elderly ⁽¹⁹⁾. Important degenerative change in the elderly relating to the occurrence of falls is balance. Declined functions of those sensory systems and central system as a result of advancing age lead to problems of integrating sensory information for balance control ^(20, 21) and subsequently increase risk of fall in elderly ^(22, 23). Risk of fall is usually a combination of both intrinsic and extrinsic factors ⁽²⁴⁾ but it has been shown that more than 50 percent of falls in the elderly are from intrinsic factor namely balance performance ⁽²⁵⁾.

One of the most commonly used clinical tool for balance assessment in elderly is the clinical test for sensory interaction and balance (CTSIB)^(26, 27). This test is used to assess the ability of the central nervous system to appropriately organize and select sensory information for stance control under the situation that alters visual, vestibular or somatosensory information^(20-22, 28). The CTSIB includes six conditions that vary sensory available for balance control; standing on firm and foam surface with eyes open, eye closed, and wearing visual conflict doam⁽²⁹⁾. Total duration for remaining stable (maximum 30 seconds) and acceleration of the body's center of mass (CoM) measured under those test conditions have been used to determine balance performance^(30, 31). Results from this test can be interpreted as having normal sensory organization or having sensory selection problems, for example, highly dependent on visual or somatosensory information to control balance⁽³⁰⁾.

Although CTSIB is a reliable test with excellent test-retest reliability ($r = 0.75$)⁽³²⁾ and it is a valid tool for differentiating fallers from non fallers⁽³³⁾, the administration time is still lengthy as it takes approximately 30 minutes to complete the test. In addition, a previous study found redundancy among test conditions of the CTSIB when using in healthy elderly aged over 65 years such that balance duration during the visual conflict doam conditions did not differ from eyes closed conditions⁽³⁰⁾. Therefore, visual conflict doam conditions are eliminated and a shorter version of CTSIB, the modified CTSIB (mCTSIB) has been developed to determine the balance performance⁽³⁴⁾. The mCTSIB composes of four conditions of CTSIB; stand with eyes open and eyes closed on a firm surface and foam surface^(30, 31). Time to administer the mCTSIB is about 10 minutes that cover a 30 seconds-trials of 4 conditions, repeated 3 times with additional time for setup and explanation⁽³¹⁾.

The reliability of the mCTSIB has been evaluated previously. All four conditions have excellent test-retest reliability ($ICC = 0.91$ to 0.97)⁽³⁵⁾ and have moderate to high intrarater reliability ($kappa = 0.31$ to 0.81)⁽³⁶⁾. Balance performance on the mCTSIB is easy to evaluate using a stopwatch to time how long person can maintain stability in a standing position⁽³¹⁾. The mCTSIB is frequently used to assess balance performance in many populations^(26, 37, 38) including elderly^(26, 37).

In aging, the ability to maintain standing balance during different condition of CTSIB is varied, indicating the deterioration of specific sensory system or the integration of several of sensory systems. Cohen et al. (1993)⁽³⁰⁾ reported that elderly people have similar ability to stand on firm surface conditions when compared to younger persons. Both age groups could complete 30 seconds of firm surface conditions. However, foam

conditions can differentiate balance performance of elderly persons and younger people. Elderly people were able to maintain balance on foam with eye open for 29 ± 2 seconds, with eye closed for 16 ± 13 seconds and with dome condition for 19 ± 12 seconds. In contrast, younger people were able to maintain balance on foam with all conditions for 30 seconds⁽³⁰⁾. Under foam conditions, older people demonstrated shorter duration to remain stable, compared with younger adults⁽³⁰⁾. Therefore, it can be concluded that foam condition was more sensitive than firm surface condition to detect age-related decline in standing balance.

The foam conditions of CTSIB can also differentiate fallers from non-faller. Elderly who had a fall history demonstrated larger root mean square (RMS) as compared with those who had no fall history⁽³⁹⁻⁴¹⁾. Di Fabio and Anacker (1996) proposed cut-off values of duration to maintain balance under CTSIB test. Summation of duration to maintain standing position on six conditions of CTSIB of less than 260 seconds (summation of all 3 repeated of 30 seconds trials for each of 6 conditions) has specificity of 90 percent for identifying fallers. An average time of less than 81 seconds in three foam conditions (foam with eyes open, eyes closed, and visual conflict doam) indicates relative risk of falling at 8.67 times⁽³³⁾. Although the CTSIB can be used to identify fallers, this test is not practical in everyday practice due to the complexity of equipment required in the dome conditions. Therefore, the mCTSIB (4 conditions without doam) will be a substitute test for CTSIB for administering in the clinical setting.

A variety of foam types, ranging in their density, have been used among different studies of CTSIB and mCTSIB^(26, 29, 30, 40, 42). Different types of foam affect test results differently and may lead to the wrong interpretation of the balance test. Previous study showed that the sway characteristics were largest when standing on NeuroCom[®] foam, a foam which has high density and high compliance property when compared to Ethylene Vinyl Acetate foam, sponge foam, and memory foam⁽⁴³⁾. At present, the AIREX[®] Balance-Pad is another foam that is widely used in both clinical and laboratory settings^(40, 44, 45). However, there is no report on the accuracy of using Airex[®] Balance-Pad to assess balance performance. Therefore, this study assesses the accuracy of Airex[®] Balance-Pad in balance assessment by comparing its accuracy to identify elderly fallers with the NeuroCom[®] foam when used in the mCTSIB.

2 Research question

Which foam, AIREX[®] Balance-Pad and the NeuroCom[®] foam, has more accuracy in identifying elderly fallers?

3 Objective

Objectives of this study were

(1) To compare the time to maintain stability between elderly fallers and non-fallers when standing on conditions of mCTSIB.

(2) To compare the accuracy of differentiating elderly fallers from non-fallers when testing in the foam condition using AIREX[®] Balance-Pad foam and the NeuroCom[®] foam.

4 Hypotheses of the study

The AIREX[®] Balance-Pad foam would be as accurate in identifying elderly participants who have a history of fall as the NeuroCom[®] foam.

5 Advantages of the study

The cut-off score suggested from this study will be used to correctly identify elderly people who have fallen based on their ability to maintain stability on unstable surface. In addition, the results from this investigation will indicate the most suitable foam type to be used for identifying elderly who is at risk for fall.

6 Key words

Falls, Sensory integration, Postural stability, Elderly

7 Conceptual framework of this study

The conceptual framework of this study is presented in FIGURE 1.

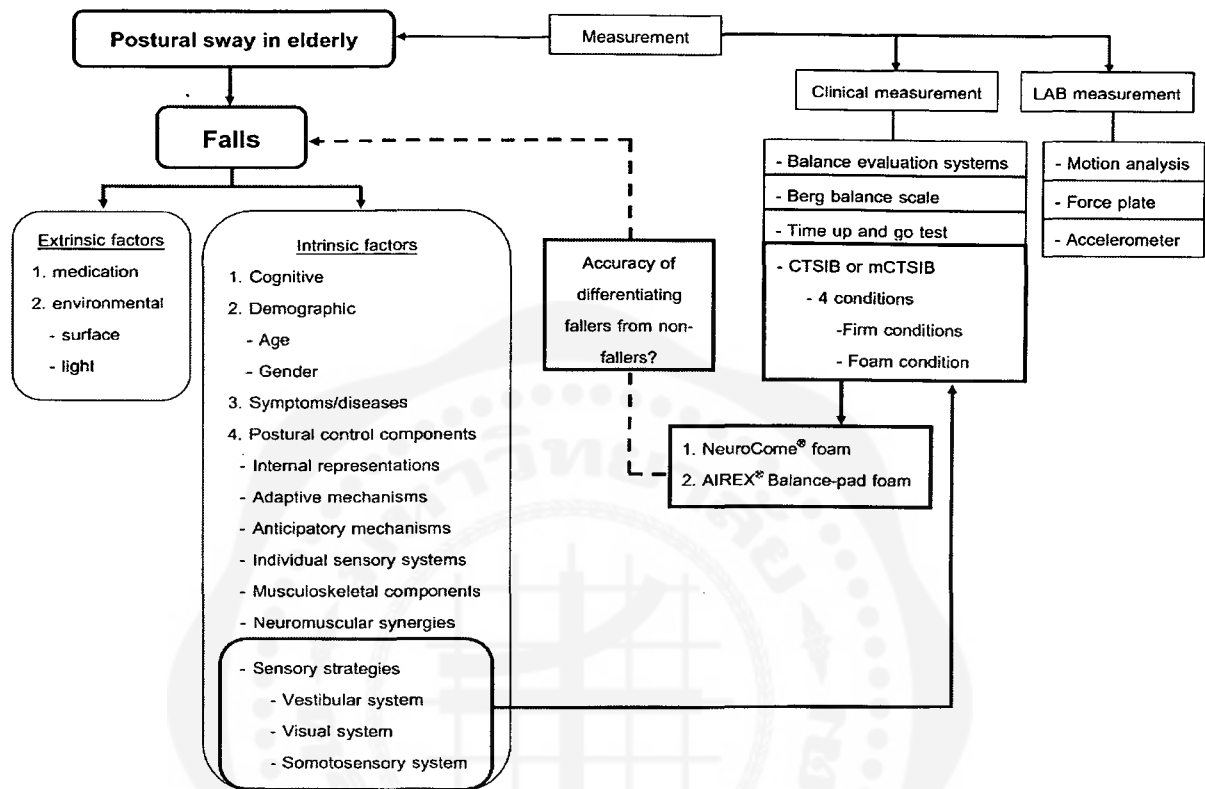


FIGURE 1 CONCEPTUAL FRAMEWORK

CHAPTER 2

LITERATURE REVIEWS

The review of literatures is divided into 6 parts as follows;

1. Fall incidence in elderly (definition of fall, fall incidence, the impact of fall)
2. Fall risk factors
3. Impairment of sensory system and sensory interaction function in elderly
4. Balance assessment
 - 4.1 Time Up and Go (TUG)
 - 4.2 Falls Efficacy Scale (FES)
 - 4.3 Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (CTSIB) and Modified CTSIB (mCTSIB)
5. Foam types used in CTSIB and mCTSIB and effect of foam types on test result
6. Measures of diagnostic accuracy of clinical assessment tool

1 Fall incidence in elderly and impact of fall

Fall is defined as the person coming to rest inadvertently on the ground or other lower level, excluding intentional change in position to rest in furniture, wall or other objects⁽¹⁾. A faller is defined as a participant who fell at least once⁽⁴⁶⁾. A recurrent fall is defined as a participant who fell at least twice and should be evaluated for treatable causes⁽¹⁾. Therefore, a faller in this study is defined as an individual with 1 or more falls in the previous 12 months and a non-faller is defined as a person who never falls in the same time period.

The incidence of falls increases with age: approximately 30 to 40 percent of community-dwelling people over the age of 65 years experience a fall every year^(47, 48), and it increases to 50 percent at the age of 80 years^(15, 49). In addition to the advancing age, an environment is related to the incidence of fall. In Thailand, 35.6 percent of elderly fell within 6 months and 18.7 percent of those elderly fell at least once⁽⁴⁹⁾. The influence of gender on

fall has been reported that women (24.1 percent) fall more often than men (12.1 percent) (50)

Falls can cause varieties of problems including physical disability, loss of ability to perform daily living as well as the financial, physical, and mental stress burden of caregivers and society as a whole (24, 51). Approximately 87 percent of falls result in psychological impairments such as fear of falling, depression, and loss of confidence in walking (52). Moreover, fall can lead to a more serious problem such as a fracture. It is evident that approximately 25 to 90 percent of hip fractures occur as a result of falls, especially in persons over 70 years of age (53, 54). This trauma can lead to a more serious issue such as an increased risk of mortality in elderly following hip fracture (55). The consequences of fall emphasize that fall is a serious threat to the health and quality of life in the elderly.

2 Fall risk factors

Risk factors for falls in the elderly can be categorized into two categories: a person specific (or intrinsic) and environmental (or extrinsic) factors (15, 16). The cause of fall in elderly has often occurred as a result of the combination between individual and environmental factors is risk factors (FIGURE 2) (16).

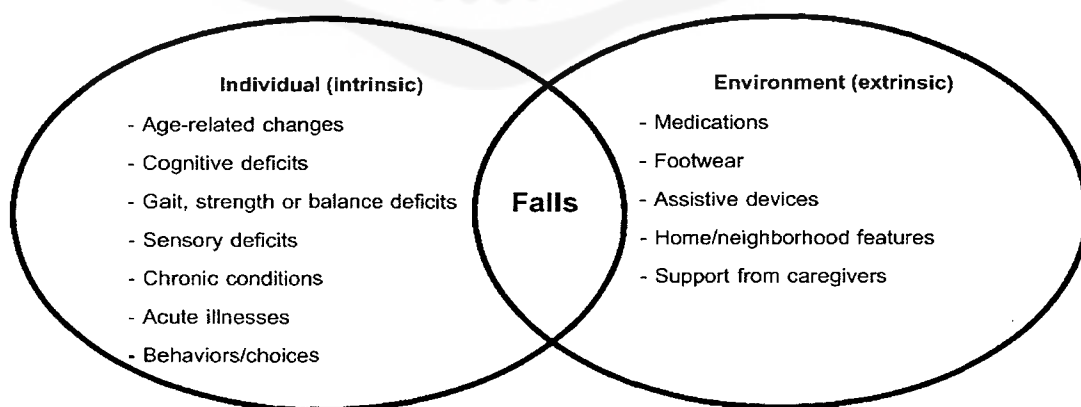


FIGURE 2 RISK FACTORS FOR FALLS IN THE ELDERLY (56)

2.1 Intrinsic factor

Intrinsic factor is individual-specific factors including age, nutritional status, cognitive impairment, gait and balance disorder, sensory system, and chronic disease,⁽¹⁴⁾⁽⁵⁷⁾. Age-related degeneration of muscular systems such as sarcopenia which leads to accelerated reductions in muscle mass, strength^(58, 59), and power can contribute to falls in elderly^(60, 61). Another factor leads to falls in elderly is nutritional status⁽¹⁴⁾. Nutritional deficiencies such as low body mass index (BMI) and vitamin D deficiency are associated with osteoporosis, abnormal gait and muscle weakness in elderly^(14, 62, 63). Poor nutritional status could lead to falling in elderly⁽¹⁴⁾. Cognitive impairment is associated with increased high risk of falls⁽⁶⁴⁾. The study of Gleason and colleagues (2009) found the rate of falls increased when the score of the Mini-Mental State Examination (MMSE) was lower than 22⁽⁶⁵⁾. Other studies have found an increased risk for falls with the MMSE scores below 24 or below 26⁽⁶⁶⁻⁶⁸⁾. Attention, a domain of cognitive functions, has been found to be most related to balance, gait and fall risk^(69, 70). Gait and balance problems are suggested as the strongest risk of falls in the elderly^(9, 71). Elderly persons with gait and balance deficits will be three times more likely to fall than those without the problems^(2, 9). Multiple factors including pain, loss of reflexes, impaired sensation and less sensory inputs contribute to gait and balance problems in elderly^(72, 73). Among those factors, sensorimotor functions is a major cause of gait and balance disturbances^(9, 74). More detail on the impact of impaired sensory system and sensory interaction for balance are described in the next topic. Age-related chronic conditions are associated with an increased fall risk⁽¹⁴⁾. Elderly persons with chronic diseases such as circulatory disease, chronic obstructive pulmonary disease, depression and arthritis are associated with a 32.2 percent increased risk of falling⁽⁷⁵⁾. Neurological problems such as stroke, Parkinson's disease, cerebellar dysfunction and vestibular pathology^(4, 76, 77) are also related to falls. Furthermore, elderly with diabetes leading to loss of peripheral sensation also prone to falls⁽⁷⁸⁾.

2.2 Extrinsic factor

Extrinsic factors have been reported to contribute to 16 percent⁽⁷⁹⁾ to 31 percent⁽⁹⁾ of falls in elderly. The extrinsic factors of fall include medication effects and

environment. The previous study reported that increased risk of fall found in elderly persons who took four or more medications was prescribed a new medication, and/or took higher doses of their current medication^(9, 80). Among several drugs used in elderly, medication for sedatives and hypnotics, for example, neuroleptics, antipsychotics, antidepressants, and benzodiazepines, are major factors leading to falling. Persons who took these types of medication had approximately one- to two-fold higher risk of fall (odds ratios = 1.35 to 1.68). Combinations of these drug types may greatly increase the risk of a falls⁽⁸⁰⁻⁸²⁾.

Fall in elderly can occur everywhere. At least one-third of falls in elderly involve environmental hazards inside or around the house^(56, 83). Falls outside of the house possibly occurs in several places such as in the yard, on the street, or in a public place. For inside the house, fall frequently occurs in the bathroom (21.1 percent)^(84, 85). Environmental hazards contribute to falling are poor lighting, an unsafe walking surface, footwear and clothing. These extrinsic factors increase fall risk especially in persons who had major intrinsic factors for fall risk such as gait or balance impairments^(18, 56).

3 Impairment of sensory system and sensory interaction function in elderly

Sensory systems and sensory interaction function are two of the fundamental components of a postural control system (FIGURE 3)⁽⁸⁶⁾. Inputs from the sensory system are used for postural orientation which is the active alignment of the trunk and head with respect to the environment⁽⁸⁶⁾. Moreover, the sensory information is subsequently used for properly selecting movement strategies for postural equilibrium which is the coordination of movement strategies to stabilize the center of body's mass (CoM) during both self-initiated and externally triggered disturbances of stability⁽⁸⁷⁾.

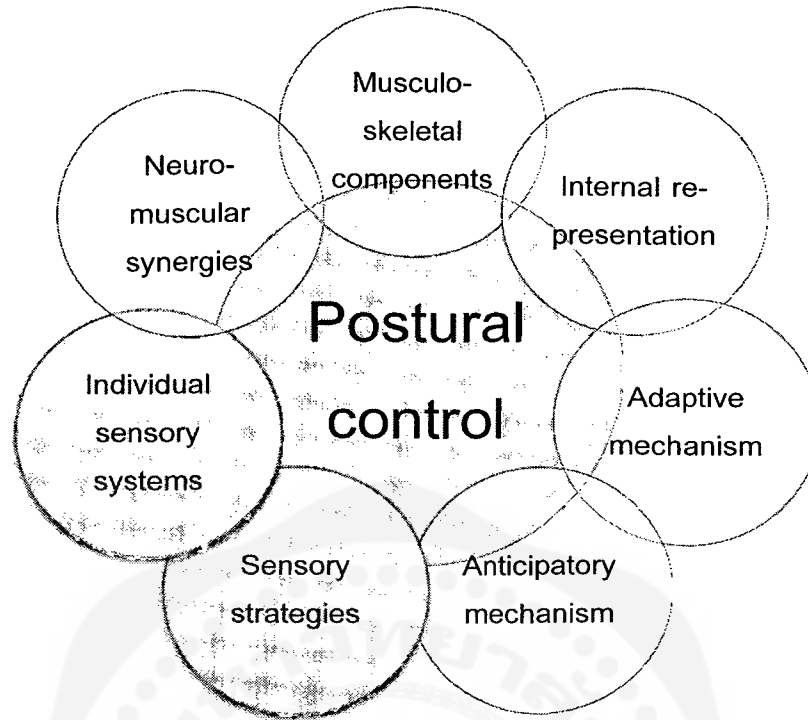


FIGURE 3 SENSORY SYSTEMS AND SENSORY INTERACTION, FUNDAMENTAL COMPONENTS OF THE POSTURAL CONTROL SYSTEM

The figure is adapted from Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control: Theory and Practical Applications: United States of America; 2001.⁽⁸⁶⁾

Three systems of the sensory system are somatosensory, vestibular and visual systems⁽⁸⁸⁾. These sensory inputs constitute the primary elements necessary for the central nervous system to process the postural control⁽⁸⁹⁾. Visual input is used for aligning the body with respect to surrounding object. Somatosensory input consists of proprioception and touch sensation. Information from this system allows the muscles to make an automatic adjustment to maintain balance and avoid falls. The vestibular system is responsible for processing information about movement with respect to gravity and works with the visual system to stabilize the eyes and maintain postural during exertion. Sensory interaction is the interaction of the senses to each other and how they influence each other⁽⁸⁶⁾. Impaired

function of the sensory systems and sensory interaction can contribute to poor balance performance and subsequently lead to falls ^(20, 21).

A normal function of those sensory systems and their integrative function are crucial for normal balance performance. Evidence showed that age-related decline in sensory function decreased elderly's balance performance ⁽⁹⁰⁻⁹²⁾. Deterioration in function of the vestibular system with increased age causes dizziness and vertigo and subsequently increases fall risk ⁽⁹¹⁾. Visual impairments (e.g., decreased visual acuity, contrast sensitivity, visual field and depth perception) ^(90, 93, 94) and impaired somatosensory function can contribute to falls ^(88, 95). Age-related decreased light touch sensation, muscle spindle activity, proprioception sensitivity, ⁽⁹⁵⁾ and vibration sense are associated with an increased risk of falling in elderly ^(96, 97). In addition, decreased the ability of the nervous system to interact sensory inputs for maintaining stability is also associated with high risk for fall. The previous study reported that elderly person had a higher risk for losing balance by 5.7 fold when standing on an unstable surface with eye closed as compared to standing on firm surface with eyes open ⁽⁹²⁾. Yingyongyudha et al. (2016) showed that the sensory orientation section of the Balance Evaluation System Test (BESTest) (standing on firm surface with eyes open, foam surface with eyes closed and Incline with eyes closed) produced larger AUC (equal 0.74) than the other sections, suggesting that sensory orientation sections had higher accuracy to classify fallers and non-fallers than the rest of the sections in the BESTest ⁽⁹⁸⁾.

4 Balance assessment

Balance is the ability to maintain the body's center of mass (CoM) in the base of support together with the ability to maintain the body in normal alignment ^(98, 99, 100). These abilities depend on the individual motor and sensory systems as well as the integration of sensorimotor functions ⁽¹⁰¹⁾. Balance is an important factor in stabilizing the body position while performing the activities of everyday life ⁽¹⁰²⁾. The purposes of balance assessment are to identify balance problem, determine a cause of the problem, identify a person who is at risk of fall, or predict a future fall in order to employ a suitable fall

prevention strategy. The clinical scales that are usually used to screen the elderly person who is at risk for falls are the Time Up and Go (TUG), Falls Efficacy Scale (FAS) and Clinical Test for the Sensory Interaction and Balance (CTSIB). These tools have the ability to accurately identify persons who is at risk for falls ⁽¹⁰³⁾. Description and properties of those scales are described below.

4.1 Time UP and Go test (TUG)

The Time Up and Go test (TUG) is a simple timed test to quantify functional mobility. The TUG has been associated with other tests of balance and functional mobility balance in the elderly with balance disturbances ⁽¹⁰⁴⁾. More specifically, it assesses the ability to perform sequential motor tasks relative to walking and turning. To perform the TUG test, measures in seconds, the time take by an individual to stand up from a standard arm chair (approximately seat height of 46 cm (18 inches), arm height 65 cm (25.6 inches)), walk a distance of 3 meters (approximate 118 inches), turn around, walk back to the chair and sit down ⁽¹⁰⁵⁾. The person who wears their regular footwear and use their customary walking aid (such as a cane, walker), if any, and walks at a comfortable and safe pace. The instructions were to walk (not run) as quickly, but as safely as possible ⁽¹⁰⁴⁾. The time to complete the task is measured with a stopwatch. A practice trial is given, followed by 3 timed trials. The results of the timed trials are averaged ⁽¹⁰⁴⁻¹⁰⁶⁾. The time is then compared to normative values for age, gender, and research-based guidelines that measure risk of falls and functional decline. The TUG is another commonly used screening tool for falls risk in the community setting ^(98, 104, 105).

The TUG is a reliable tool with excellent test-retest reliability (ICC = 0.97) ⁽¹⁰⁶⁾, inter-rater reliability (ICC = 0.98 - 0.99) ⁽¹⁰⁴⁻¹⁰⁶⁾ and intra-rater reliability (ICC = 0.97 - 0.99) ⁽¹⁰⁵⁻¹⁰⁷⁾ when test in the elderly people. For fall prediction, Shumway-Cook et al. (2000) reported a sensitivity of 87 percent, specificity of 87 percent and fall prediction rate of 87 percent in the elderly fallers ⁽¹⁰⁴⁾. Moreover, it does not suffer from the ceiling effect ^(104, 105, 108). Elderly persons who take longer than 14 seconds to complete the TUG have a high risk for falls with an overall correct prediction rate of 90 percent ^(105, 109). Thus, if a participant takes 14 seconds or longer was classified as high risk for falling. The TUG is

easy to use for assessing a population of frail elderly patients or can be used with the community-dwelling persons. This scale is quick and easy to perform without special equipment, just the stopwatch is required, or training ⁽¹⁰⁵⁾.

