

ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4 - 12 ปีและผู้ใหญ่ตอนต้น



นางสาวพจันท์ มาไพศาลสิน

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)  
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชากายภาพบำบัด ภาควิชากายภาพบำบัด  
คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2560  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BIOMECHANICS OF SIT-TO-STAND AND STAND-TO-  
SIT IN TYPICAL CHILDREN AGED 4 - 12 YEARS AND YOUNG ADULTS



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Physical Therapy

Department of Physical Therapy

Faculty of Allied Health Sciences

Chulalongkorn University

Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	BIOMECHANICS OF SIT-TO-STAND AND STAND-TO-SIT IN TYPICAL CHILDREN AGED 4 - 12 YEARS AND YOUNG ADULTS
By	Miss Potjanun Mapaisansin
Field of Study	Physical Therapy
Thesis Advisor	Assistant Professor Sujitra Boonyong, Ph.D.

---

Accepted by the Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.....Dean of the Faculty of Allied Health Sciences  
(Assistant Professor Palanee Ammaranond, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman  
(Chatchada Chinkulprasert, Ph.D.)

.....Thesis Advisor  
(Assistant Professor Sujitra Boonyong, Ph.D.)

.....Examiner  
(Assistant Professor Praneet Pensri, Ph.D.)

พจนันท์ มาไพศาลสิน : ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4 - 12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น (BIOMECHANICS OF SIT-TO-STAND AND STAND-TO-SIT IN TYPICAL CHILDREN AGED 4 - 12 YEARS AND YOUNG ADULTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.สุจิตรา บุญหยง, 134 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเคลื่อนไหวทางชีวกลศาสตร์ของท่าลุกขึ้นยืนและการลงนั่ง ในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 76 คน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ตามช่วงอายุประกอบด้วย (1) เด็กปกติอายุ 4-6 ปี จำนวน 18 คน (2) เด็กปกติอายุ 7-9 ปี จำนวน 19 คน (3) เด็กปกติอายุ 10-12 ปี จำนวน 20 คน (4) ผู้ใหญ่ตอนต้นอายุ 18-25 ปี จำนวน 19 คน ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการลุกขึ้นยืน และลงนั่ง ด้วยรูปแบบที่ชอบ ผลการศึกษาพบว่า มี 2 รูปแบบที่ใช้ในการลุกขึ้นยืน คือการลุกขึ้นยืนร่วมกับการleanขาและไม่leanขาไปด้านหลัง เด็กลุกขึ้นยืนโดยใช้ทั้งการleanขาและไม่leanขาไปด้านหลัง ในขณะที่ผู้ใหญ่ลุกขึ้นยืนโดยใช้การleanขาไปด้านหลังเพียงรูปแบบเดียว สัดส่วนของเด็กที่ลุกขึ้นยืนโดยใช้การleanขาจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเด็กมีอายุมากขึ้น ในท่าลุกขึ้นยืนพบว่า เด็กอายุ 4 ถึง 6 ปี และ 7 ถึง 9 ปี ลุกขึ้นยืนเสร็จเร็วกว่าเด็กอายุ 10 ถึง 12 ปี และผู้ใหญ่ เด็กอายุ 4 ถึง 9 ปี งอลำตัวไปด้านหลังเร็วกว่าและงอข้อสะโพกมากกว่าเด็กอายุ 10 ถึง 12 ปี และผู้ใหญ่ ยิ่งไปกว่านั้น แรงโมเมนต์มากที่สุดของการเหยียดเข่าในเด็กอายุ 4 ถึง 9 ปี น้อยกว่าผู้ใหญ่ สำหรับท่าลงนั่ง เด็กอายุ 4 ถึง 9 ปี งอเข่าน้อยกว่าผู้ใหญ่ นอกจากนี้ เด็กปกติอายุ 4 ถึง 9 ปี แรงโมเมนต์ที่ข้อเข่า และข้อเท้าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับผู้ใหญ่ ดังนั้น เด็กที่มีอายุ 10 ปีและมากกว่าแสดงการลุกขึ้นยืนและลงนั่งเหมือนผู้ใหญ่ ข้อมูลนี้มีประโยชน์ในการช่วยผู้รักษาในการประเมิน และแปลผลของความสามารถในการลุกขึ้นยืน และลงนั่งในเด็กเพื่อที่จะได้ทราบถึงการเคลื่อนไหวที่เบี่ยงเบนไปจากเด็กปกติ ยิ่งไปกว่านั้น ข้อมูลนี้สามารถใช้เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการตัดสินใจทางคลินิกเพื่อประยุกต์ใช้การรักษาที่เหมาะสม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา กายภาพบำบัด

ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา กายภาพบำบัด

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

# # 5776669537 : MAJOR PHYSICAL THERAPY

KEYWORDS: SIT-TO-STAND / STAND-TO-SIT / BIOMECHANICS / TYPICAL CHILDREN

POTJANUN MAPAISANSIN: BIOMECHANICS OF SIT-TO-STAND AND STAND-TO-SIT IN TYPICAL CHILDREN AGED 4 - 12 YEARS AND YOUNG ADULTS. ADVISOR: ASST. PROF. SUJITRA BOONYONG, Ph.D., 134 pp.