4.2 Falls Efficacy Scale (FES)

The Falls Efficacy Scale (FES) is a reliable clinical tool used to assess a person's confidence to performed several activities of daily living (ADLs) without falling and indicate fear of falling (FOF) ⁽¹¹⁰⁾. The FOF has been defined as an ongoing concern about falling, which ultimately limits the performance of activities of daily living (ADLs) ⁽¹¹¹⁾. The FES consists of a 10-item rating scale to assess confidence in performing daily activities without falling. Each item is rated from 0 to 10 scores based on confidence in maintaining ADLs. A score of 0 represents no confidence and a score of 10 represents the full confidence. The total score is calculated by summing all item responses and can range from 0 to 100 ⁽¹¹⁰⁾. It requires approximately 10 - 15 minutes to complete the questionnaire ^(110, 111). A total score of less than 70 indicates a person has a fear of falling (FOF) ^(110, 112). The FES showed the sensitivity of 59 %, specificity of 82 % for detecting elderly person has a FOF ^(110, 112). However, The FES has forewarning such that the score of subjective scale from perception is not related to what is used as a measure of ability.

4.3 Clinical Test for the Sensory Interaction and Balance (CTSIB)

4.3.1 Definition of test

The clinical test of sensory interaction and balance (CTSIB) is a measure of the body function and structure domain of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) Model ⁽¹¹³⁾. The CTSIB is used to provide information about the individual capacity to adapt using sensory strategies to maintain balance in 6 sensory conditions including 1) standing on a firm surface with eyes open, 2) standing on a firm surface with eyes closed, 3) standing on a firm surface with eyes open with a visual conflict dome, 4) standing on a foam surface with eyes open, 5) standing on a foam surface with eyes closed, and 6) standing on a foam surface with eyes open with a visual conflict dome ⁽²⁹⁾.

These conditions of the CTSIB simulate the demands involved in body balance through the manipulation of sensory inputs, such as changes in visual input, changes in the support surface, reductions in the support base, and the presence of conflicts between orientation information from different sensory systems. The CTSIB allows a preliminary assessment of how well a patient can integrate various senses with respect to balance and compensate when one or more of those senses are compromised^(29, 30).

The mCTSIB is another test of sensory interaction and balance. The test conditions in the mCTSIB were modified from the CTSIB by omitting the visual conflict dome conditions (condition 3 and 6), where measured balance duration did not differ from eyes closed conditions⁽³⁴⁾. As a result, the mCTSIB consists of 4 conditions of the CTSIB (condition 1, 2, 4 and 5). The conditions tested in the mCTSIB (FIGURE 4) and their interpretations are described below;

Condition 1 (condition 1 of the CTSIB): Eyes open with firm surface - provides a baseline. Information is available by all 3 sensory inputs including visual system, vestibular system and somatosensory system.

Condition 2 (condition 2 of the CTSIB): Eyes closed with firm surface - visual not available; somatosensory and vestibular systems are available. If a participant performs poorly, the vestibular or somatosensory systems may be compromised with an increase in visual dependency.

Condition 3 (condition 4 of the CTSIB): Eyes open with foam surface - somatosensory compromised; visual and vestibular systems are available. If a participant performs poorly, visual or vestibular systems may be compromised with an increase in somatosensory dependency.

Condition 4 (Condition 5 of the CTSIB): Eyes closed with foam surface - visual not available, somatosensory compromised; only vestibular is available. If performance is reduced, the vestibular system may be disrupted.

Visual conditions

		<i>Visual conditions</i>	
		Eyes open	Eyes close
<i>Surface conditions</i>	Floor		
	Foam		

FIGURE 4 FOUR CONDITIONS OF THE MODIFIED EST OF SENSORY INTERACTION AND BALANCE (mCTSIB)

4.3.2 Equipments and parameters

To measure performance during the mCTSIB test, a stopwatch is used to record the exact time that a person is able to maintain balance ⁽⁴¹⁾. Time is stopped during a trial when a person a) deviates from initial crossed arm position, b) opens eyes during an “eyes closed” trial condition, or c) moves feet (takes a step) or requires manual assistance to prevent loss of balance ^(30, 41). A trial is successful if the person is capable of maintaining the starting position independently for a period of 30 seconds. The trial is considered abnormal or poor balance if it lasted less than 30 seconds ⁽⁴¹⁾.

Characteristics of postural sway during the CTSIB or the mCTSIB can also be quantified using various laboratory equipment. Postural sway is defined as the continuous movement of the body's center of mass (CoM) and can be measured by the use of force plates through detecting fluctuations of the center of pressure (CoP) ^(39, 114, 115). The CoM is defined as a point that is at the center of the total body mass, determined by finding of the weighted average of the CoM of each body segment ⁽⁸⁶⁾. The CoP is defined as the point location of the vertical ground reaction force vector. It represents a weighted average of all the pressures over the surface of the area in contact with the ground ^(86, 116). For example, force platform has been used to measure amplitude, direction, and speed of movement of a CoP displacement ^(39, 114, 115) and motion analysis method has been used to determine movement of CoM ⁽¹¹⁷⁾. Recently, the wireless sensor detecting acceleration of body's movement has been suggested to use in balance assessment ^(40, 43).

Accelerometer is a more sensitive equipment that is capable for detecting the difference between balance challenging conditions than a force plate ⁽¹¹⁸⁾. Acceleration of CoM has been shown to be directly related to the difference between CoP and CoM, which has been suggested to be an error signal that the postural control system is sensing ⁽¹¹⁶⁾. Acceleration of CoM may, therefore, be a more adequate measure of balance than parameters derived from the displacement of CoP alone ⁽¹¹⁹⁾. A reference point over the lumbar spine was chosen for attaching accelerometer. This reference point was believed to be a good estimation of the CoM during standing ^(43, 120). Increased amplitude of acceleration during quiet stance is usually interpreted as postural sway or loss

of balance⁽¹¹⁶⁾. In addition, it has been shown that acceleration of the CoM can be used to detect the difference between test conditions of CTSIB in young and elderly participants⁽⁴³⁾ and between fallers and non-fallers^(40, 120).

Acceleration based parameters consist of sway area and root mean square (RMS) of the acceleration^(39, 40, 43). These two parameters (sway area and RMS) are commonly used for detecting balance in elderly^(39,40, 43). Sway area is related to the stability achieved by the postural control system^(121, 122) and this parameter describes the enclosed total area covering the displacement of CoM as it oscillates within the base of support⁽¹²³⁾. A general method in the computation of sway area is to divide the rectangular area into two-dimensional grid meshes. The curve representing by Xnet and Ynet may overlap several times. The coordinate Xnet represents sway in the anteroposterior (AP) direction, and the coordinate Ynet represents sway in the mediolateral (ML) direction⁽¹²³⁾. The area is defined by the differences between the maximum and minimum in Xnet and Ynet.

Root mean square (RMS) values represents the standard deviation of the displacement of the CoM or CoP and which indicated the direction of sway by calculating the differences between the RMS-AP and RMS-ML directions⁽¹²⁴⁾. This parameter measures the average absolute displacement around the mean CoM or CoP and has been employed by most researchers^(40, 43). The discrete RMS values were found for each task according to the equation:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i^2)}{n}}$$

where n is the number of data points and acceleration values (x_i) is the i^{th} sample's amplitude of the RMS in each directions (RMS-AP and RMS-ML (m/s^2))⁽⁴⁰⁾. A decrease in RMS represents an increased ability to preserve an upright stance. Contrarily, an increased value for either variable suggests a decreased ability to maintain postural control⁽¹²⁴⁾. A measure of RMS is used as predictors of fall risk in elderly⁽⁴⁰⁾.

4.3.3 Clinical implication

The conditions of the CTSIB and the mCTSIB have been used to differentiate balance performance among age groups and determine the person who has the balance problem. However, not all conditions can determine balance problem. The previous study founded that elderly had larger sway or demonstrated shorter duration to remain stable on foam surface conditions but they could maintain balance as similar as a younger person during floor with eyes open (EO) and eyes closed (EC) conditions^(30, 33, 41). In addition, assessment of quiet stance on firm surface conditions demonstrated low sensitivity for distinguishing elderly who had a history of fall from those with who had no history of fall⁽¹²⁵⁾. In contrast, the foam conditions are sensitive to differentiate fallers from non-faller. Standing time to identify fallers is approximately 26 to 29 seconds in the foam with eyes open condition and 16 to 25 seconds in the foam with eyes closed condition^(30, 41) (TABLE 1). Although the interpretation of balance performance using foam conditions of the CTSIB has some benefit in the clinical setting, Di Fabio and Anacker (1996) demonstrated a more usefulness of the interpretation of CTSIB test as a whole. They proposed the cutoff score of the CTSIB for detecting elderly who is at risk of fall. Summation of duration to maintain standing position on 6 conditions of CTSIB was less than 260 seconds (summation of all 3 repeated of 30 seconds trials for each of 6 conditions) for identifying fallers. Moreover, they found that elderly persons who have an average time of less than 81 seconds in 3 foam conditions (i.e., eyes open, eyes closed, and visual conflict doam) have a relative risk of falling at 8.67 times greater than those who had a higher score⁽³³⁾.

TABLE 1 CLINICAL IMPLICATION OF CTSIB MEASURE IN ELDERLY

Test condition	Time to detect balance problem in elderly	Time related fall risk	Reference
-------------------	--	---------------------------	-----------

Floor EO and EC	Could not differentiate young and elderly with and without balance problem	Cohen et al. (1993) ⁽³⁰⁾
-----------------	--	-------------------------------------

TABLE 1 (continued)

Test condition	Time to detect balance problem in elderly	Time related fall risk	Reference
Foam EO	average time of 29 seconds	-	Cohen et al. (1993) ⁽³⁰⁾ Ricci et al. (2009) ⁽⁴¹⁾
Foam EO (continued)	average time of 26 seconds in elderly who had history of fall recurrent falls	-	Ricci et al. (2009) ⁽⁴¹⁾
Foam EC	average time of 16 seconds average time of 25 and 20 seconds in elderly who had history of fall 1 fall and recurrent falls, respectively	-	Cohen et al. (1993) ⁽³⁰⁾ Ricci et al. (2009) ⁽⁴¹⁾
Foam EC, EO and ED	average time of less than 81 seconds	Time of less than 81 seconds (relative risk of falling 8.67 times)	Di Fabio and Anacker (1996) ⁽³³⁾
Floor and Foam with EC, EO and ED	average time of less than 260 seconds	Shorter than 260 seconds	Di Fabio and Anacker (1996) ⁽³³⁾

Note: EO; Eyes open and EC; Eyes closed

5 Foam types used in CTSIB and mCTSIB and effect of foam types on test result

A variety of foam types such as SunMate[®], Temper[®], NeuroCom[®], and AIREX[®] Balance-Pad are used in different studies of balance performance on CTSIB and mCTSIB test^(26, 29, 30,40, 42). These types of foam are similar in dimensions but different in other physical properties such as density, indentation force-deflection (IFD) or firmness, and elasticity (Young's modulus) (TABLE 2). Density is a measure of mass per unit volume⁽¹¹⁵⁾. Density and thickness of the foam surfaces in different studies have varied from one another considerably. For example, the foam block can range from 2 centimeter (cm) thick to 12 cm thick and from low density (25 kg/m^{-3})⁽¹²⁶⁾ to high density (54.53 kg/m^{-3})⁽¹¹⁵⁾. Indentation force-deflection (IFD) or firmness is a test method for foam to determine firmness, stiffness and measuring the force needed to cause reduction in foam thickness^(127, 128). High IFD implies increased hardness of foam and low IFD indicates softness of foam^(43, 128). Elasticity (Young's modulus) is a property of materials that change shape when a force acts and to return back to its original shape when the force stops^(115, 129). A hard material has a high Young's modulus (0.049 Mega-Pascal (MPa)) and changes its shape only slightly under elastic loads. A flexible material has a low Young's modulus (0.029 MPa) and changes its shape considerably⁽¹¹⁵⁾. These physical properties of the foam are related to its capability to provide an unstable surface condition of the balance test. For example, foam with higher Young's modulus induces larger body sway compared to those with a lower value of Young's modulus^(43, 128). Previous studies showed that the mechanical properties of the foam surface, e.g. density and IFD are significantly related to the stability challenge⁽¹¹⁵⁾. Standing on a foam surface reduces the ability of perceive somatosensory distribution and decreases body orientation for postural stabilization⁽¹¹⁵⁾. Furthermore, standing on foam also causes a mechanical perturbation. Compression of the compliant viscoelastic surface reduces the effectiveness of ankle torques required for

postural stability^(130, 131). The effect of foam properties on postural control suggests the careful selection of foam types used in CTSIB in order to ensure the accuracy of the test.

TABLE 2 PHYSICAL PROPERTIES OF FOAM TYPES

Physical properties	Dimension(m): width x length	Density (kg m ⁻³)	25% IFD (N)	65% IFD (N)	Young's modulus (MPa)	Reference
Medium						
foam (not report foam type)	0.47 x 0.46	21.3	-	-	0.020	Patel et al. (2008) ⁽¹¹⁵⁾
NeuroCom[®] foam	0.46 x 0.46	60.01	23.77	56.27	0.14	Chaikereee et al. (2015) ⁽⁴³⁾
AIREX[®] Balance-Pad foam	0.50 x 0.41	55	43.87	265.89	0.26	Lin et al. (2015) ⁽⁴⁴⁾

Note: m; meter, kg; kilograms, N; Newton, MPa; Mega Pascal and IFD; Indentation force-deflection

6 Measures of diagnostic accuracy of a clinical assessment tool

Assessment tools used in screening and diagnosis enable clinicians to diagnose and predict a particular characteristic, symptom, or disease⁽¹³²⁾. The important characteristic of the screening tool is the ability to accurately stratify individuals into different categories of clinical importance⁽¹³²⁾. Measurement of diagnostic accuracy are sensitivity, specificity, likelihood ratios, the receiver operating characteristic (ROC) analysis, and area under the ROC curve.

6.1 Sensitivity

The sensitivity is the ability of the test to correctly identify patients with a disease⁽¹³³⁾ or individual with a target condition such as a fall history. It is the proportion of true positive results to a combination of true positive and false negative test results, where a true positive is a test result correctly indicating a person as having a target condition and a false negative result is a test result classifying a person as not having a condition when that person is actually having it⁽¹³⁴⁾. The lower rate of sensitivity produces more false negative results, while the higher rate of sensitivity yields more true positive results⁽¹³⁵⁾. The sensitivity can be calculated by following formula:

$$\text{Sensitivity} = \frac{\text{True positive}}{\text{True positive} + \text{False negative}}$$

6.2 Specificity

The specificity is the ability of the test to correctly identify non-affected individuals or those patients without the disease⁽¹³³⁾. Specificity measures the proportion of true negative results to a combination of true negative and false positive test result, where a true negative result is a test result correctly indicating a person as not having a condition and false positive result is a test result classifying a person as having a condition when that person is actually not having it⁽¹³⁴⁾. A test with low specificity produces more false positive results, while a test with high specificity yields true negative results⁽¹³⁵⁾. The specificity can be calculated with following formula:

$$\text{Specificity} = \frac{\text{True negative}}{\text{True negative} + \text{False positive}}$$

Ideally, a test should have high sensitivity and high specificity; however, there are tradeoffs between sensitivity and specificity. A test with high sensitivity often has specificity reduced. In contrast, the testing with high specificity often has low sensitivity⁽¹³⁴⁻¹³⁶⁾.

6.3 Likelihood ratio (LR)

The likelihood ratio (LR) is a ratio of the probability that a test result is correct to the probability that the test result is incorrect⁽¹³⁷⁾. LR is used to assess the

potential utility of a particular diagnostic test, and how likely it is that a patient has a disease or condition ⁽¹³⁸⁾. The LR can be determined as positive and negative values ⁽¹³⁹⁻¹⁴¹⁾.

A positive likelihood ratio (LR+) is the probability of a positive outcome given a positive screening. It can be calculated using the following equation ^(140, 141);

$$LR+ = \frac{\text{True positive rate}}{\text{False positive rate}} = \frac{\text{Sensitivity}}{1 - \text{Specificity}},$$

where from true positive rate (specificity) is the patient has the disease and the test is positive, and false positive rate (1 - specificity) is the patient does not have the disease but the test is positive.

A negative likelihood ratio (LR-) is the probability of a negative outcome given a negative screening. The formula for calculating the negative likelihood ratio using following equation ^(140, 141);

$$LR- = \frac{\text{False negative rate}}{\text{True negative rate}} = \frac{1 - \text{Sensitivity}}{\text{Specificity}},$$

where the false negative rate (1 - sensitivity) is the patient has the disease but the test is negative, and true negative rate (specificity) is the patient does not have the disease and the test is negative

A good test should have both high LR+ and very low LR-. An LR+ of more than 5 and LR- of less than 0.2 represent relatively important effects. LR between 2 to 5 and between 0.2 to 0.5 may be important, depending on nature of the diagnosis being studied, values close to 1 represent no changing effect, it means the test is useless (TABLE 3) ⁽¹⁴⁰⁾.

TABLE 3 A GUIDE TO DETERMINING THE EFFECT OF LIKELIHOOD (LR)⁽¹⁴⁰⁾

High LR	Low LR	Effect on Posttest Probability
> 10	< 0.1	Large and often conclusive increase in the likelihood
5 - 10	0.1 - 0.2	Moderate increase in the likelihood
2 - 5	0.2 - 0.5	Small increase in the likelihood
1 - 2	0.5 - 1.0	Minimal decrease in the likelihood
1	1	No change in the likelihood

Note: LR; likelihood ratio

6.4 Receiver Operating Characteristic (ROC) curve

Analysis of the ROC analysis is an effective method for evaluating the performance of diagnostic tests⁽¹⁴²⁾. The ROC curve (FIGURE 5) is a plot of the true positive rate (sensitivity) in y-axis against 1 - specificity (the false positive rate) in x-axis across a range of cut points for predicting or differentiating a clinical characteristic. The area under the ROC curve (AUC) is a measurement of the overall accuracy of a test⁽¹⁴³⁾. The AUC corresponds to the ROC shape. If The ROC curve approach is closer to the upper left corner (100% sensitivity, 100% specificity), the AUC will be larger, indicating the higher overall accuracy of a test⁽¹⁴⁴⁾. Value of AUC can be range from 0 to 1; a value less than 0.50 indicates no discriminative ability, a value between 0.50 - 0.70 indicates low accuracy, a value between 0.70 - 0.90 indicates moderate accuracy, and over 0.90 indicates high accuracy^(135, 145).

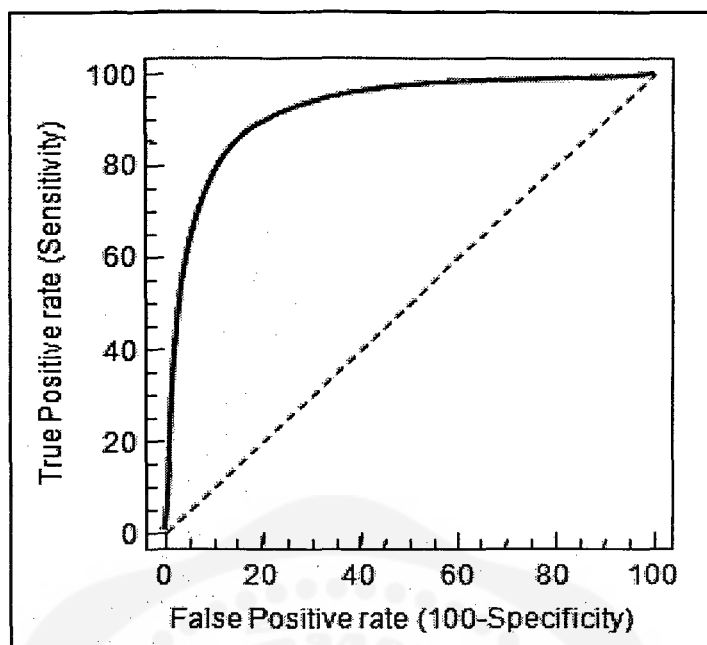


FIGURE 5 RECEIVER OPERATING CHARACTERISTIC (ROC) CURVE

Figure from Lalkhen AG, McCluskey A. Clinical Tests: Sensitivity and Specificity. Oxford Journals. 2008;8(6):23-221⁽¹⁴⁴⁾.

6.5 Cutoff score

The ROC analysis can also be used to determine the optimal cut-off score of a test. The optimal cutoff score is the most maximum of vertical distance of ROC curve⁽¹³²⁾, where the proportion of participants that is accurately classified is maximal (the cutoff score which has a high sensitivity and also a high specificity)⁽¹⁴⁶⁾. There are three methods used to determine optimal cutoff value^(143, 147, 148). The first method uses the square of distance between the point on the upper left hand corner of ROC space and any point on ROC curve, for example, disease status² (d^2) = (1 - true positive fraction² (TPF²)) + false positive fraction² (FPF²) = (1 - sensitivity)² + (1 - specificity)²⁽¹⁴³⁾.

The second method, the Youden index uses the maximum of vertical distance of ROC curve from the point (x, y) on diagonal line (chance line). The Youden index (J) maximizes the difference between true positive fraction (TPF) or sensitivity ($q(c)$) and false positive fraction (FPF) or 1 - specificity ($p(c)$). Youden Index defined as $J = \text{TPF} -$

$FPF = \text{Sensitivity} + \text{Specificity} - 1$ ⁽¹⁴⁸⁾. J represents the maximum vertical distance between the ROC curve and the diagonal chance line representing a useless biomarker's ⁽¹⁴⁹⁾. Optimal cutoff score (c_j) succeeds ideologically by maximizing the overall rate of individuals classified correctly $q(c_j) + p(c_j)$. As a result, the overall rate of misclassifications, $(1 - q(c_j)) + (1 - p(c_j))$ is minimized (FIGURE 6 black thick line). In addition, a criteria has been suggested and utilized where the point on the curve closest to (0,1) criteria in $\min = \sqrt{(1 - \text{sensitivity}(c))^2 + (1 - \text{specificity}(c))^2}$, is identified and the corresponding cutoff score ⁽¹⁴⁹⁾. The objective function defined as the distance between the couple $(1 - q(c), p(c))$ and the optimal point (0,1), representing maximum specificity ($p(c) = 1$) and maximum sensitivity ($q(c) = 1$) in the ROC plane (FIGURE 6 dashed line). According to this method, the cutoff score that achieves this maximum is referred to as the optimal cutoff score (c_j) because it is the cutoff score that optimizes the biomarker's differentiating ability when equal weight is given to sensitivity and specificity ^(148, 149) (FIGURE 6).

The third method incorporates the financial costs for correct and false diagnosis and the costs of a further workup for diagnosis (e.g. prevalence in the target population) ⁽¹⁴⁸⁾. This method takes into account the epidemiologic situation and the relative consequences of false negative (FN) and false positive (FP) test results. For example, given a disease of low prevalence and high cost of FP diagnoses, it may be advisable to choose a cutoff at the lower part of the curve to maximize specificity. If on the other hand, the disease occurs at high prevalence a cutoff value towards the upper part of the curve would be selected to maximize sensitivity ⁽¹⁴⁷⁾.

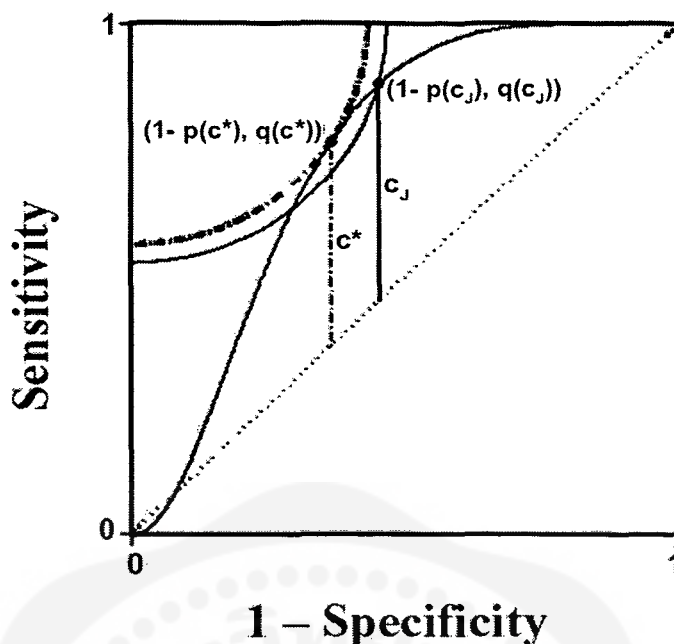


FIGURE 6 ROC CURVE BASED ON THE VERTICAL LINES AND REFERENCE ARCS
IDENTIFY THE YODEN INDEX AND THEIR CORRESPONDING OPTIMOL
CUTOFF SCORES (c_J and c^*), RESPECTIVELY

Figure from Perkins NJ, Schisterman EF. The Inconsistency of "Optimal" Cutpoints Obtained Using Two Criteria Based on the Receiver Operating Characteristic Curve. *American Journal of Epidemiology*. 2006;163(7):670-675⁽¹⁴⁸⁾.

The cutoff score where the proportion of participants that were accurately classified is maximal (the cutoff score which has a high sensitivity and also a high specificity). Usually, a clinician wants a specificity of 95 percent and tries to find the cutoff for that. However, in some cases it is almost as important to have a high sensitivity, e.g. in the test used to identify a serious but treatable disease⁽¹⁵⁰⁾. Previous studies use a specificity of at least 95 percent as criterion even with a decreased sensitivity⁽¹⁵¹⁾ or for screening, a sensitivity of at least 80 percent even with a decreased specificity⁽¹⁵⁰⁾. Therefore, at the optimal cutoff score, it is important to consider both sensitivity and specificity simultaneously.

CHAPTER 3

METHODOLOGY

1 Research Design

Design of this study is an observational research design.

2 Participants

Male and female elderly persons were recruited from the suburban communities in Pathum Thani, Thailand with the following inclusion criteria:

- (1) age equal or over 60 years;
- (2) able to stand independently without assistive device for at least 2 minutes;
- (3) able to walk with or without using walking aids for at least 6 meters;
- (4) no history of neurological diseases such as stroke and Parkinson's disease.

participants were excluded from this study with the following criteria:

- (1) on medications that is affecting balance (see APPENDIX C ^(152, 153));
- (2) having disorder signs or symptoms of vertigo, nystagmus in the day of assessment;
- (3) having blindness or severely impaired sight that cannot be corrected by eye glasses;
- (4) unable to follow instructions;
- (5) having uncontrolled cardiovascular conditions. For instant, heart disease, hypertension or congenital diseases which are dizziness, confused, vomit, angina or chest pain at rest, high blood pressure (BP), if either the systolic or diastolic number is high (more than 160/100 millimeter of mercury (mmHg)) at rest, a heart rate of more than 100 beats per minute (bpm) at rest in the day of assessment;
- (6) having diabetes mellitus that lead to loss of feet sensation;
- (7) having severe leg pain that perturbs standing in the day of assessment (pain scale equal or more than 4 points of numeric resting scale (NRS) ⁽¹⁵⁴⁾);

(8) having severe musculoskeletal problems such as scoliosis, kyphosis on obviously from observation, osteoarthritis has severe leg pain that perturbs standing in the day of assessment (pain scale equal or more than 4 points of NRS ⁽¹⁵⁴⁾), deformity of lower limbs or problems that impact on standing independently;

(9) having cognitive impairments indicating by a score less than 24 out of 30 on the Mini-Mental State Examination-Thai version 2002 (MMSE-Thai) (see APPENDIX B ^(155, 156));

(10) Body Mass Index (BMI) equal or more than 30 kg/m² ⁽¹⁵⁷⁾.

The study was approved by ethic committee and all participants received information about the objective, process and protocol of the study before signing inform consent.

3 Sample size

The sample size calculation for comparing mean of two independent groups was calculated based on the following equation; ⁽¹⁵⁸⁾

$$n/group = \frac{2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2}$$

Where;	n	=	the number of participants required in each group
	$Z_{\alpha/2}$	=	Type I error rate (α)
	Z_{β}	=	Type II error rate (β), power ($P = 1 - \beta$)
	σ	=	standard deviation of mean difference
	μ_1	=	the mean of group 1
	μ_2	=	the mean of group 2

The sample size for each was calculated based on previous study reporting mean and standard deviation of time to maintain balance for four conditions of the mCTSIB in fallers (105.45 ± 23.45) and non-fallers (115.96 ± 9.43) ⁽⁴¹⁾ and power and α error

probability was set at 0.05 and 0.95, respectively. Therefore, the required number of participant in each group (fallers and non-fallers) was 92 and thus the total sample size for this study was 184 participants.

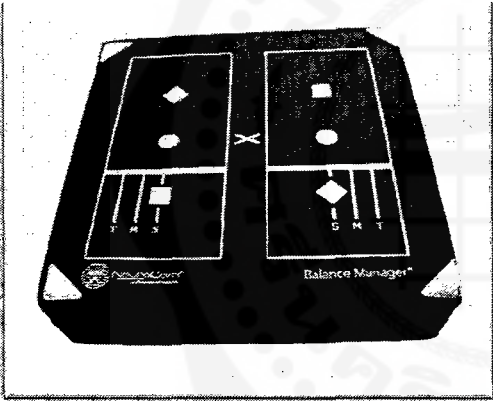
4 Equipment

The equipment used in this study included the following (FIGURE 7):

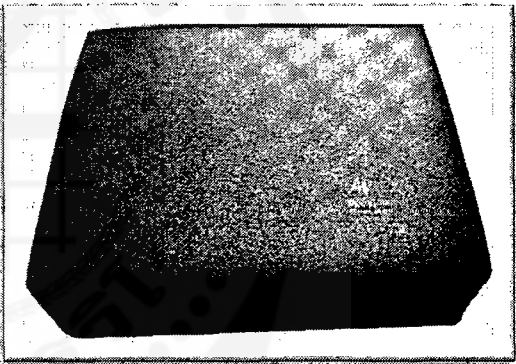
- (1) acceleration based equipment, OPAL inertial sensor and Mobility Lab software (APDM, Mobility LabTM)⁽⁴³⁾ and a computer (FIGURE 7 A);
- (2) NeuroCom[®] foam (dimensions 0.46 x 0.46 m.) (FIGURE 7 B);
- (3) AIREX[®] Balance-Pad foam (dimensions 0.50 x 0.41 m.) (FIGURE 7 C);
- (4) black clothing covers (FIGURE 7 D);
- (5) A stopwatch (ULTRAK 495) (FIGURE 7 E)
- (6) A foot markers (FIGURE 7 F)



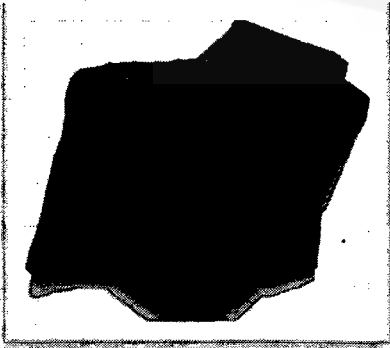
A



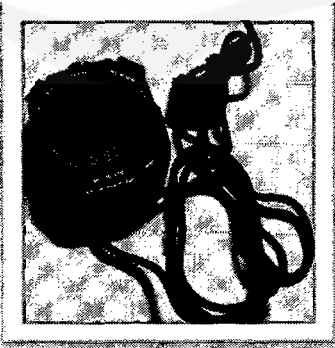
B



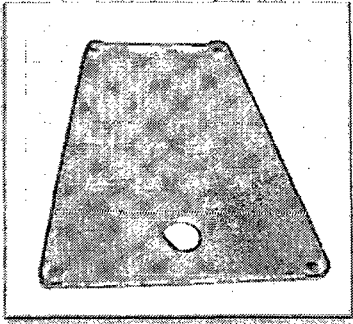
C



D



E



F

FIGURE 7 THE EQUIPMENT USED IN THIS STUDY

5 Procedures

The elderly in this study, one hundred and eighty-four participants from the sample size calculation were recruited based on the inclusion and exclusion criteria. Participant's characteristics, fall history (number of fall within 12 months, fall location and types of fall) and general health status (APPENDIX A) were gathered before starting other tests. Participant's cognitive function and comprehension were examined using the Mini-Mental State Examination-Thai version 2002 (MMSE-Thai)^(155, 156) (APPENDIX B), which assessed 5 components; orientation, memory, language, calculation, and attention. A person who had the MMSE score of below 24 points, which indicated cognitive impairment, would be excluded from the study. The participants were categorized at entry into two groups based on their fall histories within the last 12 months. Those who had one fall or more would be classified as faller and those who never fall would be identified as a non-faller. Functional balance performance and fear of falling of participants would be determined using the Time Up and Go test (TUG) (APPENDIX D) and Falls Efficacy Scale (FES) - Thai version⁽¹¹⁰⁾ (APPENDIX E), respectively. Standing balance during four conditions of mCTSIB: floor - eyes open (F-EO), eyes closed (F-EC), foam eyes open and closed were examined. Two types of foam, were applied for foam conditions of the mCTSIB: NeuroCom[®] foam - eyes open (N-EO), eyes closed (N-EC), AIREX[®] Balance-Pad foam - eyes open (A-EO), and eyes closed (A-EC).

Prior to testing in each condition, a researcher demonstrated the task and participants were allowed to practice the task until they become familiar with the task. During each condition, participants were asked to stand barefoot with feet shoulder width apart, arm crossed touch on the shoulder, looking forward at a picture hang at eye level of each individual during eyes open trials⁽¹⁵⁹⁾ (FIGURE 9). Their feet position was controlled throughout all trials using the foot markers (FIGURE 7 F and 9). Participants were asked to maintain the standing position for as long as possible, up to 2 minutes, and performed each condition once. Vital sign and blood pressure were measured prior to and after the testing. A few minutes of resting period with sitting, stretching lower limbs muscle and marching between trials were applied to prevent fatigue. During testing, participants were allowed to

rest as long as they needed if they were too tired to perform the next task. Discontinuation was following these criteria; leaving the study during the test and having sign and symptom such as dizziness, confused, vomit, angina or chest pain at rest, high blood pressure (BP) more than 160/100 mmHg at rest, a heart rate of more than 100 bpm at rest, staying aggravated would stop the test immediately. The order of test was randomized using the computer-generated randomization (see APPENDIX G for sequence of randomization).

Time to maintain stability during each condition was recorded using a stopwatch. The record began after an examiner's command "start" and terminated when position of participant's feet and arms changed, eyes opened during eyes closed condition, or required manual assistance to prevent a fall ^(30, 41). The postural sway characteristics were measured using acceleration-based equipment, OPAL inertial sensor (APDM, Mobility LabTM) (FIGURE 7A) ⁽⁴³⁾. Prior to each trial, an accelerometer was strapped at the fifth lumbar spine (L5) (FIGURE 10) and the data were collected at the sampling rate of 50 Hz ⁽¹⁵⁹⁾. The total duration of testing was approximately 45 minutes for each participant. The evaluation was performed in the same setting and all participants received the same verbal instruction. A flowchart of study procedure is shown in FIGURE 8.

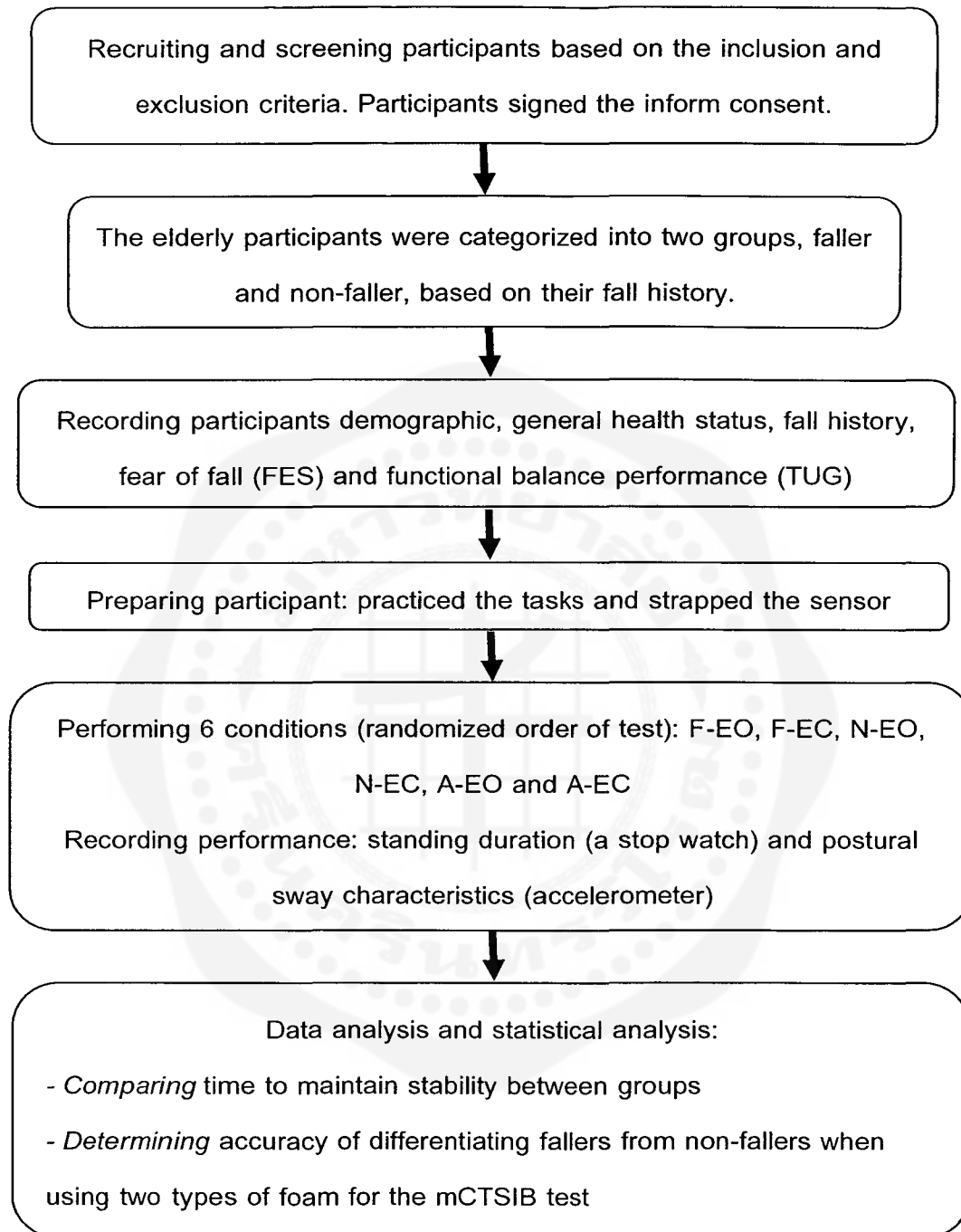


FIGURE 8 A FLOWCHART OF STUDY PROCEDURE

F-EO; floor - eyes opened, F-EC; floor - eyes closed, N-EO; NeuroCom[®] foam - eyes opened, N-EC; NeuroCom[®] foam eyes closed, A-EO; AIREX[®] Balance-Pad foam - eyes opened and A-EC; AIREX[®] Balance-Pad foam eyes closed

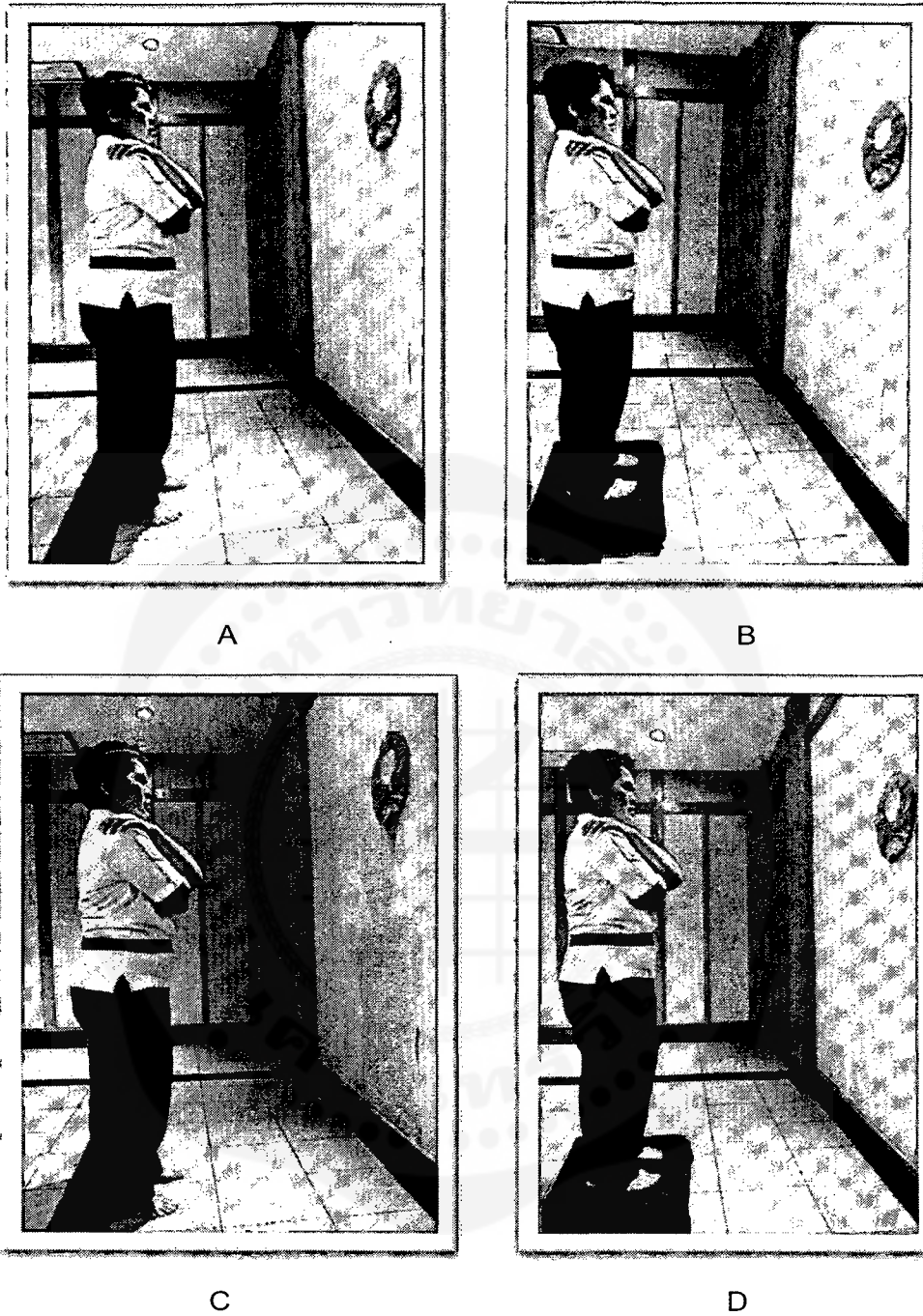


FIGURE 9 STUDY SETTING, STATRING POSITION FOR FOUR CONDITIONS (FIRM (A) AND FOAM (B) WITH EYES OPENED AND FIRM (C) AND FOAM (D) WITH EYES CLOSED)

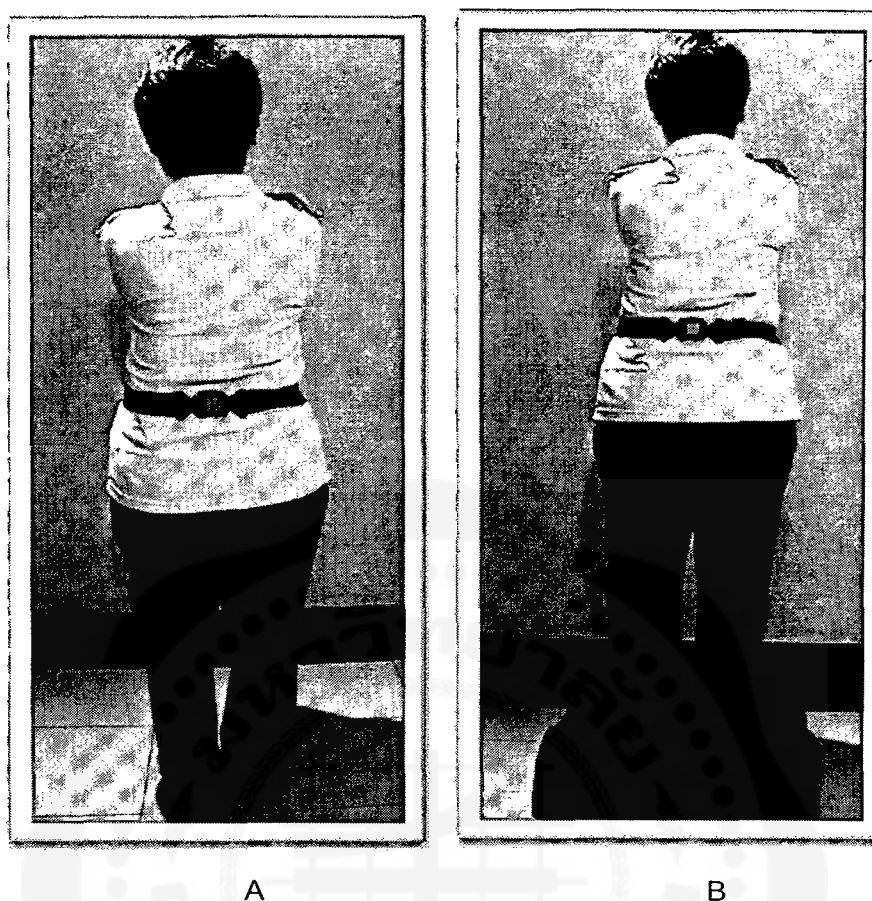


FIGURE 10 AN ACCELERATION SENSOR IS STRAPPED AT THE FIFTH LUMBER SPINE (L5) OF A PARTICIPANT IN FIRM (A) AND FOAM (B) CONDITIONS

6 Data Analysis

The demographic and clinical characteristics

The demographic and clinical characteristics of the participants were described using descriptive statistics. Baseline characteristics between fallers and non-fallers were examined using independent t-test.

Comparing composite score obtained from two types of foam pads

The time to maintain balance during four conditions (eyes opened and closed on floor and on foam) were combined to determine a composite score (total maximum score is 480 seconds) of each participant. The composite scores from the AIREX[®] Balance-Pad foam and the NeuroCom[®] foam were compared using paired samples t-test.

Comparing composite score between fallers and non-fallers

The composite scores for fallers and non-fallers were calculated. The effects of groups and types of foam pad on the composite score were analyzed using two-way mixed ANOVA.

Time to maintain stability and comparing postural sway characteristics during elderly faller and non-faller standing on conditions of Mctsib

Time to maintain balance during each study conditions (F-EO, F-EC, N-EO, N-EC, A-EO, and A-EC) for faller and non-faller groups were determined and compared using two-way mixed ANOVA.

Raw sensor data from all trials were gathered to generate excursions of the CoM acceleration projected on the horizontal plane using the Mobility Lab software. The Sway area and root mean square of acceleration in the anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) directions (RMS-AP and RMS-ML) were used to characterize postural sway during each test condition ⁽¹⁶⁰⁾ and compared between fallers and non-fallers using two-way mixed ANOVA.

Comparing the accuracy of differentiating elderly fallers from non-fallers when testing foam condition using AIREX[®] Balance-Pad foam and the NeuroCom[®] foam

Receiver operating characteristic (ROC) analysis was used to determine the performance of the composite score from two foam types for classifying participant with and without falling history. The cutoff score for differentiating fallers from non-faller were chosen using the composite score that provides high sensitivity and high specificity ⁽¹⁴⁶⁾. Likelihood ratio was calculated for determining probability of correctly identifying fallers and non-fallers. A positive likelihood ratio (LR+) and a negative likelihood ratio (LR-) were calculated for composite score from each types of foam using the criteria: LR+ of more than 5 and a LR- of less than 0.2 ⁽¹⁴⁰⁾. The percentage of accuracy of each foam type for classifying elderly who actually fall were calculated.

Statistical analysis for comparing time to maintain stability between groups and determining accuracy of differentiating fallers from non-fallers when using two types of foam

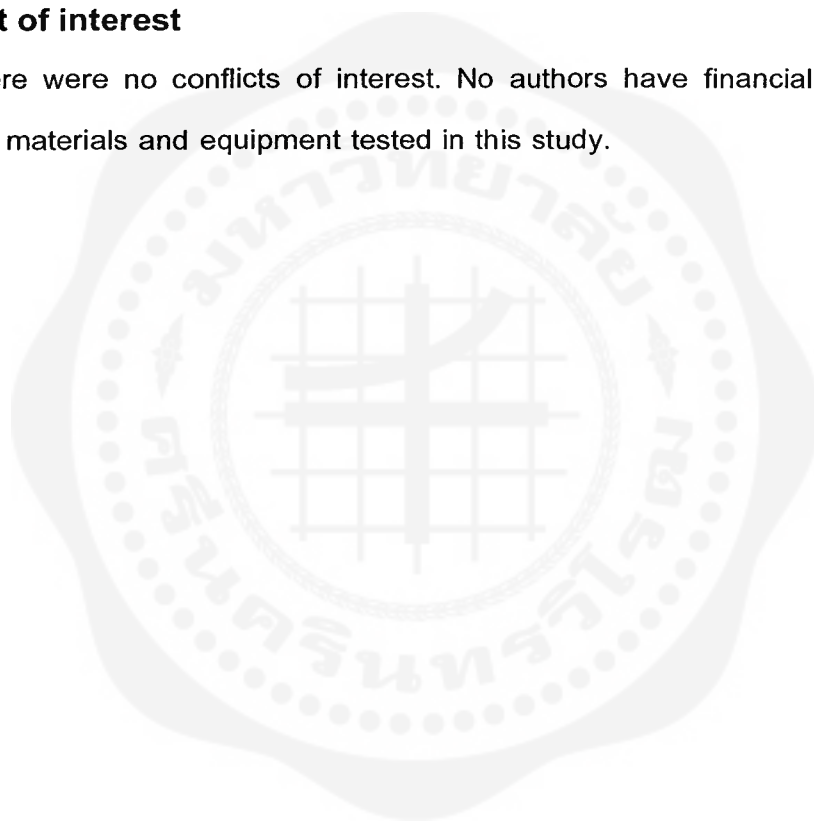
was performed using the SPSS software version 23. Statistical significance was set at a level of p-value of less than 0.05.