The aim of study is to investigate the biomechanical pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement in children aged 4 to 12 years and young adults. Seventy-six participants were separated into 4 groups as following: (1) 18 children aged 4-6 years; (2) 19 children aged 7-9 years; (3) 20 children aged 10-12 years; (4) 19 adults aged 18-25 years. All participants performed their preferred pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement. The results showed that two patterns of sit-to-stand movement were found including sit-to-stand with and without feet moving backward. Children performed sit-to-stand with and without feet moving backward while adults only performed sit-to-stand with feet moving backward. The proportion of children who did sit-to-stand with feet moving increased as the children were older. For sit-to-stand movement, children aged 4 to 9 years completed the task faster than children aged 10 to 12 years and adults. Children aged 4 to 9 years moved trunk forward faster and had more hip flexion than children aged 10 to 12 years and adults. Moreover, the maximum knee extension moments in children aged 4 to 9 years were less than adults. For stand-to-sit movement, children aged 4 to 9 years showed less knee flexion than adults. In addition, the children aged 4 to 9 years showed lower maximum knee extension and ankle dorsiflexion moments as compared to adults. Therefore, the children aged 10 years and older would perform sit-to-stand and stand-to-sit movement like adults. This information was useful to help the clinicians to assess and interpret the sit-to-stand and stand-to-sit capability of the children to see how their performance deviated from the typical children. Moreover, this information can be used as the supporting document for clinical decision making in order to apply an appropriate treatment.

Department: Physical Therapy

Student's Signature .....

Field of Study: Physical Therapy

Advisor's Signature .....

Academic Year: 2017

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my deepest appreciation to Assistance Professor Sujitra Boonyong, Ph.D., my advisor for her valuable guidance, recommendations, encouragement, and support from the initial to the final level which enabled me to accomplish this thesis.

I would like to express a great thank to my external examiner, Aj. Chatchada Chinkulprasert, Ph.D for her valuable suggestion and helpful advises.

I would like to express a great thank to Asst. Prof. Dannaovarad Chamonchant and all academic staffs at Department of Physical Therapy, Chulalongkorn University, for teaching and giving me good advice.

Many thanks to all participants and their parents of this study for their sacrifices time to participate in my thesis

I am indebted to Miss Duangporn Suriyaamarit for my research assistants, helpful suggestion and all the support.

I am indebted to all my friends who have cheered me up and spent nice time with me. Thanks Mr. Kitiphong Kanjanathanalert, Miss Nampung kumsupsiri, and Mrs.Nalin Khumlee for all support.

Special thankfulness to Mr. Vasapol teravanapanth for Matlab writing and all helpful advice.

I would like to thank for the research fund, The 90th Anniversary of Chulalongkorn University (Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund).

Finally, I would like to express my gratefulness to my beloved family for their encouragement during difficulty times and for always being there for me.

## CONTENTS

	Page
THAI ABSTRACT .....	iv
ENGLISH ABSTRACT .....	v
ACKNOWLEDGEMENTS .....	vi
CONTENTS .....	vii
LIST OF TABLES .....	xii
LIST OF FIGURES .....	xiv
CHAPTER 1 INTRODUCTION .....	1
1.1 Background and rationale.....	1
1.2 Objective of this study.....	2
1.3 Hypothesis of the study.....	2
1.4 Scope of the study .....	2
1.5 Brief method .....	2
1.6 Advantage of the study.....	3
CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW.....	4
2.1 Introduction.....	4
2.2 Gross motor development in typical children.....	4
2.3 Motor control.....	6
2.4 Sit-to-stand movement.....	7
2.4.1 Phases of sit-to-stand.....	7
2.4.2 Biomechanics of sit-to-stand movement.....	9
2.5 Stand-to-sit movement.....	10
2.5.1 Phases of stand-to-sit movement .....	10