7 Ethical Considerations

This research protocol was approved by human research ethics committees, Faculty of Physical Therapy, Srinakharinwirot University (PTPT2017-010) and the participants signed the inform consent before participated in the study.

8 Conflict of interest

There were no conflicts of interest. No authors have financial relationships with any research materials and equipment tested in this study.



CHAPTER 4

FINDINGS

One hundred and eighty-four elderly, ninety-two in each faller and non-faller group were participated in this study. Demographic and clinical characteristics of the participant were shown in TABLE 4. Sixty-one percent of the elderly in the faller group had fallen more than one in the past 12 months. The most falls occurred outdoor (fifty-seven percent) as a result of trip, slip and postural transition such as moving from sitting to standing or standing to sitting, sitting on a chair and stepping up or down the stairs. Fallers and non-fallers groups did not differ in age, weight, high, BMI, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, heart rate, lower limb muscle strength, functional ambulation category and MMSE score ($p > 0.05$).

TABLE 4 SUBJECT' S DEMOGRAPHIC AND CLINICAL CHARATERISTICS

Demographic & Characteristics		Non-fallers (n=92)	Fallers (n=92)	P-value
Age (years) :		68.23 ± 5.60	69.59 ± 5.84	0.109
Gender (%):	Female	55.43	58.70	-
	Male	44.57	41.30	
Fall history within 12 months (%):	0	100	-	
	1	-	38.04	
	More than 1	-	61.96	
Fall locations (%):	Indoor	-	42.39	-

Demographic & Characteristics	Non-fallers (n=92)	Fallers (n=92)	P-value
Outdoor		57.61	

TABLE 4 (continued)

Demographic & Characteristics	Non-fallers (n=92)	Fallers (n=92)	P-value
Types of fall (%):			
Slip	-	30.43	
Trip	-	47.83	-
Postural transition	-	21.74	
Weight (kg):	66.09 ± 6.13	67.87 ± 6.35	0.055
Height (cm):	166.28 ± 5.97	165.35 ± 5.51	0.271
BMI (kg/m²):	23.81 ± 2.23	24.75 ± 2.65	0.074
Systolic BP (mmHg):	125.61 ± 5.11	124.77 ± 6.36	0.327
Diastolic BP (mmHg):	83.10 ± 3.98	82.74 ± 4.62	0.574
Heart Rate (bpm):	80.54 ± 4.32	81.21 ± 4.90	0.332
LE Muscle strength (/5):	4	4	-
FAC Score (/5):	5	5	-
MMSE Score (/30):	27.11 ± 1.94	26.63 ± 1.93	0.096

values are shown in mean $\pm$ SD, kg; kilogram, cm; centimeter, BMI; Body mass index, bpm; beats per minute, BP; blood pressure, LE; lower extremity, FAC; functional ambulation categories, MMSE; The Mini Mental State Examination. except the LE muscle strength and test by manual muscle test and FAC score is presented as median.

Figure 11 shows functional balance performance score on the FES - Thai version and the TUG for fallers and non-fallers. Fallers group demonstrated significant lower FES score (67.46 ± 6.82 scores) than the non-fallers group (94.72 ± 5.46 scores) (FIGURE 11A). Similar results were seen in the TUG scores where the fallers group spent longer time to complete the test (23.71 ± 9.85 seconds) than the non-fallers group (12.26 ± 3.75 seconds) (FIGURE 11B).

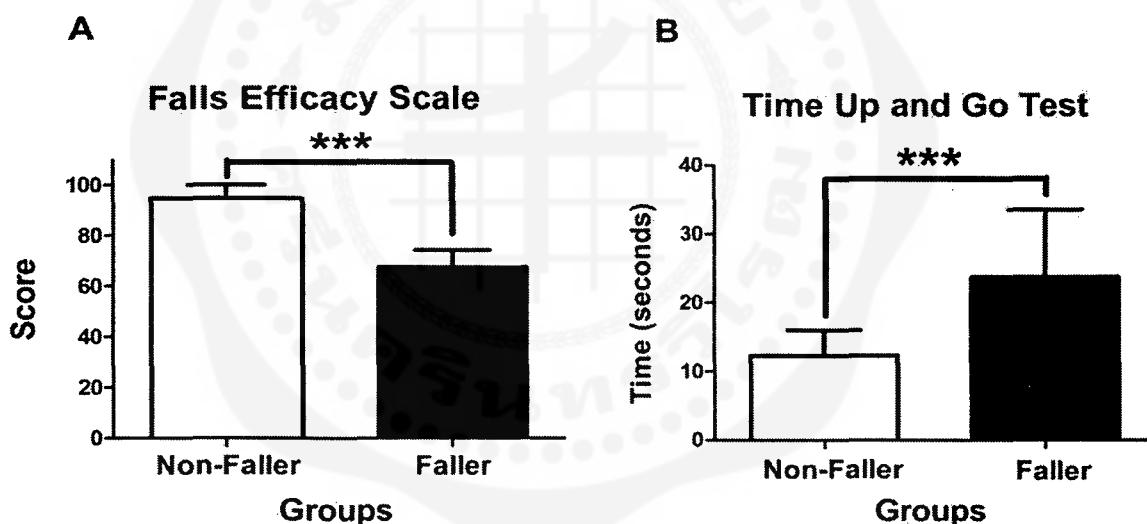


FIGURE 11 BALANCE SCORES BETWEEN FALLER AND NON-FALLER GROUPS IN FALLS EFFICACY SCALE (A) AND (B) TIME UP AND GO TEST

*** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.001$.

Figure 12 shows the composite scores of the NeuroCom[®] foam and the AIREX[®] Balance-Pad foam from all participants. The mean composite score of the NeuroCom[®] foam was 426.27 ± 65.72 seconds (88.80 % of maximum possible score) and AIREX[®] Balance-Pad foam was 430.95 ± 63.53 seconds (89.79 % of maximum possible score), indicating

declined balance performance in elderly. There was no difference in composite score when standing on the AIREX[®] Balance-Pad foam and the NeuroCom[®] foam ($p = 0.125$), indicating that participants could maintain stability on the AIREX[®] Balance-Pad foam similar to this ability on the NeuroCom[®] foam.

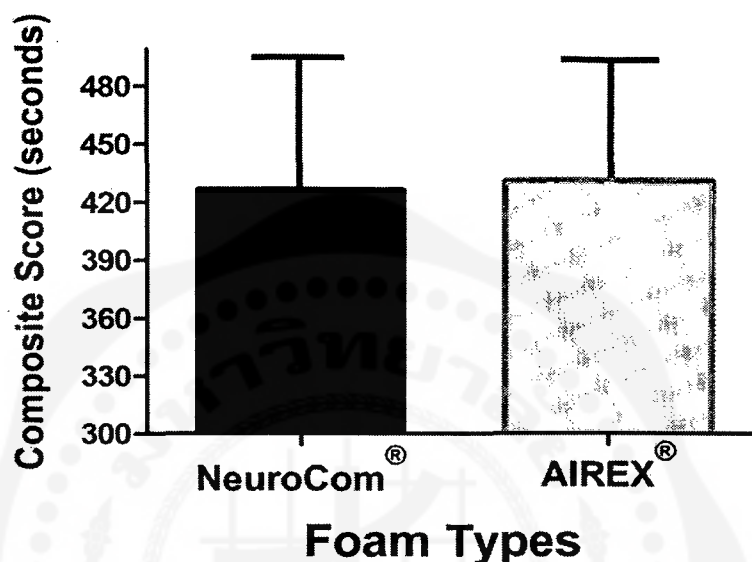


FIGURE 12 A COMPOSITE SCORE FOR TWO TYPES OF FOAM PAD.

Figure 13 shows the mean composite scores between fallers and non-fallers when standing on two types of foam pads. During standing on the NeuroCom[®] foam, the faller group (381.92 ± 63.82 seconds) had significantly lower composite score than the non-faller group (470.61 ± 25.22 seconds). Similarly, when standing on the AIREX[®] Balance-Pad foam, the faller group (388.18 ± 62.95 seconds) had significantly lower composite score than the non-faller group (473.72 ± 21.33 seconds). This finding indicated that the fallers could maintain stability for a shorter period of time when compared to the non-fallers. No significant difference on the composite scores were found between NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam.

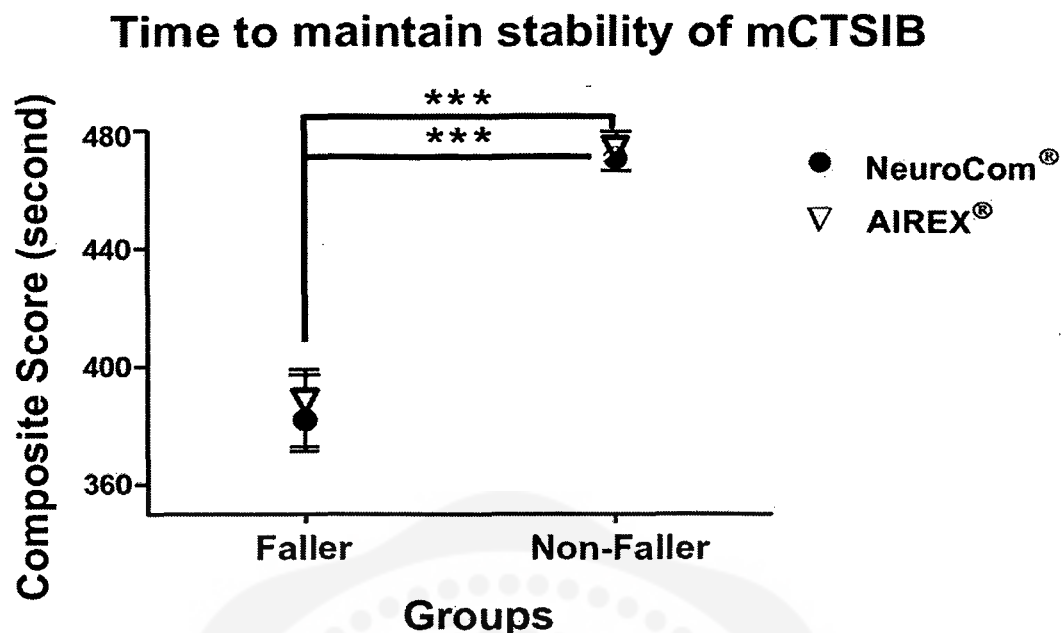


FIGURE 13 A COMPOSITE SCORE FOR TWO TYPES OF FOAM PAD BETWEEN FALLER AND NON-FALLER GROUPS.

values are shown as mean $\pm$ SD. *** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.001$.

Figure 14 shows the average time to maintain stability for each condition of the mCTSIB between the faller and non-faller groups when using NeuroCom® foam and AIREX® Balance-Pad foam. There was no difference in time to maintain stability between groups during eye open-firm surface condition. Difference between fallers and non-fallers was evident during eye closed-firm surface condition. Standing on foam condition, either NeuroCom® foam or AIREX® Balance-Pad foam resulted in larger differences of time to maintain stability between fallers and non-fallers during both eye open and eye-closed condition. There is no difference between foam types on time to maintain stability.

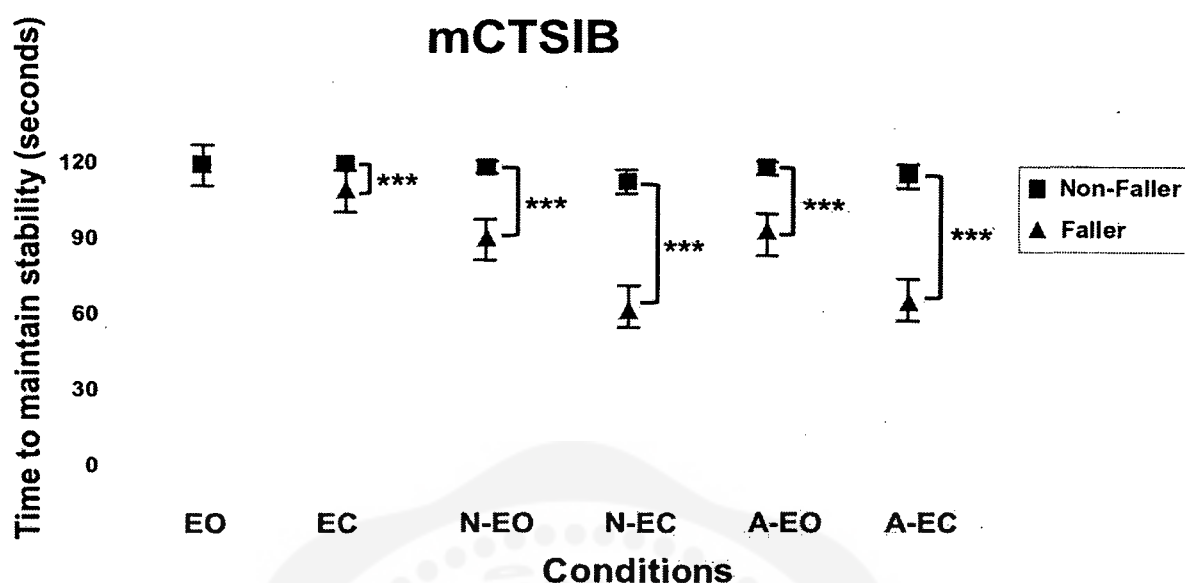


FIGURE 14 TIME TO MAINTAIN STABILITY IN EACH CONDITION BETWEEN FALLERS AND NON-FALLERS.

values are shown as mean $\pm$ SD, EO; floor - eyes opened, EC; floor - eyes closed, N-EO; NeuroCom[®] foam - eyes opened, N-EC; NeuroCom[®] foam eyes closed, A-EO; AIREX[®] Balance-Pad foam - eyes opened and A-EC; AIREX[®] foam eyes closed. *** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.001$.

Figure 15 shows center of mass (CoM) acceleration signal during standing on mCTSIB conditions between a representative faller and a representative non-faller elderly participant. The magnitude of acceleration signals was larger and more dispersed in the faller participant compared to the non-faller for all mCTSIB conditions and all types of foam, except standing on floor with eyes open condition. Consistent with these observations, the other sway variables such as sway area, RMS-AP and RMS-ML, showed differences between the fallers and non-fallers groups (FIGURE 16 - 18).

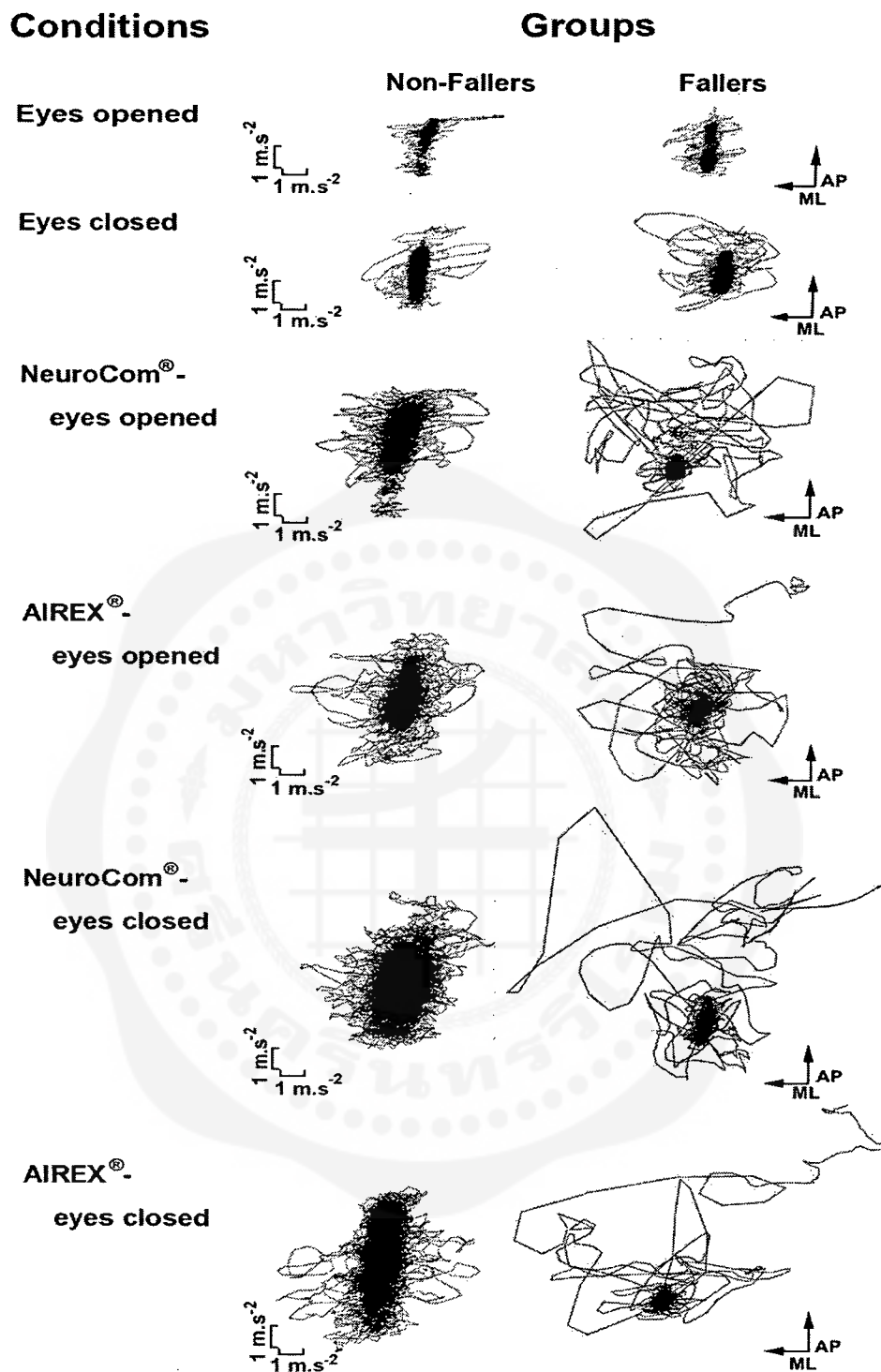


FIGURE 15 THE ACCELERATION TRAJECTORIES IN THE HORIZONTAL PLANE FOR TWO REPRESENTATIVE PARTICIPANTS IN THE mCTSIB CONDITIONS USING THE NEUROCOM® AND THE AIREX® BALANCE PAD FOAM.

AP; anteroposterior, ML; mediolateral

Figure 16 shows mean values of the sway area for each condition of the mCTSIB between the faller and non-faller groups when using NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam. Significant differences of sway area were found between faller and non-faller groups when standing on foam conditions ($p < 0.001$), while the differences between group were not found when standing on firm surface during both eyes opened ($p = 0.615$) and eyes closed conditions ($p = 0.862$). There was no difference in sway area between two types of foam.

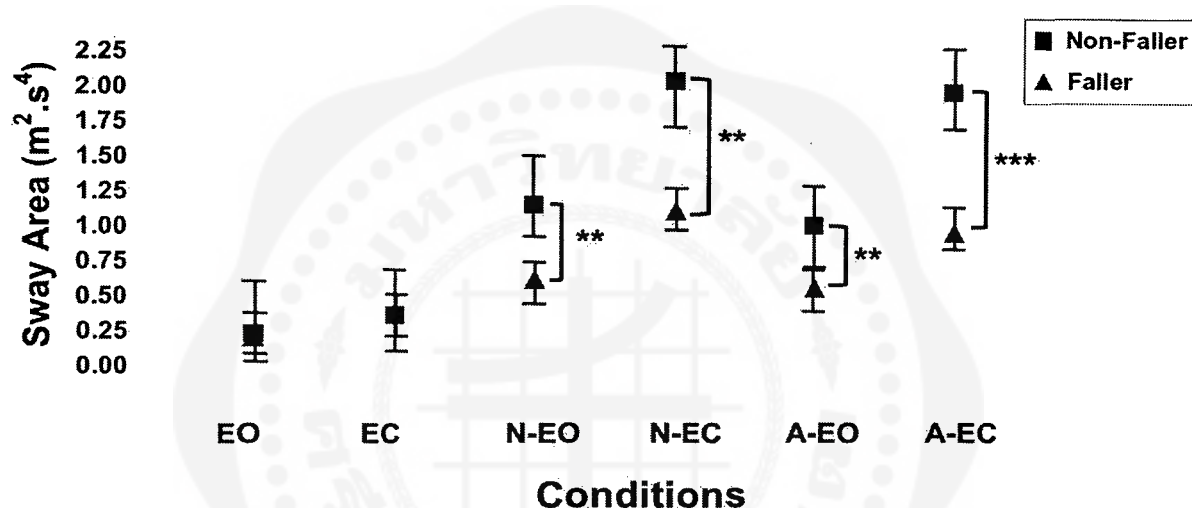


FIGURE 16 MEAN SWAY AREA IN THE mCTSIB CONDITIONS BETWEEN FALLERS AND NON-FALLERS WHEN USING THE NEUROCOM[®] AND THE AIREX[®] BALANCE PAD FOAM.

values are shown as mean $\pm$ SD, EO; floor - eyes opened, EC; floor - eyes closed, N-EO; NeuroCom[®] foam - eyes opened, N-EC; NeuroCom[®] foam eyes closed, A-EO; AIREX[®] Balance-Pad foam - eyes opened and A-EC; AIREX[®] foam eyes closed. ** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.00$. *** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.001$.

The average RMS-AP of CoM acceleration for each condition of the mCTSIB between faller and non-faller groups when using NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam was shown in Figure 17. Significant larger of RMS-AP of CoM acceleration ($p <$

0.05) in fallers than the non-fallers were found when standing on foam conditions, but not under firm with eyes opened and eyes closed conditions ($p = 0.837$ and $p = 0.570$ respectively). There was no difference in RMS-AP of CoM acceleration between two types of foam.

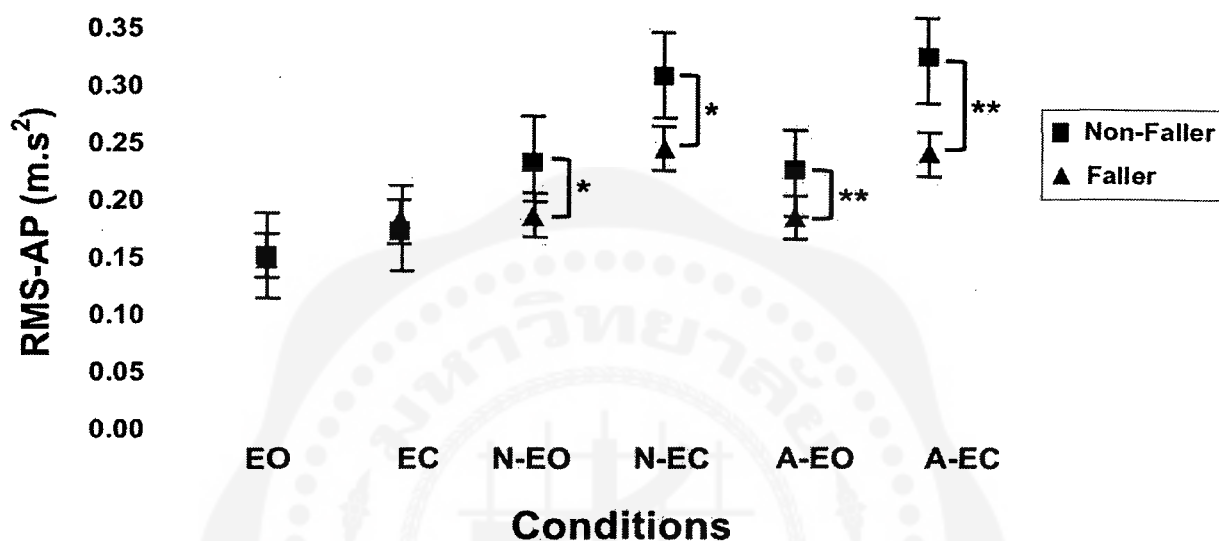


FIGURE 17 MEAN ROOT MEAN SQUARE OF ACCELERATION IN ANTEROPOSTERIOR (RMS-AP) DIRECTION IN EACH CONDITION BETWEEN FALLER AND NON-FALLER GROUPS WHEN USING THE NEUROCOM[®] AND THE AIREX[®] BALANCE PAD FOAM.

values are shown as mean $\pm$ SD, RMS; root mean square, AP; anteroposterior, EO; floor - eyes opened, EC; floor - eyes closed, N-EO; NeuroCom[®] foam - eyes opened, N-EC; NeuroCom[®] foam eyes closed, A-EO; AIREX[®] Balance-Pad foam - eyes opened and A-EC; AIREX[®] foam eyes closed. * Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.05$. ** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.001$.

The average RMS-ML of CoM acceleration for each condition of the mCTSIB between the faller and non-faller groups when using NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam was shown in Figure 18. Significant larger of RMS-ML of CoM acceleration ($p < 0.001$) in fallers than the non-fallers were found when standing on foam conditions, but not under firm with eyes opened and eyes closed conditions ($p = 0.305$ and

$p = 0.585$ respectively). There was no difference in RMS-ML of CoM acceleration between two types of foam.

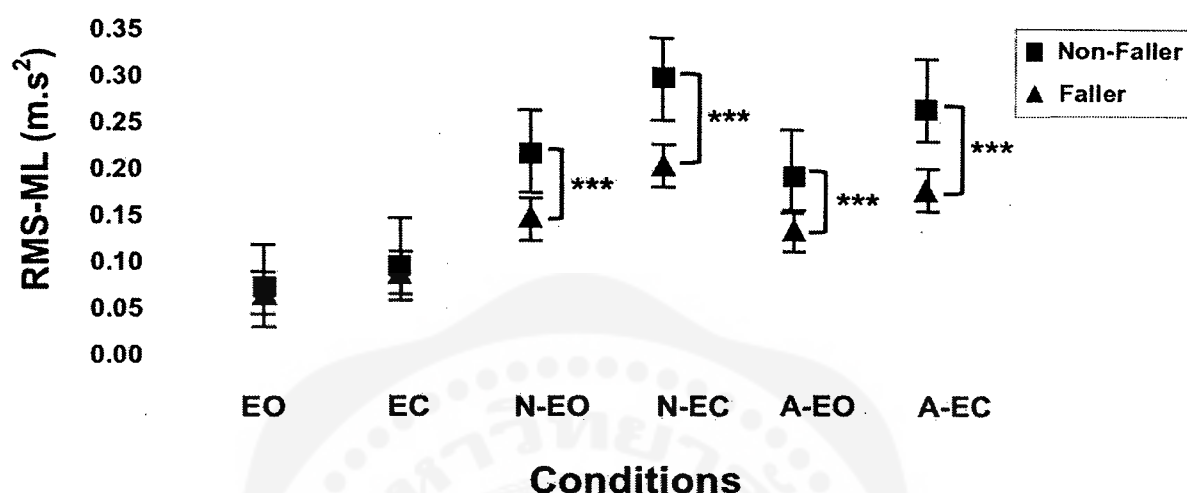


FIGURE 18 MEAN ROOT MEAN SQUARE OF ACCELERATION IN MEDIOLATERAL (RMS-ML) DIRECTION IN EACH CONDITION BETWEEN FALLERS AND NON-FALLERS

values are shown as mean $\pm$ SD, RMS; root mean square, ML; mediolateral, EO; floor - eyes opened, EC; floor - eyes closed, N-EO; NeuroCom[®] foam - eyes opened, N-EC; NeuroCom[®] foam eyes closed, A-EO; AIREX[®] Balance-Pad foam - eyes opened and A-EC; AIREX[®] foam eyes closed. *** Significant difference between fallers and non-fallers at $p < 0.001$.

Receiver operating curves for identifying participants with history of falls using the mCTSIB composite scores from the use of the NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam are presented in Figure 19. Together with the AUC (Table 9), the composite scores from using both NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam were highly accurate for identifying participants with history of falls. Table 9 also demonstrated comparable cutoff score (447 and 452 out of 480), sensitivity, specificity, and percentage of accuracy using the cutoff score between NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam (TABLE 9). In addition, the LR+ and LR- analyses indicated that both the NeuroCom[®] foam and AIREX[®]

Balance-Pad foam were the appropriate equipment used for the mCTSIB to identify participants with history of falls.

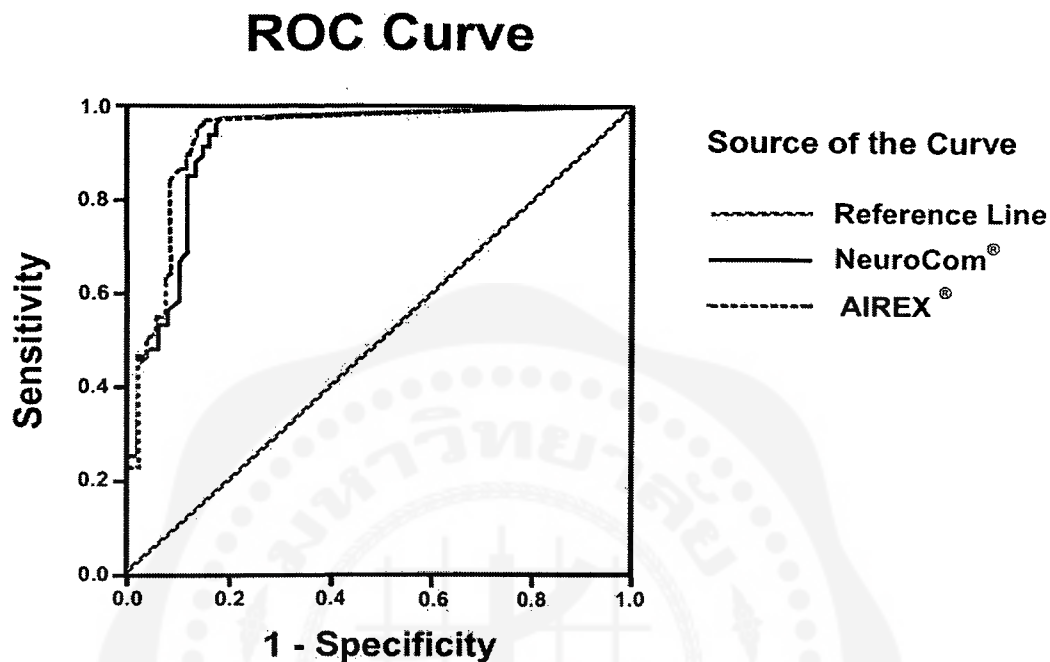


FIGURE 19 RECEIVER OPERATING CURVE (ROC CURVE) TO IDENTIFY THE FALLERS USING THE COMPOSITE SCORE FROM THE NEUROCOM® FOAM AND AIREX® BALANCE-PAD FOAM

TABLE 5 AREA UNDER THE CURVE, CUTOFF SCORE, SENSITIVITY, SPECIFICITY, LIKELIHOOD RATIO AND PERCENTAGE ACCURACY OF COMPOSITE SCORE

	NeuroCom [®] foam	AIREX [®] foam
AUC (95% CI)	0.94 (0.90 - 0.97)	0.95 (0.92 - 0.98)
Cutoff score	447	452
Sensitivity (95% CI)	0.89 (0.81 - 0.93)	0.90 (0.83 - 0.95)
Specificity (95% CI)	0.89 (0.83 - 0.95)	0.92 (0.81 - 0.93)
Positive likelihood ratio	8.17	11.86
Negative likelihood ratio	0.12	0.10
Posttest accuracy (%)	89.13	90.21

AUC; Area Under the Curve, CI; Confidence Interval, posttest accuracy was calculated using the selected cutoff score.

CHAPTER 5

DISCUSSION AND CONCLUSION

Discussion

This study aimed to compare the time to maintain stability between elderly fallers and non-fallers and compare the accuracy of identifying elderly with history of falls using the composite scores derived from AIREX[®] Balance-Pad foam and the NeuroCom[®] foam. Our results demonstrated similar time to maintain stance stability in all mCTSIB conditions (composite score) when standing on the AIREX[®] Balance-Pad foam and NeuroCom[®] foam. These results highlighted clinical utility of these foams such that both foams can be used interchangeably to evaluate stance stability as measured by mCTSIB test, resulting in economic benefit in clinic because the AIREX[®] Balance-Pad foam (5,000 baht) is less expensive than the NeuroCom[®] foam (30,000 bath).

Similar composite score when using the AIREX[®] Balance-Pad foam and the NeuroCom[®] foam could be due to relatively similar physical properties of the foam, namely size, thickness, shape and Young's modulus. Previous studies suggested that Young's modulus was the important physical property related to postural instability^(43, 115). They reported the Young's modulus of 0.14 Mega Pascal (MPa) for the NeuroCom[®] foam⁽⁴³⁾ and 0.26 MPa for the AIREX[®] balance pad foam⁽⁴⁴⁾. The mCTSIB is a measure of sensory systems and sensory interaction function of postural control systems, visual, vestibular, and proprioceptive systems⁽⁸⁶⁾ which is deteriorated with increasing age⁽¹⁶²⁾. Relatively similar physical properties of both foams result in similar composite score of mCTSIB, indicating that both foams perturbed the somatosensory inputs to the central nervous system in the similar amount.

This study also confirmed the usefulness of foam in differentiating balance ability between faller and non-faller elderly. This can be seen from different standing duration during mCTSIB and different RMS of acceleration. Lower composite score of faller elderly suggested that faller group had lower balance ability than the non-fallers group. Meta-

analysis of when standing on force platform technique of mCTSIB reported larger and more dispersed of sway area, RMS-AP and RMS-ML when standing on foam conditions in elderly fallers⁽¹⁶³⁾. In line with this finding, previous studies also reported poorer balance ability in elderly fallers in term of TUG and FES measurement. The TUG has been shown to be a moderate prediction of balance ability and fair diagnosis accuracy in discriminating healthy elderly fallers^(98, 104). The FES demonstrated moderate to excellent prediction ability in discriminating elderly community dwelling with fallers^(110, 112, 164). In the present study, our fallers also took longer time to complete the TUG test and demonstrated lower score of the FES when compared to the non-fallers, indicating that elderly participants with falling history had poor mobility and balance performance and higher level of fear of falling in performing activities of daily living.

Our study revealed that difference in standing balance ability during mCTSIB between fallers and non-fallers was not evident when there were abundant sensory inputs from all sensory systems (somatosensory, visual and vestibular systems), as during standing on firm surface with eyes opened condition. These findings were in accordance with previous studies that reported faller showed similar standing duration on firm surface with eyes opened condition when compared to non-fallers⁽⁴¹⁾. In addition, previous studies reported that measuring RMS-AP and RMS-ML on eye-open firm surface condition failed to differentiate elderly with falling history from those without falling history⁽³⁹⁻⁴¹⁾.

The two types of equipment, a stopwatch and linear accelerometers assessment has demonstrated good validity and reliability for postural sway⁽¹⁶⁵⁾. Both tools used in this study showed similar ability to differentiate fallers from non-fallers under several conditions of the mCTSIB test. However, only a stopwatch measure time to maintain balance could differentiate fallers from non-fallers under firm surface with eyes closed condition. Reasonable explanation was that the time to maintain stability terminated in relation position of participants to prevent a fall e.g. arms change or eyes opened during eyes closed condition. These minor movements may not cause large movement of lumbar segment. Therefore, the result on linear accelerometer assessment at the 5th lumbar level - between fallers and non-fallers was not different. Consequently, the present study confirmed that a

stopwatch (clinical setting) for time to maintain stability could be used to correctly identify elderly who have risks of falls during mCTSIB testing. These findings suggested that composite score of the mCTSIB test had potential to identify elderly who was prone to fall.

The composite score of 447 and 452 (out of 480) were suggested as the cutoff score for identifying the elderly with fall history when using the NeuroCom[®] foam and AIREX[®] Balance-Pad foam, respectively. These cutoff scores are different from the score of less than 260 seconds (out of 540 seconds) that was suggested by a previous study⁽³³⁾. Such difference is due to differences in number of conditions, the repetition of the test, and the duration for each condition of the sensory integration test. In the previous studies, three repetitions of the six conditions of the CTSIB, 30 second each condition was used, whereas in the present study, no repetition of the four conditions of the mCTSIB, 120 seconds each condition was used. In addition, the discrepancy of the findings could arise from differences in characteristics of the participants. Elderly who were participated in the present study were more active and younger (mean age of 69 years) than frailty elderly (mean age equal or over 80 years) participated in the previous study⁽³³⁾. This study confirmed that the composite scores yielded from the AIREX[®] Balance-Pad foam could identify elderly fallers. To approach accuracy and consistency of the use of AIREX[®] Balance-Pad foam and NeuroCom[®] foam in the mCTSIB, the selection the cutoff score of foam type should be aware.

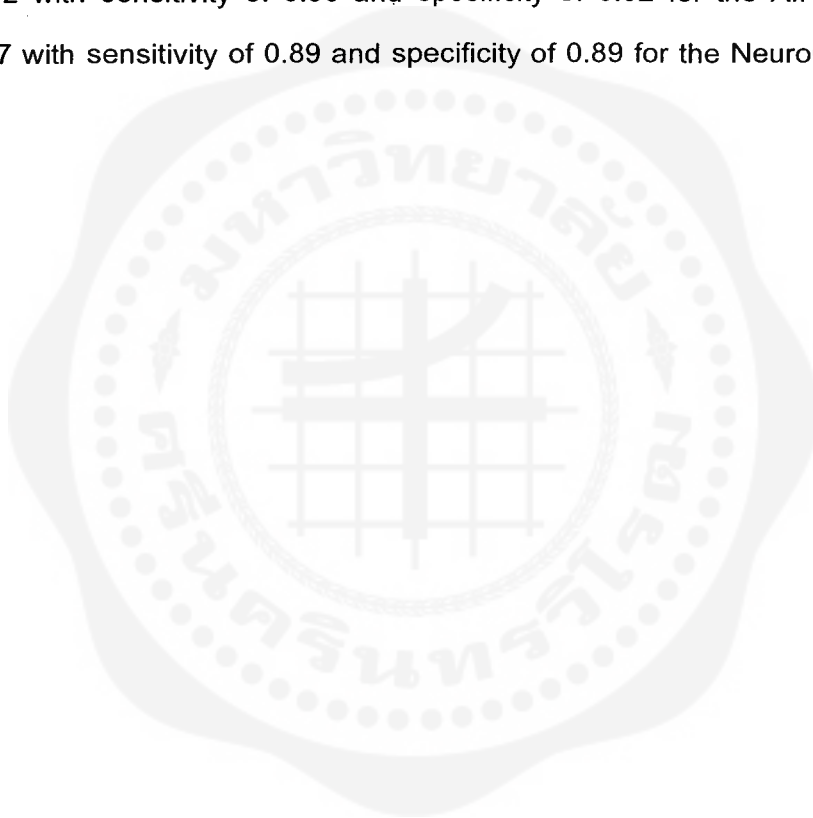
Limitation and suggestion

The healthy and active elderly persons were recruited to participate in this study. These can be seen from the level of lower extremity muscle strength and functional ambulation categories. Therefore, results from this study can be applied to the same characteristics of elderly participants. Further study should include elderly with different performance in the evaluation of the AIREX[®] Balance-Pad foam for mCTSIB. In addition, we extended the standing duration in each condition from the 30 seconds (in the original mCTSIB) to 120 seconds, as no difference was found during the first 30 seconds. One should be cautious when applying this results in the clinic where only 30 seconds are

required for testing mCTSIB such that both types of foams do not differ in term of time to maintain stance stability during that short period of standing.

Conclusion

The AIREX[®] Balance-Pad foam and NeuroCom[®] foam can be used interchangeable to identify elderly who has and has no history of falls. The composite score of standing duration during 4 conditions of mCTSIB was suggested as an indicator to differentiate between elderly who has and has no history of falls. The cutoff composite score was 452 with sensitivity of 0.90 and specificity of 0.92 for the AIREX[®] Balance-Pad foam, and 447 with sensitivity of 0.89 and specificity of 0.89 for the NeuroCom[®] foam.





BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAPHY

1. Fuller GF. Falls in the Elderly. *American Family Physician*. 2000;61(7):2159-2168.
2. Rubenstein LZ, Josephson KR. Falls and Their Prevention in Elderly People: What does the Evidence Show?. *Medical Clinics of North America*. 2006;90(5):807-824.
3. National Statistical Office. Report on the 2007 Survey of the Older Persons in Thailand. National Statistical Office. 2007:1-4.
4. O'Loughlin JL, Robitaille Y, Boivin JF, Suissa S. Incidence of and Risk Factors for Falls and Injurious Falls among the Community-Dwelling Elderly. *American Journal of Epidemiology*. 1993;137(3):342-354.
5. Rubenstein LZ, Josephson KR, Robbins AS. Falls in the Nursing Home. *Annals of Internal Medicine*. 1994;121(6):442-451.
6. Thapa PB, Gideon P, Fought RL, Ray WA. Psychotropic Drugs and Risk of Recurrent Falls in Ambulatory Nursing Home Residents. *American Journal of Epidemiology*. 1995;142(2):202-211.
7. Sophonratanapokin B, Sawangdee Y, Soonthorndhada K. Effect of the Living Environment on Falls among the Elderly in Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 2012;43(6):1537-1547.
8. Akyol AD. Falls in the Elderly: What can be Done?. *International Nursing Review (INR)*. 2007;54(2):191-196.
9. Rubenstein LZ. Falls in Older People: Epidemiology, Risk Factors and Strategies For Prevention. *Age and Ageing*. 2006;35(2):37-41.
10. Salva A, Bolibar I, Pera G, Arias C. Incidence and Consequences of Falls among Elderly People Living in the Community. *Medicina Clinica*. 2004;122(5):172-176.
11. Siegrist M, Freiburger E, Geilhof B, Salb J, Hentschke C, Landendoerfer P, et al. Fall Prevention in a Primary Care Setting. *Deutsches Arzteblatt International*. 2016;113(21):365-372.
12. Scheffer AC, Schuurmans MJ, van Dijk N, van der Hooft T, de Rooij SE. Fear of Falling: Measurement Strategy, Prevalence, Risk Factors and Consequences Among Older Persons. *Age and Ageing*. 2008;37(1):19-24.
13. Young WR, Mark Williams A. How Fear of Falling Can Increase Fall-Risk in Older Adults: Applying Psychological Theory to Practical Observations. *Gait & Posture*. 2015;41(1):7-12.

14. Tinetti ME, Inouye SK, Gill TM, Doucette JT. Shared Risk Factors for Falls, Incontinence, and Functional Dependence. Unifying the Approach to Geriatric Syndromes. *JAMA*. 1995;273(17):1348-1353.
15. Phelan EA, Mahoney JE, Voit JC, Stevens JA. Assessment and Management of Fall Risk in Primary Care Settings. *Medical Clinics of North America*. 2015;99(2):281-293.
16. Sartini M, Cristina ML, Spagnolo AM, Cremonesi P, Costaguta C, Monacelli F, et al. The Epidemiology of Domestic Injurious Falls in a Community Dwelling Elderly Population: An Outgrowing Economic Burden. *European Journal of Public Health*. 2010;20(5):604-606.
17. Axer H, Axer M, Sauer H, Witte OW, Hagemann G. Falls and Gait Disorders in Geriatric Neurology. Search Results. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2010;112(4):265-274.
18. Yoshida S. A Global Report on Falls: Prevention Epidemiology of Falls. World Health Organisation. 2007:1-40.
19. Choi JS, Kang DW, Seo JW, Kim DH, Yang ST, Tack GR. Fall- and BBS-Related Differences in Muscle Strength and Postural Balance of the Elderly. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(9):2629-2633.
20. Buchanan JJ, Horak FB. Voluntary Control of Postural Equilibrium Patterns. *Behavioural Brain Research*. 2003;143(2):121-140.
21. Nodehi Moghadam A, Goudarzian M, Azadi F, Hosseini SM, Mosallanezhad Z, Karimi N, et al. Falls and Postural Control in Older Adults With Cataracts. *Medical Journal of The Islamic Republic of Iran (MJIRI)*. 2015;29:311.
22. Mahoney JR, Dumas K, Holtzer R. Visual-Somatosensory Integration is Linked to Physical Activity Level in Older Adults. *Multisensory Research*. 2015;28(1-2):11-29.
23. Mahoney JR, Verghese J, Dumas K, Wang C, Holtzer R. The Effect of Multisensory Cues on Attention in Aging. *Brain Research*. 2012;1472:63-73.
24. Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, Norton RN, Tilyard MW, Buchner DM. Randomised Controlled Trial of a General Practice Programme of Home Based Exercise to Prevent Falls in Elderly Women. *British Medical Journal (BMJ)*. 1997;315(7115):1065-1069.
25. Muangpaisan W, Suwanpatoomlerd S, Srinonprasert V, Sutipornpalangkul W, Wongprikron A, Assantchai P. Causes and Course of Falls Resulting in Hip

- Fracture among Elderly Thai Patients. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 2015;98(3):298-305.
26. Boulgarides LK, McGinty SM, Willett JA, Barnes CW. Use of Clinical and Impairment-Based Tests to Predict Falls by Community-Dwelling Older Adults. *Physical Therapy*. 2003;83(4):328-339.
 27. Whitney SL, Poole JL, Cass SP. A Review of Balance Instruments for Older Adults. *The American Journal of Occupational Therapy*. 1998;52(8):666-671.
 28. Horak FB. Clinical Measurement of Postural Control in Adults. *Physical Therapy*. 1987;67(12):1881-1885.
 29. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the Influence of Sensory Interaction of Balance. Suggestion From the Field. *Physical Therapy*. 1986;66(10):1548-1550.
 30. Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A Study of the Clinical Test of Sensory Interaction and Balance. *Physical Therapy*. 1993;73(6):346-351.
 31. Wrisley DM, Whitney SL. The Effect of Foot Position on the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(2):335-338.
 32. Anacker SL, Di Fabio RP. Influence of Sensory Inputs on Standing Balance in Community-Dwelling Elders with a Recent History of Falling. *Physical Therapy*. 1992;72(8):575-581; discussion 81-84.
 33. Di Fabio R, Anacker S. Identifying Fallers in Community Living Elders Using a Clinical Test of Sensory Interaction for Balance. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 1996;6(2):61-66.
 34. Whitney SL, Wrisley DM. The Influence of Footwear on Timed Balance Scores of the Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(3):439-443.
 35. Hageman PA, Leibowitz JM, Blanke D. Age and Gender Effects on Postural Control Measures. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1995;76(10):961-965.
 36. Loughran S, Tennant N, Kishore A, Swan IR. Interobserver Reliability in Evaluating Postural Stability Between Clinicians and Posturography. *Clinical Otolaryngology*. 2005;30(3):255-257.
 37. Trueblood PR, Hodson-Chennault N, McCubbin A, Youngclarke D. Performance and Impairment-Based Assessments among Community Dwelling Elderly: Sensitivity and Specificity. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2001;24(1):2-6.