	Page
2.5.2 Biomechanics of stand-to-sit movement.....	11
2.6. Development of standing up and sitting down movement.....	12
2.7 Factor influencing sit-to-stand and stand-to-sit movement .....	13
2.7.1 Intrinsic factors .....	13
2.7.2 Extrinsic factors.....	16
2.8 Framework of this study .....	18
CHAPTER 3 MATERIALS AND METHOD.....	20
3.1 Introduction.....	20
3.2 Study design.....	20
3.3 Sample size .....	20
3.4 Participants .....	20
3.4.1 Inclusion criteria for healthy children.....	21
3.4.2 Inclusion criteria for healthy young adults.....	21
3.4.3 Exclusion criteria .....	22
3.5 Screening tools.....	22
3.5.1 Screening forms.....	22
3.5.2 Obesity screening tools .....	23
3.6 Instrumentation .....	23
3.6.1 Motion analysis system (Motion Analysis Crop., Santa Rosa, CA).....	23
3.6.2 Force platforms.....	23
3.6.3 Reflective markers .....	23
3.6.4 Adjustable bench.....	24
3.6.5 Measuring tape .....	24



	Page
3.6.6 Adhesive tapes .....	24
3.7 Motion Analysis System Procedure .....	28
3.8 The study outcomes .....	28
3.9 Testing procedures.....	29
3.9.1 Participant preparation .....	29
3.9.2 Data collection .....	32
3.10 Data processing.....	34
3.10.2 Times at transition point.....	35
3.10.3 Joint angular position .....	36
3.10.4 Joint angular velocity.....	36
3.10.5 Joint moment.....	36
3.11 Data analysis .....	37
CHAPTER 4 RESULTS .....	38
4.1 Introduction .....	38
4.2 Participants .....	38
4.3 Sit-to-stand and stand-to-sit movement strategies.....	40
4.4 Kinematic pattern of sit-to-stand movement .....	41
4.4.1 Times of sit-to-stand movement.....	41
4.4.2 Joint angle position at each transitional point of sit-to-stand movement .....	42
4.4.3 Trunk angular velocities.....	43
4.5 Kinematic pattern of stand-to-sit movement .....	61
4.5.1 Times of movement.....	61

	Page
4.5.2 Joint angle position at each transitional point .....	62
4.5.3 Trunk angular velocities.....	63
4.6 Kinetic pattern of sit-to-stand movement .....	73
4.7 Kinetic pattern of stand-to-sit movement .....	81
CHAPTER 5 DISCUSSION.....	88
5.1 Introduction.....	88
5.2 Participants' characteristics .....	88
5.3 Synergies pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement .....	88
5.4 Age-related differences in sit-to-stand biomechanics .....	89
5.5 Age-related differences in stand-to-sit biomechanics .....	92
5.6 Implication of study for clinical practice.....	93
5.7 Limitation of this study .....	93
5.8 Further study.....	94
CHAPTER 6 CONCLUSION .....	95
REFERENCES .....	96
APPENDIX.....	101
APPENDIX A ETHICAL APPROVAL .....	102
APPENDIX B PARTICIPANT' INFORMATION SCREENING SHEET (PARENT).....	103
APPENDIX C PARTICIPANT' INFORMATION SCREENING SHEET (ADULT).....	107
APPENDIX D INFORM CONSENT FORM (PARENT) .....	112
APPENDIX E INFORM CONSENT FORM (ADULT).....	114
APPENDIX F SCREENING QUESTIONNAIRE FOR CHILDREN.....	116
APPENDIX G SCREENING QUESTIONNAIRE FOR ADULTS.....	118

	Page
APPENDIX H DATA COLLECTION SHEET .....	120
APPENDIX I THAI CHILDREN'S GROWTH CHART .....	121
APPENDIX J SAMPLE SIZE CALCULATION .....	125
APPENDIX K RELIABILITY.....	127
VITA.....	134



## LIST OF TABLES

	Page
Table 3.1 Marker positions (Helen Hays marker set model and additional marker)....	31
Table 4.1 Characteristics of the participants in this study (n=77) .....	39
Table 4.2 Anthropometric characteristics of participants (Mean $\pm$ SD).....	39
Table 4.3 The number of participants who performed sit-to-stand and stand-to-sit with and without moving feet strategies in each group.....	40
Table 4.4 Times of movement in sit-to-stand with and without feet moving backward pattern (Mean $\pm$ SD).....	44
Table 4.5 Trunk and pelvis angle position at each transitional point in sit-to-stand with and without moving feet pattern.....	45
Table 4.6 F-test and p-value of angle joint position in sit-to-stand with moving feet pattern.....	46
Table 4.7 F-test and p-value of angle joint position in sit-to-stand without moving feet .....	47
Table 4.8 Hip, knee and ankle angle position at each transitional point in sit-to- stand with moving feet pattern (degree): Mean $\pm$ SD .....	56
Table 4.9 Hip, knee and ankle angle position at each transitional point in sit-to- stand without moving feet pattern (degree: Mean $\pm$ SD).....	57
Table 4.10 The maximum of trunk angular velocity of sit-to-stand with and without moving feet (degree/second: Mean $\pm$ SD).....	61
Table 4.11 Times of movement in stand-to-sit with and without moving feet pattern (Mean $\pm$ SD).....	63
Table 4.12 Trunk and pelvis angle position at each transitional in stand-to-sit with and without moving feet pattern.....	64