38. Weber PC, Cass SP. Clinical Assessment of Postural Stability. *American Journal of Otolaryngology*. 1993;14(6):566-569.
39. Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural Stability in the Elderly: A Comparison Between Fallers and Non-Fallers. *Age and Ageing*. 2004;33(6):602-607.
40. O'Sullivan M, Blake C, Cunningham C, Boyle G, Finucane C. Correlation of Accelerometry with Clinical Balance Tests in Older Fallers and Non-Fallers. *Age and Ageing*. 2009;38(3):308-313.
41. Ricci NA, de Faria Figueiredo Goncalves D, Coimbra AM, Coimbra IB. Sensory Interaction on Static Balance: A Comparison Concerning the History of Falls of Community-Dwelling Elderly. *Geriatrics & Gerontology International*. 2009;9(2):165-171.
42. Mulavara AP, Cohen HS, Peters BT, Sangi-Haghpeykar H, Bloomberg JJ. New Analyses of the Sensory Organization Test Compared to the Clinical Test of Sensory Integration and Balance in Patients with Benign Paroxysmal Positional Vertigo. *The Laryngoscope*. 2013;123(9):2276-2280.
43. Chaikereee N, Saengsirisuwan V, Chinsongkram B, Boonsinsukh R. Interaction of Age and Foam Types Used in Clinical Test for Sensory Interaction and Balance (CTSIB). *Gait & Posture*. 2015;41(1):313-315.
44. Lin CC, Roche JL, Steed DP, Musolino MC, Marchetti GF, Furman GR, et al. Test-Retest Reliability of Postural Stability on Two Different Foam Pads. *Journal of Natural Sciences (JNS)*. 2015;1(2):43.
45. Rugelj D, Hrastnik A, Sevsek F, Vauhnik R. Reliability of Modified Sensory Interaction Test as Measured With Force Platform. *Medical & Biological Engineering & Computing (MBEC)*. 2015;53(6):525-534.
46. Leddy AL, Crouner BE, Earhart GM. Functional Gait Assessment and Balance Evaluation System Test: Reliability, Validity, Sensitivity, and Specificity for Identifying Individuals with Parkinson Disease Who Fall. *Physical Therapy*. 2011;91(1):102-113.
47. Bergen G, Stevens MR, Burns ER. Falls and Fall Injuries among Adults Aged ≥ 65 Years - United States, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*. 2016;65(37):993-998.
48. Thapa PB, Brockman KG, Gideon P, Fought RL, Ray WA. Injurious Falls in Nonambulatory Nursing Home Residents: A Comparative Study of

- Circumstances, Incidence, and Risk Factors. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1996;44(3):273-278.
49. Bogle Thorbahn LD, Newton RA. Use of the Berg Balance Test to Predict Falls in Elderly Persons. *Physical Therapy*. 1996;76(6):576-583.
 50. Assantachai P, Praditsuwan R, Chatthanawaree W, Pisalsarakij D, Thamlikitkul V. Risk Factors for Falls in the Thai Elderly in an Urban Community. *Journal of the Medical Association of Thailand*. 2003;86(2):124-130.
 51. Verma SK, Willetts JL, Corns HL, Marucci-Wellman HR, Lombardi DA, Courtney TK. Falls and Fall-Related Injuries among Community-Dwelling Adults in the United States. *PLoS ONE*. 2016;11(3):1-14.
 52. Todd C, Skelton D. What are the Main Risk Factors for Falls among Older People and What are the Most Effective Interventions to Prevent These Falls?. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe Health Evidence Network Report. 2004:1-28.
 53. Cummings SR, Nevitt MC, Kidd S. Forgetting Falls. The Limited Accuracy of Recall of Falls in the Elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1988;36(7):613-616.
 54. Tinetti ME. Factors Associated with Serious Injury During Falls by Ambulatory Nursing Home Residents. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1987;35(7):644-648.
 55. Roche JJ, Wenn RT, Sahota O, Moran CG. Effect of Comorbidities and Postoperative Complications on Mortality After Hip Fracture in Elderly People: Prospective Observational Cohort Study. *British Medical Journal (BMJ)*. 2005;331(7529):1-5.
 56. Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk Factors for Falls among Elderly Persons Living in the Community. *The New England Journal of Medicine*. 1988;319(26):1701-1707.
 57. Segev-Jacobovski O, Herman T, Yogev-Seligmann G, Mirelman A, Giladi N, Hausdorff JM. The Interplay Between Gait, Falls and Cognition: Can Cognitive Therapy Reduce Fall Risk?. *Expert Review of Neurotherapeutics*. 2011;11(7):1057-1075.
 58. Akima H, Kuno S, Takahashi H, Fukunaga T, Katsuta S. The Use of Magnetic Resonance Images to Investigate the Influence of Recruitment on the Relationship Between Torque and Cross-Sectional Area in Human Muscle. *European Journal of Applied Physiology*. 2000;83(6):475-480.

59. Salzman B. Gait and Balance Disorders in Older Adults. *American Family Physician*. 2010;82(1):61-68.
60. Skelton DA, Kennedy J, Rutherford OM. Explosive Power and Asymmetry in Leg Muscle Function in Frequent Fallers and Non-Fallers Aged Over 65. *Age and Ageing*. 2002;31(2):119-125.
61. Petrella JK, Kim JS, Tuggle SC, Hall SR, Bamman MM. Age Differences in Knee Extension Power, Contractile Velocity, and Fatigability. *Journal of Applied Physiology*. 2005;98(1):211-220.
62. Larsson J, Unosson M, Ek AC, Nilsson L, Thorslund S, Bjurulf P. Effect of Dietary Supplement on Nutritional Status and Clinical Outcome in 501 Geriatric Patients-A Randomised Study. *Clinical Nutrition*. 1990;9(4):179-184.
63. Meunier P. Prevention of Hip Fractures by Correcting Calcium and Vitamin D Insufficiencies in Elderly People. *Scandinavian Journal of Rheumatology*. 1996;103:75-78.
64. Muir SW, Gopaul K, Montero Odasso MM. The Role of Cognitive Impairment in Fall Risk Among Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Age and Ageing*. 2012;41(3):299-308.
65. Gleason CE, Gangnon RE, Fischer BL, Mahoney JE. Increased Risk for Falling Associated with Subtle Cognitive Impairment: Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*. 2009;27(6):557-563.
66. Anstey KJ, von Sanden C, Luszcz MA. An 8-Year Prospective Study of the Relationship Between Cognitive Performance and Falling in Very Old Adults. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2006;54(8):1169-1176.
67. Graafmans WC, Ooms ME, Hofstee HM, Bezemer PD, Bouter LM, Lips P. Falls in the Elderly: A Prospective Study of Risk Factors and Risk Profiles. *American Journal of Epidemiology*. 1996;143(11):1129-1136.
68. Tinetti ME, Doucette J, Claus E, Marottoli R. Risk Factors for Serious Injury During Falls by Older Persons in the Community. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1995;43(11):1214-1221.
69. Alexander NB, Hausdorff JM. Guest Editorial: Linking Thinking, Walking, and Falling. *Journals of Gerontology. Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2008;63(12):1325-1328.

70. Holtzer R, Friedman R, Lipton RB, Katz M, Xue X, Verghese J. The Relationship Between Specific Cognitive Functions and Falls in Aging. *Neuropsychology*. 2007;21(5):540-548.
71. Deandrea S, Lucenteforte E, Bravi F, Foschi R, La Vecchia C, Negri E. Risk Factors for Falls in Community-Dwelling Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Epidemiology*. 2010;21(5):658-668.
72. Al-Momani M, Al-Momani F, Alghadir AH, Alharethy S, Gabr SA. Factors Related to Gait and Balance Deficits in Older Adults. *Journal of Clinical Interventions in Aging*. 2016;11:1043-1049.
73. Moylan KC, Binder EF. Falls in Older Adults: Risk Assessment, Management and Prevention. *American Journal of Medicine*. 2007;120(6):493.
74. Amoud H, Abadi M, Hewson DJ, Michel-Pellegrino V, Doussot M, Duchene J. Fractal Time Series Analysis of Postural Stability in Elderly and Control Subjects. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2007;4:12.
75. Lawlor DA, Patel R, Ebrahim S. Association Between Falls in Elderly Women and Chronic Diseases and Drug Use: Cross Sectional Study. *British Medical Journal (BMJ)*. 2003;327(7417):712-717.
76. Czernuszenko A, Czlonkowska A. Risk Factors for Falls in Stroke Patients During Inpatient Rehabilitation. *Clinical Rehabilitation*. 2009;23(2):176-188.
77. Wood BH, Bilclough JA, Bowron A, Walker RW. Incidence and Prediction of Falls in Parkinson's Disease: A Prospective Multidisciplinary Study. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry (JNNP)*. 2002;72(6):721-725.
78. Schwartz AV, Hillier TA, Sellmeyer DE, Resnick HE, Gregg E, Ensrud KE, et al. Older Women with Diabetes have a Higher Risk of Falls: A Prospective Study. *Diabetes Care*. 2002;25(10):1749-1754.
79. Decullier E, Couris CM, Beauchet O, Zamora A, Annweiler C, Dargent Molina P, et al. Falls' and Fallers' Profiles. *Journal of Nutrition Health and Aging*. 2010;14(7):602-608.
80. Leipzig RM, Cumming RG, Tinetti ME. Drugs and Falls in Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis: I. Psychotropic Drugs. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1999;47(1):30-39.
81. Leipzig RM, Cumming RG, Tinetti ME. Drugs and Falls in Older People: A Systematic Review and Meta-Analysis: II. Cardiac and Analgesic Drugs. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1999;47(1):40-50.

82. Woolcott JC, Richardson KJ, Wiens MO, Patel B, Marin J, Khan KM, et al. Meta-Analysis of the Impact of 9 Medication Classes on Falls in Elderly Persons. *Archives of Internal Medicine*. 2009;169(21):1952-1960.
83. Northridge ME, Nevitt MC, Kelsey JL, Link B. Home Hazards and Falls in the Elderly: The Role of Health and Functional Status. *American Journal of Public Health*. 1995;85(4):509-515.
84. Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF, Jackson SL, Brown JS, Fitzgerald JL. Circumstances and Consequences of Falls Experienced by a Community Population 70 Years and Over During a Prospective Study. *Age and Ageing*. 1990;19(2):136-141.
85. Sebestina Anita D'souza, Aditi Shringarpure, Karol J. Circumstances and Consequences of Falls in Indian Older Adults. *The Indian Journal of Occupational Therapy*. 2008;40(1):1-11.
86. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor Control: Theory and Practical Applications*: United States of America; 2001.
87. Horak FB. Postural Orientation and Equilibrium: What do We Need to Know About Neural Control of Balance to Prevent Falls?. *Age and Ageing*. 2006;35(2):7-11.
88. Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F. Vestibular, Visual, and Somatosensory Contributions to Human Control of Upright Stance. *Neuroscience Letters*. 2000;281(2-3):99-102.
89. Chiba R, Takakusaki K, Ota J, Yozu A, Haga N. Human Upright Posture Control Models Based on Multisensory Inputs; In Fast and Slow Dynamics. *Neuroscience Research*. 2016;104:96-104.
90. Crews JE, Chou CF, Stevens JA, Saaddine JB. Falls among Persons Aged ≥ 65 Years With and Without Severe Vision Impairment - United States, 2014. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*. 2016;65(17):433-437.
91. Iwasaki S, Yamasoba T. Dizziness and Imbalance in the Elderly: Age-related Decline in the Vestibular System. *Aging and Disease*. 2015;6(1):38-47.
92. Judge JO, King MB, Whipple R, Clive J, Wolfson LI. Dynamic Balance in Older Persons: Effects of Reduced Visual and Proprioceptive Input. *Journals of Gerontology. Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1995;50(5):263-270.

93. Lord SR, Dayhew J, Howland A. Multifocal Glasses Impair Edge-Contrast Sensitivity and Depth Perception and Increase the Risk of Falls in Older People. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2002;50(11):1760-1766.
94. Yip JL, Khawaja AP, Broadway D, Luben R, Hayat S, Dalzell N, et al. Visual Acuity, Self-Reported Vision and Falls in the EPIC-Norfolk Eye Study. *British Journal of Ophthalmology*. 2014;98(3):377-382.
95. Richardson JK, Hurvitz EA. Peripheral Neuropathy: A True Risk Factor for Falls. *Journals of Gerontology. Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1995;50(4):211-5.
96. Brocklehurst JC, Robertson D, James-Groom P. Clinical Correlates of Sway in Old Age-Sensory Modalities. *Age and Ageing*. 1982;11(1):1-10.
97. Slaboda JC, Lauer RT, Keshner EA. Continuous Visual Field Motion Impacts the Postural Responses of Older and Younger Women During and After Support Surface Tilt. *Experimental Brain Research*. 2011;211(1):87-96.
98. Yingyongyudha A, Saengsirisuwan V, Panichaporn W, Boonsinsukh R. The Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest) Demonstrates Higher Accuracy in Identifying Older Adult Participants With History of Falls Than Do the BESTest, Berg Balance Scale, or Timed Up and Go Test. *Journal of Geriatric Physical Therapy*. 2016;39(2):64-70
99. Bell AJ, Talbot-Stern JK, Hennessy A. Characteristics and Outcomes of Older Patients Presenting to the Emergency Department After a Fall: A Retrospective Analysis. *Medical Journal of Australia*. 2000;173(4):179-182.
100. Corriveau H, Hebert R, Prince F, Raiche M. Postural Control in the Elderly: An Analysis of Test-Retest and Interrater Reliability of the COP-COM Variable. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(1):80-85.
101. Shumway-Cook A, Gruber W, Baldwin M, Liao S. The Effect of Multidimensional Exercises on Balance, Mobility, and Fall Risk in Community-Dwelling Older Adults. *Physical Therapy*. 1997;77(1):46-57.
102. World Health Organization. Keep Fit for Life: Meeting the Nutritional Needs of Older Person: World Health Organization 2002. pp. 1-119
103. Cook NR. Use and Misuse of the Receiver Operating Characteristic Curve in Risk Prediction. *Circulation*. 2007;115(7):928-935.

104. Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*. 2000;80(9):896-903.
105. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2):142-148.
106. Steffen TM, Hacker TA, Mollinger L. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Physical Therapy*. 2002;82(2):128-137.
107. Brauer SG, Burns YR, Galley P. A Prospective Study of Laboratory and Clinical Measures of Postural Stability to Predict Community-Dwelling Fallers. *Journals of Gerontology Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(8):469-476.
108. Kuptniratsaikul VD, Praditsuwan R. The Timed Up & Go: The Practical Basic Mobility Skills Assessment. *Siriraj Medical Journal*. 2006;58(1):588-591.
109. Barry E, Galvin R, Keogh C, Horgan F, Fahey T. Is the Timed Up and Go Test a Useful Predictor of Risk of Falls in Community Dwelling Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Geriatrics*. 2014;14:14.
110. Tinetti ME, Richman D, Powell L. Falls Efficacy as a Measure of Fear of Falling. *Journals of Gerontology*. 1990;45(6):239-243.
111. Tinetti ME, Powell L. Fear of Falling and Low Self-Efficacy: A Case of Dependence in Elderly Persons. *Journals of Gerontology*. 1993;48:35-38.
112. Harada N, Chiu V, Damron-Rodriguez J, Fowler E, Siu A, Reuben DB. Screening for Balance and Mobility Impairment in Elderly Individuals Living in Residential Care Facilities. *Physical Therapy*. 1995;75(6):462-469.
113. O'Sullivan BS, Thomas J Schmitz, George D Fulk. *Physical Rehabilitation* 6th ed: F.A. Davis; 2014.
114. Muir JW, Kiel DP, Hannan M, Magaziner J, Rubin CT. Dynamic Parameters of Balance Which Correlate to Elderly Persons with a History of Falls. *PLoS ONE*. 2013;8(8).
115. Patel M, Fransson PA, Lush D, Gomez S. The Effect of Foam Surface Properties on Postural Stability Assessment While Standing. *Gait & Posture*. 2008;28(4):649-656.

116. Winter DA. Human Balance and Posture Control During Standing and Walking. *Gait & Posture*. 1995;3(4):193-214.
117. Kaufman KR, Brey RH, Chou LS, Rabatin A, Brown AW, Basford JR. Comparison of Subjective and Objective Measurements of Balance Disorders Following Traumatic Brain Injury. *Medical Engineering & Physics*. 2006;28(3):234-239.
118. Mayagoitia RE, Lotters JC, Veltink PH, Hermens H. Standing Balance Evaluation Using a Triaxial Accelerometer. *Gait & Posture*. 2002;16(1):55-59.
119. Moe-Nilssen R. Test-Retest Reliability of Trunk Accelerometry During Standing and Walking. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1998;79(11):1377-1385.
120. Moe-Nilssen R, Helbostad JL. Trunk Accelerometry as a Measure of Balance Control During Quiet Standing. *Gait & Posture*. 2002;16(1):60-68.
121. Hufschmidt A, Dichgans J, Mauritz KH, Hufschmidt M. Some Methods and Parameters of Body Sway Quantification and Their Neurological Applications. *Arch Psychiatr Nervenkr*. 1980;228(2):135-150.
122. Maki BE, Holliday PJ, Topper AK. Fear of Falling and Postural Performance in the Elderly. *Journals of Gerontology*. 1991;46(4):123-131.
123. GyuTae Kim, Mohammed Ferdjallah, Harris G. Fast Computational Analysis of Sway Area Using Center of Pressure Data in Normal Children and Children with Cerebral Palsy. *American Journal of Biomedical Sciences*. 2009;1(4):364-372.
124. Riann M. Palmieri, Christopher D. Ingersoll, Marcus B. Stone, B. Andrew Krause. Center of Pressure Parameters Used in the Assessment of Postural Control. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2002;11(1):51-66.
125. Shumway-Cook A, Baldwin M, Polissar NL, Gruber W. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults. *Physical Therapy*. 1997;77(8):812-819.
126. Adkin AL, Bloem BR, Allum JH. Trunk Sway Measurements During Stance and Gait Tasks in Parkinson's Disease. *Gait & Posture*. 2005;22(3):240-249.
127. Gosselin G, Fagan M. Foam Pads Properties and Their Effects on Posturography in Participants of Different Weight. *Chiropractic & Manual Therapies*. 2015;23(1):1-8.
128. MacLeish M. Sealed Composite Cushion having Multiple Indentation Force Deflection Zones. Google Patents; 1994.

129. Laurier L, Schramm. Foams: Fundamentals and Applications in the Petroleum Industry. Washington, DC: Advances in Chemistry Series 242, American Chemical Society. 1994;242.
130. Horak FB, Hlavacka F. Somatosensory Loss Increases Vestibulospinal Sensitivity. *Journal of Neurophysiology*. 2001;86(2):575-585.
131. MacLellan MJ, Patla AE. Adaptations of Walking Pattern on a Compliant Surface to Regulate Dynamic Stability. *Experimental Brain Research*. 2006;173(3):521-530.
132. Hajian-Tilaki K. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve Analysis for Medical Diagnostic Test Evaluation. *Caspian Journal of Internal Medicine*. 2013;4(2):627-635.
133. Parikh R, Mathai A, Parikh S, Chandra Sekhar G, Thomas R. Understanding and Using Sensitivity, Specificity and Predictive Values. *Indian Journal of Ophthalmology*. 2008;56(1):45-50.
134. Smith CJ. Diagnostic Tests (1) - Sensitivity and Specificity. *Phlebology*. 2012;27(5):250-251.
135. Akobeng AK. Understanding Diagnostic Tests 1: Sensitivity, Specificity and Predictive Values. *Acta Paediatrica*. 2007;96(3):338-341.
136. Jaeschke R, Guyatt G, Sackett DL. Users' Guides to the Medical Literature: III. How to Use an Article About a Diagnostic Test: A. Are the results of the study valid? Evidence-Based Medicine Working Group. *JAMA*. 1994;271(5):389-391.
137. Grimes DA, Schulz KF. Refining Clinical Diagnosis with Likelihood Ratios. *Lancet*. 2005;365(9469):1500-1505.
138. Brown MD, Reeves MJ. Evidence-Based Emergency Medicine/Skills for Evidence-Based Emergency Care. Interval Likelihood Ratios: Another Advantage for the Evidence-Based Biagnostician. *Annals of Emergency Medicine*. 2003;42(2):292-297.
139. Deeks JJ, Altman DG. Diagnostic Tests 4: Likelihood Ratios. *British Medical Journal (BMJ)*. 2004;329(7458):168-169.
140. Hayden SR, Brown MD. Likelihood Ratio: A Powerful Tool for Incorporating the Results of a Diagnostic Test into Clinical Decision making. *Annals of Emergency Medicine*. 1999;33(5):575-580.
141. Altman DG. Diagnostic Tests. In: Altman DG, Machin D, Bryant TN, Gardner MJ, eds. *Statistics with Confidence*. 2nd ed: British Medical Journal (BMJ). 2000. 105-109.

142. Metz CE. Basic Principles of ROC Analysis. *Seminars in Nuclear Medicine*. 1978;8(4):283-298.
143. Kumar R, Indrayan A. Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve for Medical Researchers. *Indian Pediatrics*. 2011;48(4):277-287.
144. Lalkhen AG, McCluskey A. Clinical Tests: Sensitivity and Specificity. *Oxford Journals*. 2008;8(6):23-221.
145. Streiner DL, Cairney J. What's Under the ROC?: An Introduction to Receiver Operating Characteristics Curves. *The Canadian Journal of Psychiatry*. 2007;52(2):121-128.
146. Portney LG, Watkins MP. *Foundations of Clinical Research: Applications to Practice*. 3rd ed: Norwalk, CT: Appleton and Lange; 2015.
147. Greiner M, Pfeiffer D, Smith RD. Principles and Practical Application of the Receiver-Operating Characteristic Analysis for Diagnostic Tests. *Preventive Veterinary Medicine*. 2000;45(1-2):23-41.
148. Perkins NJ, Schisterman EF. The Inconsistency of "Optimal" Cutpoints Obtained Using Two Criteria Based on the Receiver Operating Characteristic Curve. *American Journal of Epidemiology*. 2006;163(7):670-675.
149. Perkins NJ, Schisterman EF. The Youden Index and the Optimal Cut-Point Corrected for Measurement Error. *Biometrical Journal*. 2005;47(4):428-441.
150. Sharifi F, Mousavinasab N, Mazloomzadeh S, Jaber Y, Saeini M, Dinmohammadi M, et al. Cutoff Point of Waist Circumference for the Diagnosis of Metabolic Syndrome in an Iranian Population. *Obesity Research & Clinical Practice*. 2008;2(3):171-178.
151. Westin LK. *Receiver Operating Characteristic (ROC) Analysis. Evaluating Discriminance Effects among Descision Support Systems Sweden: Umeå Universitet-Department of Computing Science*. 2001.
152. Chen Y, Zhu LL, Zhou Q. Effects of Drug Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Properties, Characteristics of Medication Use, and Relevant Pharmacological Interventions on Fall Risk in Elderly Patients. *Journal of Therapeutics and Clinical Risk Management*. 2014;10:437-448.
153. van der Velde N, Stricker BH, Pols HA, van der Cammen TJ. Risk of Falls After Withdrawal of Fall-Risk-Increasing Drugs: A Prospective Cohort Study. *British Journal of Clinical Pharmacology*. 2007;63(2):232-237.

154. Zasadzka E, Borowicz AM, Roszak M, Pawlaczyk M. Assessment of the Risk of Falling with the Use of Timed Up and Go Test in the Elderly with Lower Extremity Osteoarthritis. *Clinical Interventions in Aging*. 2015;10:1289-1298.
155. Institute of Geriatric Medicine. Thai Version of the Mini-Mental State Examination (MMSE-Thai 2002) Bangkok. Department of Medical Services. 2008.
156. Boonkerd P, Assantachai P, Senanarong W. Clinical Practice Guideline for Dementia (in Thai) Guideline for Dementia. Bangkok: Neuroscience Institute. 2003.
157. World Health Organization. Report of World Health Organization Consultation on Obesity. *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic*. Geneva: World Health Organization. 1998:8-13.
158. Kadam P, Bhalerao S. Sample Size Calculation. *International Journal of Ayurveda Research*. 2010;1(1):55-57.
159. Mancini M, Horak FB, Zampieri C, Carlson-Kuhta P, Nutt JG, Chiari L. Trunk Accelerometry Reveals Postural Instability in Untreated Parkinson's Disease. *Parkinsonism & Related Disorders*. 2011;17(7):557-562.
160. James K, Eldemire-Shearer D, Gouldbourne J, Morris C. Falls and Fall Prevention in the Elderly: The Jamaican Perspective. *West Indian Medical Journal*. 2007;56(6):534-539.
161. Pintea S, Moldovan R. The Receiver-Operating Characteristic (ROC) Analysis: Fundamentals and Applications in Clinical Psychology. *Journal of Cognitive & Behavioral Psychotherapies*. 2009;9(1):49-66.
162. Stelmach GE, Teasdale N, Di Fabio RP, Phillips J. Age Related Decline in Postural Control Mechanisms. *International Journal of Aging & Human Development*. 1989;29(3):205-223.
163. Piirtola M, Era P. Force Platform Measurements as Predictors of Falls Among Older People - A Review. *Gerontology*. 2006;52(1):1-16.
164. Huang TT, Wang WS. Comparison of Three Established Measures of Fear of Falling in Community-Dwelling Older Adults: Psychometric Testing. *International journal of Nursing Studies*. 2009;46(10):1313-1319.
165. Whitney SL, Roche JL, Marchetti GF, Lin CC, Steed DP, Furman GR, et al. A Comparison of Accelerometry and Center of Pressure Measures During Computerized Dynamic Posturography: A Measure of Balance. *Gait & Posture*. 2011;33(4):594-599.



APPENDICES

APPENDIX A



APPENDIX A

แบบสอบถามคัดกรองข้อมูลทั่วไปของผู้สูงอายุ



เลขที่

คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบสอบถามคัดกรองข้อมูลทั่วไปของผู้สูงอายุ

เรื่อง ความแม่นยำของโฟมนิวโรคอมและแอริกที่ใช้ใน การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

- วัตถุประสงค์
1. เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการควบคุมการทรงตัวในผู้สูงอายุของ 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่ม หกล้มและไม่หกล้มภายใต้ทดสอบ mCTSIB
 2. เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการแยกความแตกต่างในผู้สูงอายุระหว่างกลุ่ม หกล้มและไม่หกล้มเมื่อทดสอบการทรงตัวด้วยโฟม 2 ชนิด ระหว่างโฟม Airex[®] Balance-Pad และ โฟม NeuroCom[®]

คำอธิบาย : โปรดกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง หรือทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐

1. ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ นาย/นาง/นางสาว.....อายุ.....ปี วันเดือนปีเกิด.....
 ที่อยู่ บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....ซอย.....ถนน.....
 ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....
 จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....
 หมายเลขโทรศัพท์.....E-mail.....

สถานภาพ

☐ โสด☐ สมรส☐ หย่าร้าง/แยกกันอยู่☐ คู่สมรสเสียชีวิตแล้ว

- อาชีพ ☐ ค้าขาย ☐ เกษตรกร
☐ ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ/เจ้าหน้าที่ในหน่วยงานของรัฐ
☐ พนักงานเอกชน ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....
☐ ไม่ได้ประกอบอาชีพ

- การศึกษา ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น
☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ☐ อนุปริญญาหรือเทียบเท่า
☐ ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า ☐ สูงกว่าปริญญาตรี

2. ข้อมูลด้านสุขภาพ

น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร
 ดัชนีมวลกาย (BMI).....กก./ม.² (คำนวณจาก น้ำหนักตัว / ความสูง ยกกำลังสอง)
 ความดันโลหิต.....มิลลิเมตรปรอท อัตราการเต้นของหัวใจ.....ครั้ง/นาที

3. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

- ☐ ไม่มี
☐ มี โรคประจำตัว ได้แก่ ☐ โรคความดันโลหิตสูง ☐ โรคเบาหวาน
☐ โรคหัวใจ ☐ โรคข้อเข่าเสื่อม
☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

ท่านได้รับการรักษา.....

4. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดหรือไม่

- ☐ ไม่เคย
☐ เคย สาเหตุที่ต้องผ่าตัด เนื่องจาก.....
 บริเวณที่ได้รับการผ่าตัด คือ.....

5. ลักษณะสายตา

- ☐ สายตาสั้น ☐ สายตาสั้น
☐ สายตายาว ☐ สายตาเอียง

และได้รับการแก้ไขหรือไม่

- ☐ ไม่ได้รับการแก้ไข
☐ ได้รับการแก้ไข (โปรดระบุ).....

10. ท่านเคยหกล้มที่ไหน (สามารถทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ได้มากกว่า 1 ช่อง)

☐ ภายในบริเวณบ้านของตนเอง

☐ ขณะขึ้นหรือลงบันได

☐ ขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

☐ ขณะลุกจากเก้าอี้

☐ ขณะเข้าห้องน้ำ/สุขา

☐ ขณะเดินบนทางเท้า

☐ ขณะก้าวขึ้นหรือลงพื้นต่างระดับ

☐ ขณะลุกจากเตียง

☐ ขณะอาบน้ำ

☐ ขณะเดินในสนามหญ้า

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

☐ ภายในบริเวณบ้าน/อาคารของผู้อื่น

☐ ขณะขึ้นหรือลงบันได

☐ ขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

☐ ขณะลุกจากเก้าอี้

☐ ขณะเข้าห้องน้ำ/สุขา

☐ ขณะเดินบนทางเท้า

☐ ขณะก้าวขึ้นหรือลงพื้นต่างระดับ

☐ ขณะลุกจากเตียง

☐ ขณะอาบน้ำ

☐ ขณะเดินในสนามหญ้า

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

☐ สถานที่สาธารณะ

☐ ขณะเดินบนทางเท้า

☐ ขณะเดินบนทางลาด

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

☐ ขณะขึ้นลงรถยนต์/รถโดยสาร

☐ ขณะเดินบริเวณขอบถนน/ท่อระบายน้ำ

☐ ล้มได้อย่างไร

☐ สะดุด

☐ สูญเสียการทรงท่า

☐ วิ่งเร็ว/หวั่นไหว

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

☐ ลื่น

☐ เข้าอ่อน

☐ เป็นลม

☐ ได้รับบาดเจ็บหรือไม่

☐ ไม่ได้รับการบาดเจ็บ

☐ ได้รับการบาดเจ็บ ได้แก่

☐ ฟกช้ำ

☐ ข้อมือสั่น

☐ ปวดหลัง/สะโพก

☐ ถลอก

☐ กระดูกหัก (โปรดระบุตำแหน่ง).....

☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

การตรวจร่างกาย

ผลการตรวจ

1. Muscle power (Lower extremity)

	Right side	Left side
Hip flexion/extension		
Hip abduction/adduction		
Knee flexion/extension		
Ankle dorsiflexion/plantarflexion		

2. Sensory test

	Right side			Left side		
	Thigh	Shin/Calf	Ankle	Thigh	Shin/Calf	Ankle
Light touch						
Pinprick						

	Right side			Left side		
	Hip	Knee	Ankle	Hip	Knee	Ankle
Proprioception						

3. Vestibular disorders

Vertigo

Nystagmus



APPENDIX B (99, 100)

MINI-MENTAL STATE EXAMINATION-THAI VERSION

(MMSE-Thai 2002):

สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุกรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข
แบบทดสอบสภาพสมองเสื่อมเบื้องต้น ฉบับภาษาไทย

Name of subject:..... Study number:.....

Age:..... Gender:..... Date:.....

- | 1. Orientation for time (5 คะแนน)
(ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน) | บันทึกคำตอบไว้ทุกครั้ง
(ทั้งคำตอบที่ถูกและผิด) | คะแนน |
|--|---|--------------------------|
| 1.1 วันนี้วันที่เท่าไร | | ☐ |
| 1.2 วันนี้วันอะไร | | ☐ |
| 1.3 เดือนนี้เดือนอะไร | | ☐ |
| 1.4 ปีนี้ปีอะไร | | ☐ |
| 1.5 ฤดูนี้ฤดูอะไร | | ☐ |
| | | |
| 2. Orientation for place (5 คะแนน)(ให้เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)
(ตอบถูกข้อละ 1 คะแนน) | | |
| 2.1 การณอยู่ที่สถานพยาบาล | | |
| 2.1.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่า อะไร และ.....ชื่อว่าอะไร | | ☐ |
| 2.1.2 ขณะนี้ท่านอยู่ที่ชั้นที่เท่าไรของตัวอาคาร | | ☐ |
| 2.1.3 ที่อยู่ในอำเภอ - เขตอะไร | | ☐ |
| 2.1.4 ที่นี้จังหวัดอะไร | | ☐ |
| 2.1.5 ที่นี้ภาคอะไร | | ☐ |
| 2.2 การณที่อยู่ที่บ้านของผู้ถูกทดสอบ | | |

- 2.2.1 สถานที่ตรงนี้เรียกว่าอะไร และบ้านเลขที่อะไร ☐
- 2.2.2 ที่นี้หมู่บ้าน หรือละแวก/คุ้ม/ย่าน/ถนนอะไร ☐
- 2.2.3 ที่นี้อำเภอเขต / อะไร ☐
- 2.2.4 ที่นี้จังหวัดอะไร ☐
- 2.2.5 ที่นี้ภาคอะไร ☐

3. Registraion (3 คะแนน)

ต่อไปนี้เป็นกาทดสอบความจำ ดิฉันจำบอกชื่อของ 3 อย่าง คุณ (ตา , ยาย....) ตั้งใจฟังให้ดีนะ
เพราะจะบอกเพียงครั้งเดียว ไม่มีการบอกซ้ำอีก เมื่อ ผม (ดิฉัน) พูดจบ ให้ คุณ(ตา,ยาย....)

พูดทบทวนตามที่ได้ยิน ให้ครบ ทั้ง 3 ชื่อ แล้วพยายามจำไว้ให้ดี เดี่ยวดิฉันจะถามซ้ำ

* การบอกชื่อแต่ละคำให้ห่างกันประมาณหนึ่งวินาที ต้องไม่ซ้ำหรือเร็วเกินไป (ตอบถูก 1 คำได้ 1 คะแนน)

○ ดอกไม้ ○ แม่น้ำ ○ รถไฟ ☐

ในกรณีที่ทำแบบทดสอบซ้ำภายใน 2 เดือน ให้ใช้คำว่า

○ ต้นไม้ ○ ทะเล ○ รถยนต์ ☐

4. Attention/Calculation (5 คะแนน)(ให้เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)

ข้อนี้เป็นการคิดเลขในใจเพื่อทดสอบสมาธิ คุณ (ตา,ยาย....) คิดเลขในใจเป็นไหม ?

ถ้าตอบคิดเป็นทำข้อ 4.1 ถ้าตอบคิดไม่เป็นหรือไม่ตอบให้ทำข้อ 4.2

4.1 “ข้อนี้คิดในใจเอา 100 ตั้ง ลบออกทีละ 7

ไปเรื่อยๆ ได้ผลเท่าไรบอกมา ☐

บันทึกคำตอบตัวเลขไว้ทุกครั้ง (ทั้งคำตอบที่ถูกต้องและผิด) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง

ถ้าลบได้ 1,2,หรือ3 แล้วตอบไม่ได้ ก็คิดคะแนนเท่าที่ทำได้ ไม่ต้องย้ายไปทำข้อ 4.2

4.2 “ผม (ดิฉัน) จะสะกดคำว่า มะนาว ให้คุณ (ตา , ยาย....) ฟังแล้วให้คุณ (ตา , ยาย....) สะกดถอยหลังจากพยัญชนะตัวหลัง
ไปตัวแรก คำว่ามะนาวสะกดว่า มอม่่า-สระ อะ-นอหนู-สระอา-วอหวาน ไหนคุณ(ตา,ยาย....)สะกดถอยหลัง ให้ฟังซิ

.....

ว า น ะ ม

5. Recall (3 คะแนน)

เมื่อสักครู่นี้ให้จำของ 3 อย่างจำได้ไหมมีอะไรบ้าง" (ตอบถูก 1 คำได้ 1 คะแนน)

○ ดอกไม้ ○ แม่น้ำ ○ รถไฟ ☐

ในกรณีที่ทำแบบทดสอบซ้ำภายใน 2 เดือน ให้ใช้คำว่า

○ ดันไม้ ○ ทะเล ○ รถยนต์ ☐

6. Naming (2 คะแนน)

6.1 ยื่นดินสอให้ผู้ถูกทดสอบดูแล้วถามว่า

"ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร" ☐

6.2 ชี้นำพิกาช้อมือให้ผู้ถูกทดสอบดูแล้วถามว่า

"ของสิ่งนี้เรียกว่าอะไร" ☐

7. Repetition (1 คะแนน)

(พูดตามได้ถูกต้องได้ 1 คะแนน)

ตั้งใจฟังผม (ดิฉัน) เมื่อผม (ดิฉัน) พูดข้อความนี้แล้วให้คุณ (ตา,ยาย)พูดตาม ผม (ดิฉัน) จะบอกเพียงครั้งเดียว

"ใครใครขายไก่ไข" ☐

8. Verbal command (3 คะแนน)

ข้อนี้ฟังคำสั่ง "ฟังดี ๆ นะเดี๋ยวผม (ดิฉัน) จะส่งกระดาษให้คุณ แล้วให้คุณ (ตา, ยาย....)

รับด้วยมือขวา พับครึ่งกระดาษ แล้ววางไว้ที่....."(พื้น, โต๊ะ, เติง)

ผู้ทดสอบแสดงกระดาษเปล่าขนาดประมาณ เอ-4

ไม่มีรอยพับ ให้ผู้ถูกทดสอบ

○ รับด้วยมือขวา ○ พับครึ่ง ○ วางไว้ที่" (พื้น, โต๊ะ, เติง) ☐

9. Written command (1 คะแนน)

ต่อไปเป็นคำสั่งที่เขียนเป็นตัวหนังสือ ต้องการให้คุณ (ตา , ยาย....) อ่านแล้วทำตาม (ตา , ยาย....) จะอ่านออกเสียงหรืออ่านในใจ ผู้ทดสอบแสดงกระดาษที่เขียนว่า "หลับตาได้" ○ หลับตาได้..... ☐

10. Writing (1 คะแนน)

ข้อนี้เป็นคำสั่งให้ "คุณ (ตา, ยาย....) เขียนข้อความอะไรก็ได้ที่อ่านแล้วรู้เรื่องหรือมีความหมายมา 1 ประโยค"..... ☐ ประโยคมีความหมาย

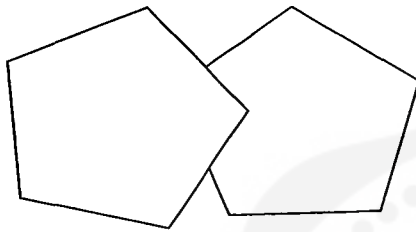
☐

11. Visuoconstruction (1 คะแนน)

ข้อนี้เป็นคำสั่ง "จงวาดภาพให้เหมือนภาพตัวอย่าง"

(ในช่องว่างด้านขวาของภาพตัวอย่าง)

.....

☐

คะแนนเต็ม

/ 30

APPENDIX C



APPENDIX C ^(101, 102)

MEDICATIONS AFFECT TO BALANCE

Name of subject:..... Study number:.....

Age:..... Gender:..... Date:.....

List of medications affect to balance

1) Antihypertension

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| ☐ Digoxin | ☐ Diuretic |
| ☐ other | |

2) Antidepressant

- | | |
|---|--|
| ☐ Sedative | ☐ Amitriptyline |
| ☐ Benzodiazepines | ☐ Barbiturates |
| ☐ Alcohol derivative | ☐ other |

3) Antianxiety

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| ☐ Valium | ☐ Ativan |
| ☐ Other | |

4) Cardiovascular drugs

- | | |
|---|---|
| ☐ Antihypertensives | ☐ Nitrates |
| ☐ Anti-arrhythmics | ☐ Nicotinic acid |
| ☐ Adrenoceptor blocker eye drops | ☐ other |

5) Mood stabilize

- | | |
|--|--------------------------------------|
| ☐ Carbamazepine | ☐ other |
|--|--------------------------------------|

6) Antipsychotic drug

- | | |
|---|--------------------------------------|
| ☐ Chlorpromazine | ☐ Hadol |
| ☐ Phonothiazine | ☐ other |

7) Other drugs

- | | |
|---|---|
| ☐ Analgesics | ☐ Antivertigo preparations |
| ☐ Hypoglycaemics | ☐ Urinary antispasmodics |
| ☐ other | |

APPENDIX D



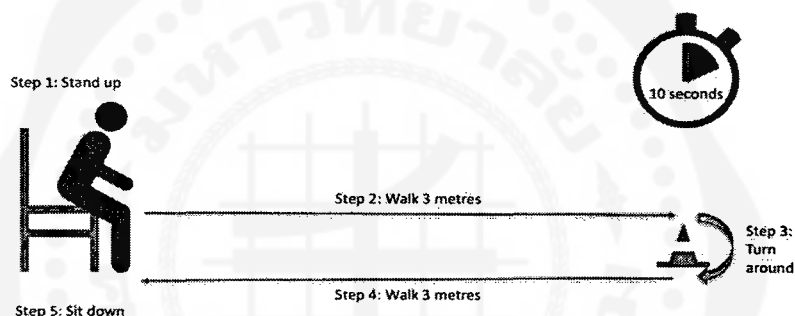
APPENDIX D ^(103, 104)

TIME UP AND GO TEST

Name of subject:..... Study number:.....

Age:..... Gender:..... Date:.....

Instructions: When the patient is ready, say “Go” and the stopwatch should start when you say go, and should be stopped with the patient’s buttocks touch the seat.



☐ Unstable on turning?

☐ Walking aid used? Type of aid: _____

Test One: Trial Total Time: _____ seconds

Test Two: Trial Total Time: _____ seconds

Test Three: Trial Total Time: _____ seconds

Time average: seconds

APPENDIX E



APPENDIX E ⁽¹⁰⁵⁾

FALLS EFFICACY SCALE

แบบประเมินความกลัวการหกล้ม

Name of subject:..... Study number:.....

Age:..... Gender:..... Date:.....

คำชี้แจง: ให้ผู้ประเมินทำการประเมินระดับความมั่นใจในการทำกิจกรรมโดยไม่ล้ม ซึ่งระดับคะแนนเริ่มตั้งแต่ 0 - 10 โดย 0 คะแนน คือ ไม่มั่นใจ จนถึง 10 คะแนน คือ มั่นใจมาก

กิจกรรม	ระดับคะแนน 0-10
1. ทำความสะอาดบ้าน	
2. ใส่เสื้อผ้าและถอดเสื้อผ้า	
3. เตรียมอาหารง่ายๆ	
4. อาบน้ำ	
5. ออกไปซื้อของ	
6. ขึ้นและลงรถ	
7. ขึ้นและลงบันได	
8. เดินรอบๆ บ้าน	
9. เอื้อมมือไปหยิบของจากชั้นวางของ	
10. รีบเดินไปรับโทรศัพท์	
TOTAL SCORE	

APPENDIX F



APPENDIX F ^(30, 31)

MODIFIED CLINICAL TEST FOR SENSORY INTERACTION AND BALANCE (mCTSIB)

Name of subject:..... Study number:.....

Age:..... Gender:..... Date:.....

Instruments: Proceed to next condition when one, 2 minutes trial is completed are performed.

Condition One: Eyes Open, Firm Surface

Trial Total Time: _____ / 2 minutes
or (_____ / 120 seconds)

Condition Two: Eyes Closed, Firm Surface

Trial Total Time: _____ / 2 minutes
or (_____ / 120 seconds)

Condition Three: Eyes Open, Foam Surface

NeuroCome Foam

Airex Foam

Trial Total Time: _____ / 2 minutes
or (_____ / 120 seconds)

Total Time: _____ / 2 minutes
or (_____ / 120 seconds)

Condition Four: Eyes Closed, Foam Surface

NeuroCome Foam

Airex Foam

Trial Total Time: _____ / 2 minutes
or (_____ / 120 seconds)

Total Time: _____ / 2 minutes
or (_____ / 120 seconds)

APPENDIX G



APPENDIX G

COMPUTER RANDOM

- Random Sequence

Number of Sequence	Conditions	Number of Sequence	Conditions
1	Eyes Open	2	Eyes Closed
3	NeuroCom foam with Eyes Open	4	NeuroCom foam with Eyes Closed
5	Airex foam with Eyes Open	6	Airex foam with Eyes Closed

- Subject Number

Subject Number	Random Sequence	Subject Number	Random Sequence	Subject Number	Random Sequence
1	6 5 1 4 2 3	2	4 3 2 5 6 1	3	2 5 1 4 3 6
4	5 4 6 1 3 2	5	6 1 3 2 4 5	6	5 2 6 3 4 1
7	4 5 1 2 3 6	8	1 3 5 2 4 6	9	6 2 4 5 3 1
10	1 3 2 4 5 6	11	1 5 4 6 3 2	12	5 4 2 6 1 3
13	3 6 2 1 5 4	14	3 6 1 2 5 4	15	4 2 5 3 6 1
16	6 4 3 2 5 1	17	1 6 5 4 3 2	18	1 4 3 5 2 6
19	2 5 4 3 1 6	20	3 5 4 6 1 2	21	3 2 1 6 5 4
22	1 4 2 5 6 3	23	3 5 2 1 6 4	24	3 6 4 1 5 2
25	4 2 5 6 3 1	26	3 6 2 4 5 1	27	3 2 4 5 1 6
28	1 4 5 6 2 3	29	4 6 2 5 1 3	30	1 2 4 5 3 6
31	4 5 2 6 3 1	32	4 2 3 5 1 6	33	4 1 3 2 5 6
34	1 4 6 5 2 3	35	4 3 2 1 6 5	36	4 5 1 3 2 6

Subject Number	Random Sequence	Subject Number	Random Sequence	Subject Number	Random Sequence
37	3 4 5 1 6 2	38	1 6 5 2 4 3	39	4 2 6 5 3 1
40	6 1 3 5 2 4	41	2 6 5 1 3 4	42	6 2 3 4 5 1
43	4 6 2 5 3 1	44	2 4 1 6 5 3	45	2 4 3 5 1 6
46	3 2 5 6 1 4	47	4 3 1 5 6 2	48	1 3 4 2 5 6
49	3 1 5 2 4 6	50	1 5 4 3 6 2	51	2 1 5 4 3 6
52	5 6 1 4 3 2	53	4 3 2 5 1 6	54	5 3 4 2 1 6
55	5 6 4 3 1 2	56	1 3 4 2 5 6	57	6 3 4 1 2 5
58	6 1 4 5 3 2	59	1 6 5 3 2 4	60	4 1 2 3 5 6
61	3 1 6 2 5 4	62	6 4 1 5 2 3	63	6 1 5 2 4 3
64	1 4 3 6 2 5	65	6 1 4 3 2 5	66	2 5 3 1 6 4
67	2 5 6 4 1 3	68	3 6 5 4 1 2	69	3 5 6 1 4 2
70	1 2 4 5 6 3	71	3 5 4 2 1 6	72	1 6 5 4 3 2
73	6 1 4 5 3 2	74	4 2 5 6 3 1	75	2 3 5 6 1 4
76	2 6 3 4 1 5	77	4 6 5 2 1 3	78	1 4 2 6 3 5
79	4 5 6 3 1 2	80	2 1 3 4 5 6	81	2 4 1 5 6 3
82	3 5 2 6 4 1	83	6 5 2 3 1 4	84	1 6 4 3 5 2
85	2 6 4 1 3 5	86	3 5 4 2 6 1	87	4 2 1 3 6 5
88	5 3 1 2 6 4	89	2 6 1 5 4 3	90	5 2 1 6 4 3
91	2 3 1 6 4 5	92	4 1 3 2 6 5	93	6 3 4 2 5 1
94	2 1 4 5 3 6	95	4 5 6 3 1 2	96	1 2 5 4 3 6
97	2 5 4 6 1 3	98	2 3 1 5 4 6	99	5 6 2 3 1 4
100	6 3 2 5 1 4	101	2 1 3 5 6 4	102	1 3 4 6 5 2
103	6 5 1 3 2 4	104	6 3 4 1 2 5	105	6 5 1 2 4 3
106	4 3 5 2 6 1	107	6 3 4 5 1 2	108	1 3 5 4 2 6
109	2 5 4 6 3 1	110	4 5 1 6 3 2	111	1 5 4 3 2 6
112	5 6 4 1 3 2	113	1 6 3 2 4 5	114	2 3 6 4 5 1
115	4 3 6 5 1 2	116	2 6 4 5 3 1	117	5 2 3 4 6 1
118	6 5 4 1 3 2	119	1 4 5 2 6 3	120	4 3 6 5 1 2
121	3 2 5 1 6 4	122	6 3 5 1 4 2	123	5 3 2 4 1 6
124	1 5 4 3 2 6	125	5 1 4 3 6 2	126	3 4 6 5 2 1
127	6 2 5 1 4 3	128	6 4 1 3 2 5	129	4 2 6 3 5 1

Subject Number	Random Sequence	Subject Number	Random Sequence	Subject Number	Random Sequence
130	1 3 5 6 2 4	131	2 4 5 3 1 6	132	2 4 6 1 5 3
133	6 2 3 1 4 5	134	6 2 5 1 3 4	135	6 2 3 4 1 5
136	3 2 1 6 4 5	137	3 4 5 2 1 6	138	2 4 5 3 6 1
139	6 4 1 2 5 3	140	6 3 4 5 1 2	141	4 1 2 3 6 5
142	2 3 4 1 6 5	143	1 3 4 6 5 2	144	2 1 5 6 4 3
145	4 3 1 6 5 2	146	2 1 3 4 6 5	147	3 5 1 6 2 4
148	5 3 6 4 1 2	149	1 5 3 6 2 4	150	6 5 2 1 3 4
151	3 1 5 4 2 6	152	3 2 1 5 6 4	153	6 1 2 5 4 3
154	6 4 5 1 3 2	155	3 6 2 4 1 5	156	6 4 5 2 1 3
157	6 4 5 2 1 3	158	2 5 6 4 1 3	159	2 1 6 5 4 3
160	6 4 2 1 5 3	161	6 4 2 3 5 1	162	4 3 6 5 2 1
163	4 6 5 3 2 1	164	6 5 1 4 3 2	165	2 5 1 4 6 3
166	1 3 5 6 2 4	167	3 1 4 6 2 5	168	3 4 2 6 1 5
169	2 4 3 5 1 6	170	3 5 6 4 1 2	171	3 6 2 5 1 4
172	5 4 1 6 2 3	173	3 1 2 4 6 5	174	4 3 5 1 2 6
175	2 6 4 1 5 3	176	4 6 2 1 5 3	177	2 5 4 6 3 1
178	1 2 3 5 4 6	179	2 3 5 1 6 4	180	6 4 5 1 3 2
181	4 1 5 6 2 3	182	3 6 2 1 5 4	183	6 3 4 5 1 2
184	6 2 3 1 5 4				



APPENDIX H

ETHICAL CONSIDERATIONS



เอกสารรับรองโครงการวิจัย
โดยคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เอกสารรับรองเลขที่	PTPT2017-010
ชื่อโครงการ :	ความแม่นยำของโพเทนไรวีรคอมและแอริกที่ใช้ใน การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม
ชื่อหัวหน้าโครงการ :	นายบดินทร์ คุ่มโนนชัย
หน่วยงานที่สังกัด :	สาขากายภาพบำบัด
เอกสารที่รับรอง :	1. แบบเสนอโครงการวิจัย 2. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย 3. หนังสือยินยอมตนให้ทำการวิจัย 4. แบบการเก็บรวบรวมข้อมูล/โปรแกรมหรือกิจกรรม
วันที่รับรอง :	21 กรกฎาคม 2560
วันที่หมดอายุ :	20 กรกฎาคม 2561

ขอรับรองว่าโครงการดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับคำประกาศ
 เอลซิงกิ จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัย
 ศรีนครินทรวิโรฒ

ลงนาม.....
 (อาจารย์ ดร. ชัชฎา ชินกุลประเสริฐ)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ลงนาม.....
 (รองศาสตราจารย์ ดร. รัมภา บุญสินสุข)
 คณบดีคณะกายภาพบำบัด

แบบ R02/1

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

วันที่

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี อยู่บ้านเลขที่
.....ถนน.....หมู่ที่.....แขวง/ตำบล.....เขต/อำเภอ
.....จังหวัด.....โทรศัพท์.....

ขอทำหนังสือนี้ให้ไว้ต่อหัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานแสดงว่า

ข้อ 1. ข้าพเจ้า ได้รับทราบโครงการวิจัยของ นายบดินทร์ คุ่มโนนชัย เรื่อง

(ภาษาไทย) ความแม่นยำของโฟมนิวโรคอมและแอเร็กซ์ที่ใช้ใน การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

(ภาษาอังกฤษ) ACCURACY OF NEUROCOM AND AIREX FOAMS USED IN THE MODIFIED CLINICAL TEST OF SENSORY INTERACTION AND BALANCE (mCTSIB) FOR IDENTIFYING ELDERLY FALLERS

ข้อ 2. ข้าพเจ้า ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ด้วยความสมัครใจ โดยมีได้มีการบังคับขู่เข็ญ หลอกลวงแต่ประการใด และจะให้ความร่วมมือในการวิจัยทุกประการ

ข้อ 3. ข้าพเจ้า ได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ประสิทธิภาพความปลอดภัย อาการหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางป้องกันและแก้ไข หากเกิด อันตราย ค่าตอบแทนที่จะได้รับ ค่าใช้จ่ายที่ข้าพเจ้าจะต้องรับผิดชอบจ่ายเอง โดยได้อ่านข้อความที่มีรายละเอียดอยู่ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยตลอด อีกทั้งยังได้รับคำอธิบายและตอบข้อสงสัยจากหัวหน้าโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และตกลงรับผิดชอบตามคำรับรองใน ข้อ 5 ทุกประการ

ข้อ 4. ข้าพเจ้า ได้รับการรับรองจากผู้วิจัยว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ จะเปิดเผยเฉพาะผลสรุปการวิจัยเท่านั้น

ข้อ 5. ข้าพเจ้า ได้รับทราบจากผู้วิจัยแล้วว่า หากมีอันตรายใด ๆ อันเกิดขึ้นจากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้า จะได้รับการรักษาพยาบาลจากคณะผู้วิจัย โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและจะได้รับค่าชดเชยรายได้ที่สูญเสียไปในระหว่างการรักษาพยาบาลดังกล่าว ตลอดจน มีสิทธิได้รับค่าทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัยตามสมควร

ข้อ 6. ข้าพเจ้า ได้รับทราบแล้วว่าข้าพเจ้ามีสิทธิ์จะบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัยนี้ และการบอกเลิกการร่วมโครงการวิจัย จะไม่มีผลกระทบต่อการดูแลรักษาโรคที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ข้อ 7. หากข้าพเจ้ามีข้อข้องใจเกี่ยวกับขั้นตอนของการวิจัย หรือหากเกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์จากการวิจัย สามารถติดต่อกับ นายบดินทร์ คุ่มโนนชัย ที่อยู่ 63 หมู่ 7 คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถนนรังสิต-นครนายก คลอง 16 อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120 เบอร์โทรศัพท์ 092-480-8515

ข้อ 8. หากข้าพเจ้า ได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าจะสามารถติดต่อกับประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับการพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์หรือผู้แทนได้ที่ อ.ดร.ชัชฎา ชินกุลประเสริฐ คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ เบอร์โทร 02-649-5000 ต่อ 22253

ข้าพเจ้าได้อ่านและเข้าใจข้อความตามหนังสือนี้โดยตลอดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตามเจตนาของข้าพเจ้า จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญพร้อมกับหัวหน้าโครงการวิจัยและต่อหน้าพยาน

/ ข้าพเจ้า

ลงชื่อ

ลงชื่อ

(.....)

(.....)

ผู้ยินยอม

ผู้ให้ข้อมูลและขอความยินยอม/หัวหน้าโครงการวิจัย

ลงชื่อพยาน

ลงชื่อพยาน

(.....)

(.....)

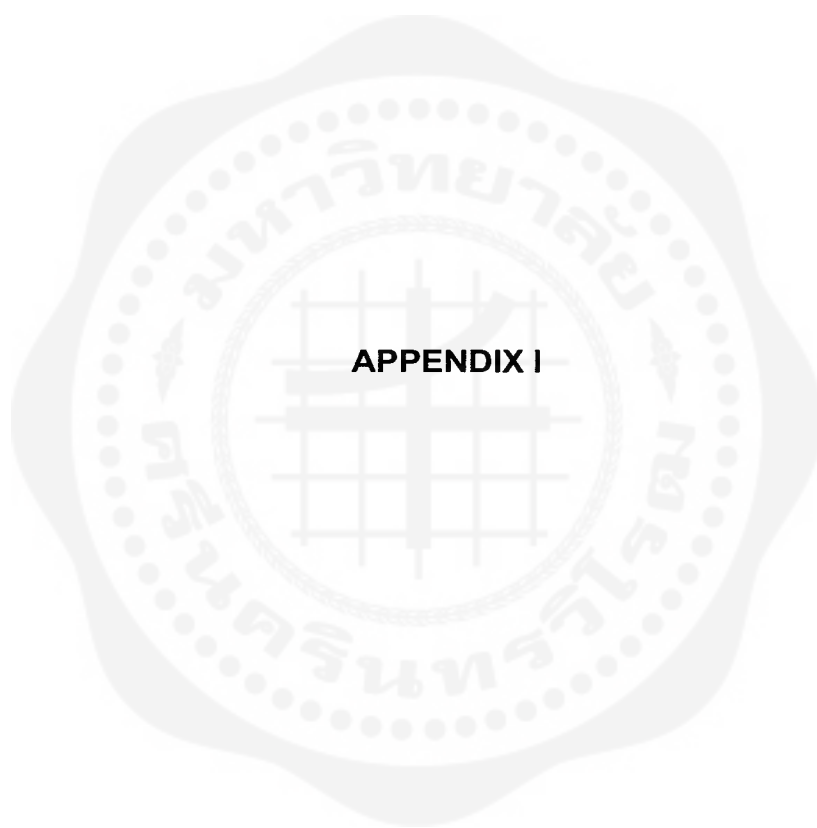
ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมการวิจัย อ่านหนังสือไม่ออก ผู้ที่อ่านข้อความทั้งหมดแทนผู้เข้าร่วมการวิจัย คือ นายบดินทร์ คุ้มโนนชัย

จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นพยาน

ลงชื่อพยาน

(.....)

หมายเหตุ: กรณีผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยไม่สามารถอ่านหนังสือได้ ให้ผู้วิจัยอ่านข้อความในหนังสือให้ความยินยอมนี้ให้แก่ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยฟังจนเข้าใจแล้ว และให้ผู้ยินยอมตนให้ทำวิจัยลงนาม หรือพิมพ์ลายนิ้วหัวแม่มือรับทราบ ในการให้ความยินยอมดังกล่าวด้วย



APPENDIX I

แบบ R03

INFORMATION SHEET

หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย

แบบคำชี้แจงอาสาสมัคร (Information sheet)

1. ชื่อโครงการ

ความแม่นยำของโฟมนิวโรคอมและแอเร็กซ์ที่ใช้ใน การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

2. ชื่อผู้รับผิดชอบโครงการ

นายบดินทร์ คุ่มโนนชัย

สถานที่ติดต่อ 63 หมู่ 7 คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ถนนรังสิต-นครนายก คลอง 16 อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก

หมายเลขโทรศัพท์ที่สามารถติดต่อได้ในกรณีฉุกเฉิน 092-480-8515 อีเมล bodin_kh@hotmail.com

3. เหตุที่ต้องทำวิจัยและเหตุผลที่ต้องการศึกษาในคน รวมทั้งเหตุผลที่อาสาสมัครที่ได้รับเชิญเข้าร่วมโครงการ

เหตุที่ต้องทำวิจัยในผู้สูงอายุเนื่องจากการหกล้มเป็นสาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บและการเสียชีวิตในสูงอายุ วิธีการประเมินที่มีความแม่นยำ จะช่วยให้บุคลากรด้านสุขภาพสามารถระบุผู้สูงอายุที่เสี่ยงต่อการล้มได้ ซึ่งจะช่วยให้วางแผนการป้องกันการล้มได้อย่างเหมาะสม โดย mCTSIB เป็นการทดสอบการทรงตัวในสถานการณ์ต่างๆ เช่น ยืนหลับตา ยืนบนแผ่นโฟมที่มีความยืดหยุ่น เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ทางคลินิก อย่างไรก็ตามความน่าเชื่อถือของค่าคะแนนที่จะนำไปใช้ในการบ่งชี้ผู้สูงอายุที่มีการล้ม รวมถึงชนิดของโฟมที่เหมาะสมในการทดสอบการทรงตัว ยังจำเป็นต้องได้รับการทดสอบ

ท่านได้รับการรับเชิญให้เข้าร่วมโครงการวิจัยเนื่องจากท่านเป็นผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป และมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์การรับอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการแยกแยะระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุที่มีการหกล้มและกลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่มีการหกล้มเมื่อทดสอบการทรงตัวด้วยโฟม 2 ชนิด ระหว่างโฟม Airex[®] Balance-Pad และ โฟม NeuroCom[®]
- 2) เพื่อเปรียบเทียบเวลาในการยืนทรงตัวระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุที่มีการหกล้มและกลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่มีการหกล้มภายใต้ทดสอบ mCTSIB

5. ขั้นตอนและกระบวนการทำวิจัย

หากท่านยินดีเข้าร่วมการวิจัยท่านจะถูกสอบถามประวัติการล้มและลักษณะการล้มย้อนหลัง 12 เดือน นับจากวันที่สอบถาม และจะได้รับการประเมินความจำ, ความกลัวการล้ม และประเมินคุณภาพในการทรงตัวโดยการเดิน 6 เมตร

ก่อนการทดสอบท่านจะได้รับการสวมเข็มขัดที่มีเซ็นเซอร์ตรวจวัดการเซของลำตัว ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้จะถูกสวมอยู่ที่บริเวณเอวภายนอกเสื้อผ้าของท่าน อุปกรณ์นี้จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายใดๆต่อท่าน จากนั้นท่านจะได้รับการทดสอบความสามารถในการยืนทรงตัว 6 เงื่อนไข ได้แก่ ยืนบนพื้นที่ยื่นและยืนบนโฟมที่มีความยืดหยุ่น 2 ชนิด ร่วมกับให้ลืมนิดา และหลับตา เป็นระยะเวลาสูงสุด 2 นาทีในแต่ละเงื่อนไข ทดสอบเงื่อนไขละ 1 ครั้ง ท่านจะได้พักระหว่างการทดสอบแต่ละเงื่อนไขประมาณ 1-2 นาที หรือจนกว่าท่านจะพร้อม โดยใช้เวลารวมทั้งสิ้น 45 นาทีโดยประมาณ

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่ออาสาสมัครจากการทำวิจัย

ประโยชน์ที่ท่านจะได้รับจากศึกษานี้ คือ หากท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย ท่านจะทราบถึงความสามารถในการทรงตัวของตนเองที่อาจบกพร่องไป ซึ่งอาจเกิดจากการบอกได้ในเบื้องต้นถึงความเสี่ยงสภาพของระบบการรับรู้ความรู้สึกในหูชั้นใน ระบบการมองเห็น หรือระบบการรับรู้ความรู้สึกจากผิวหนัง หรือความเสี่ยงของระบบประสาทในการเลือกปรับใช้ระบบรับรู้ความรู้สึกที่ไม่ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ต่างๆ ส่งผลให้เสี่ยงต่อการหกล้ม นอกจากนี้ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงที่จะนำไปสู่การหกล้ม และเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะช่วยให้บุคลากรด้านสุขภาพหาแนวทางในการหาโปรแกรมป้องกันการบาดเจ็บที่เกี่ยวข้องกับการหกล้ม และภาวะแทรกซ้อนให้กับท่านได้อย่างเหมาะสม

7. สิ่งที่อาสาสมัครจะต้องปฏิบัติและไม่ปฏิบัติระหว่างการศึกษา และระยะเวลาของการวิจัย

1. ในระหว่างการศึกษาเข้าร่วมวิจัย ท่านต้องไม่ได้เข้าร่วมวิจัยในการศึกษาอื่น ๆ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องในการประเมินการทรงตัวที่ซ้ำซ้อนกันในวันที่มีการทดสอบ

2. ขอให้ท่านสวมใส่เสื้อผ้าที่สบายไม่รัดรูปหรือหลวมจนเกินไป

ระหว่างการยื่นทดสอบการทรงตัว ขอให้ท่านไม่พูด ไม่สายตีสระ หรือไม่ทำการเคลื่อนไหวใด ๆ ที่สรีระเว้นเสียแต่ที่ท่านกำลังจะไอ หรือจาม และหากท่านรู้สึกเวียนศีรษะ บ้านหมุน หรือปวดศีรษะ ขอให้ท่านแจ้งต่อผู้วิจัยในทันที เพื่อให้การดูแลที่เหมาะสมต่อไป

8. ความเสี่ยงหรืออันตรายที่จะเกิดขึ้นและหรือความไม่สะดวกสบายของอาสาสมัครที่อาจได้รับและมาตรการที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ป้องกัน

ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การเวียนศีรษะ หรือการล้มในขณะที่ท่านยืนบนโฟม อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมีแนวทางการป้องกัน และการแก้ไขความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น ดังนี้

ก่อนทำการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะมีการตรวจและประเมินสภาพร่างกายของท่านก่อนทำการวิจัย เช่น การวัดความดัน ถ้าความดันต่ำหรือสูงผู้วิจัยจะให้นั่งพักก่อน เป็นต้น และแจ้งให้ท่านทราบว่าหากมีอาการที่แสดงว่ากำลังจะล้ม เช่น หน้ามืด เวียนหัว บ้านหมุน ไม่ต้องฝืน และขอให้แจ้งต่อผู้วิจัยทันทีเพื่อที่จะหยุดการทดสอบ และในขณะที่ทำการทดสอบจะมีคนช่วยดูความปลอดภัย 2 คน คือ ผู้วิจัยและผู้ช่วยผู้วิจัยจะยืนอยู่ใกล้กับท่านเพื่อช่วยพยุงตัวท่านได้ทันทีหากท่านเสียการทรงตัว

9. กรณีเกิดภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยผู้วิจัยจะให้ การดูแลรักษาพยาบาลหรือชดเชยอาสาสมัครในกรณีที่เกิดภาวะแทรกซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยผู้วิจัยอย่างไร

ในขณะการเก็บข้อมูล หากท่านมีภาวะแทรกซ้อน เช่น หน้ามืด บ้านหมุน หรือปวดศีรษะ ท่านจะได้รับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นจากผู้วิจัย และหากอาการยังไม่ดีขึ้นหรือเป็นเพิ่มมากขึ้น ผู้วิจัยจะประสานงานส่งต่อให้ท่านได้รับการรักษาทางการแพทย์ตามสิทธิโดยทันที และเนื่องจากการวิจัยนี้จะดำเนินการเก็บข้อมูลในห้องเก็บข้อมูลงานวิจัยของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ตำบลหลักหก ทำให้มีความสะดวกในการดูแลปฐมพยาบาลและการส่งต่อผู้ป่วย

10. การให้ค่าตอบแทนเป็นเงิน ควรระบุจำนวนและจำนวนครั้งที่ให้อาสาสมัคร

ไม่มีค่าตอบแทน

11. การรักษาความลับเกี่ยวกับอาสาสมัคร

ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิจัย โดยไม่ทำการนำเสนอชื่อ-นามสกุล รวมถึงในส่วนของคุณลักษณะส่วนตัวด้านอื่น ๆ ที่สื่อได้ถึงตัวท่านต่อบุคคลอื่นที่ไม่ใช่ผู้วิจัยและท่านเอง หากท่านไม่ยินยอมให้เปิดเผยข้อมูล และผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับงานวิจัยไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น

12. สิทธิของอาสาสมัครในการถอนตัวออกจากโครงการเมื่อไรก็ได้

ท่านสามารถขอถอนตัวออกจากการศึกษาวิจัยเมื่อใดก็ได้ หรือหากท่านมีความคิดเห็นว่าการศึกษาวินิจฉัยครั้งนี้เสี่ยงต่อการประสบอุบัติเหตุที่เป็นอันตรายร้ายแรงต่อร่างกาย หรือกรณีที่ท่านไม่ต้องการให้ข้อมูลต่อ หรือต้องการยุติการทำการทดสอบใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวออกจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลต่อผู้วิจัย

13. แหล่งทุนวิจัย

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

14. โครงการวิจัยได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จาก คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

APPENDIX J



APPENDIX J

SUBJECT CHARACTERISTICS

ข้อมูลสุขภาพอื่น ๆ		NON-FALLER (N=92)	FALLER (N=92)
สถานะ	โสด	9	7
	สมรส	70	76
	หย่าร้าง/แยกกันอยู่	2	2
	คู่สมรสเสียชีวิต	11	7
การศึกษา	ประถมศึกษา	65	69
	มัธยมศึกษาตอนต้น	13	17
	มัธยมศึกษาตอนปลาย	6	3
	อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	5	1
	ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า	3	2
อาชีพ	ค้าขาย	21	26
	เกษตรกร	21	15
	ข้าราชการบำนาญ/รัฐวิสาหกิจ	3	3
	ไม่ได้ประกอบอาชีพ	31	36
	พนักงานเอกชน	11	5
	อื่นๆ (รับจ้าง)	5	7
โรคประจำตัว	ไม่มี	66	64
	ความดันโลหิต	12	13
	เบาหวาน	12	12
	หัวใจ	0	3
	เข่าเสื่อม	0	0
	อื่นๆ (ไข่มั่น)	2	0
ปัญหาสายตา	ปกติ	71	70
	สายตาสั้น	2	0
	สายตาวาว	18	22
	สายตาเอียง	1	0
ปัญหาทางสายตา	ไม่มี	92	92
	ต้อลม	0	0
	ต้อกระจก	0	0

	ต้อหิน	0	0
	จอประสาทตาเสื่อม	0	0
	อื่นๆ	0	0
ยาที่ต้อง รับประทาน	ไม่มี	75	67
	1 ชนิด	16	22
	2 ชนิด	1	3





APPENDIX K

APPENDIX K

THESIS APPLICATIONS

เอกสารรับรอง การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม

คำชี้แจง : เอกสารชุดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพผลงานวิจัยของนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม

ชื่อ-นามสกุล.....น.ส.อรณิชา วิมลรัตน์.....

ตำแหน่ง.....อาจารย์ประจำ.....

ชื่อบริษัท/องค์กร.....สาขาวิชากายภาพบำบัด, สำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ, มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.....

ได้ใช้ประโยชน์จากวิทยานิพนธ์/สารนิพนธ์ เรื่อง

(ภาษาไทย) ความแม่นยำของโฟมนิวโรคอมและแอเร็กซ์ที่ใช้ใน การทดสอบ Modified Clinical Test of Sensory
Interaction and Balance (mCTSIB) เพื่อระบุผู้สูงอายุที่มีประวัติล้ม

(ภาษาอังกฤษ) ACCURACY OF NEUROCOM AND AIREX FOAMS USED IN THE MODIFIED CLINICAL
TEST OF SENSORY INTERACTION AND BALANCE (mCTSIB) FOR IDENTIFYING ELDERLY
FALLERS..

ชื่อนิติ.....นายบดินทร์ คุ้มโนนชัย..... หลักสูตร.....วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด.....

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม : การตรวจออกการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์โดยละเอียด
ได้แก่ ระบุ วัน เวลา สถานที่ที่นำไปใช้ประโยชน์ ผู้นำไปใช้ประโยชน์ พร้อมแนบหลักฐาน เช่น รูปถ่ายหนังสือ
เชิญ หนังสือขออนำผลไปใช้ ฯลฯ (ถ้ามี)

1. การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ อธิบายลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์

ระบุ.....
.....
.....
.....
.....

2. ใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

ระบุ.....
[] บริษัทเจรจาขอตัวอย่างผลิตภัณฑ์ / ถ่ายทอดงานวิจัย
[] อยู่ระหว่างทำสัญญากับบริษัท
[] อื่นๆ.....

3. ใช้ประโยชน์ทางสังคมและชุมชน เช่น การถ่ายทอดงานวิจัยสู่ชุมชนในรูปแบบต่างๆ

[] การฝึกอบรม [] การคิดโปสเตอร์งานวิจัยในชุมชน / วัด / โรงเรียน

[] การจัดทำคู่มือให้กลุ่มเป้าหมาย [] การจัดประชุมให้ความรู้กลุ่มเป้าหมายเฉพาะ

[] อื่นๆ.....

4. ใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบายเพื่อใช้ประโยชน์ประกอบการตัดสินใจในการบริหาร หรือกำหนดนโยบาย

[] การนำเสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงาน

[/] อื่นๆ....เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเพื่อเสนอข้อสรุปที่ควรใช้ในการเรียนการสอนของสาขาวิชากายภาพบำบัดของนักศึกษาในระดับปริญญาตรีของปีงบประมาณ 62

5. การจดสิทธิบัตร, อนุสิทธิบัตร, ฉลากการค้า และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพย์สินทางปัญญา

[] ไม่ได้จด [] อยู่ระหว่างการยื่นจด

[] ยื่นจด [] สิทธิบัตร ระบุ.....

[] อนุสิทธิบัตร ระบุ.....

[] ฉลากการค้า ระบุ.....

[] อื่นๆ.....

เมื่อปี พ.ศ. เลขที่.....

6. การนำผลงานเผยแพร่ในเว็บไซต์ ระบุเว็บไซต์.....

ชื่อผลงาน.....

ผู้นำขึ้นโพสต์.....

7. อื่นๆ โปรดระบุรายละเอียด

ระบุ.....

ช่วงเวลาในการใช้ประโยชน์

กลุ่มเป้าหมาย/ผู้ได้รับประโยชน์จากงานดังกล่าว ได้แก่

โปรแกรมนุถุถึงหลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์ พร้อมแนบหลักฐานประกอบ (ถ้ามี)

ลงชื่อ.....ผู้ใช้งาน

(น.ส.อรณิชา วิมลรัตน์)

ตำแหน่งอาจารย์ประจำสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

วันที่ 22 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2561

ลงชื่อ.....ผู้บังคับบัญชาสูงสุดของหน่วยงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนิ ศรรเสริญ)

ตำแหน่ง คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

วันที่ 23 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2561

หมายเหตุ: ผู้มีอำนาจโปรดลงนามพร้อมประทับตราองค์กร

VITAE



VITAE

Name: Mr. Bodin Khumnonchai
Date of Birth: October 25
Place of Birth: Bangkok, Thailand
Address: 13 Moo 8 Ban Non Muang, Dong Ling, Kamalasai,
Kalasin, 46130

Educational Background:

2009 Secondary Certificate,
Rongkhum School
2013 Bachelor of Science Program (Physical Therapy),
Rangsit University
2018 Master of Science Program (Physical Therapy),
Srinakharinwirot University