Table 4.13 F-test and p-value of angle joint position in stand-to-sit with and without moving feet.....	65
Table 4.14 Hip, knee and ankle angle position at each transitional in stand-to-sit with moving feet pattern (degree: Mean±SD).....	68
Table 4.15 Hip, knee and ankle angle position at each transitional in stand-to-sit without moving feet without moving feet pattern (degree: Mean±SD).....	69
Table 4.16 the maximum of trunk angular velocity of stand-to-sit with and without moving feet (degree/second: Mean±SD). ....	73
Table 4.17 F-test and p-value of maximum joint moment in sit-to-stand with and without moving feet.....	74
Table 4.18 Peak of hip, knee and ankle angle moments in sit-to-stand with moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).....	78
Table 4.19 Hip, knee and ankle angle moments in sit-to-stand without moving feet pattern (N/kg: Mean±SD). ....	79
Table 4.20 The contribution of maximum hip extension, knee extension, and ankle plantar flexion moments in sit-to-stand movement (%: Mean±SD).....	80
Table 4.21 F-test and p-value of maximum joint moments in stand-to- sit with and without moving feet .....	82
Table 4.22 Hip, knee and ankle angle moment in stand-to-sit with moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).....	85
Table 4.23 Hip, knee and ankle angle moment in stand-to-sit without moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).....	86
Table 4.24 The contribution of maximum hip extension, knee extension, and ankle plantar flexion moments in stand-to-sit movement (%: Mean±SD).....	87

## LIST OF FIGURES

	Page
Figure 2.1 Framework of the study .....	19
Figure 3.1 video cameras (Raptor E) .....	24
Figure 3.2 Two Bertec force plates model (Bertec Crop., Columbus, OH).....	25
Figure 3.3 Twenty-four markers on base pad and six markers with pedestal .....	25
Figure 3.4 Adjustable chair.....	26
Figure 3.5 Measuring tape .....	26
Figure 3.6 Adhesive tapes .....	27
Figure 3.7 Marker positions .....	30
Figure 3.8 The sit-to-stand and stand-to-sit position. (A.) The starting position of sit-to-stand movement. (B.) The end of sit-to-stand movement and the starting position of stand-to-sit movement.....	33
Figure 3.9 The five body segment and the angle, a) is trunk angle; b) is pelvis angle; c) is hip angle; d) is knee angle, and d) is ankle angle .....	35
Figure 4.1 This graph showed percentage of the movement times in four phases of sit-to-stand movement.....	42
Figure 4.2 The graph show main group effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU1 as following; A, hip; B, knee; C, ankle .....	49
Figure 4.3 The graph show main group effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU2 as following; A, hip; B, knee; C, ankle .....	50
Figure 4.4 The graph show main group effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU3 as following; A, hip; B, knee; C, ankle .....	51
Figure 4.5 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU1 as following; A, knee; B, ankle.....	52

Figure 4.6 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU2 as following; A, knee; B, ankle.....	52
Figure 4.7 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU3 as following; A, hip; B, knee; C, ankle .....	53
Figure 4.8 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand without moving feet at TU1 as following; A, knee; B, ankle.....	54
Figure 4.9 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand without moving feet at TU2 as following; A, ankle .....	54
Figure 4.10 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand without moving feet at TU3 as following; A, knee; B, ankle.....	55
Figure 4.11 Mean of trunk angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$ = TU1, o = TU2, * = TU3).....	58
Figure 4.12 Mean of pelvis angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$ = TU1, o = TU2, * = TU3) .....	58
Figure 4.13 Mean of Hip angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$ = TU1, o = TU2, * = TU3).....	59
Figure 4.14 Mean of knee angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$ = TU1, o = TU2, * = TU3).....	59
Figure 4.15 Mean of knee angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$ = TU1, o = TU2, * = TU3).....	60
Figure 4.16 Mean of trunk velocity during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$ = TU1, o = TU2, * = TU3) .....	60
Figure 4.17 This graph showed percentage of the movement times in four phases of stand-to-sit movement.....	61
Figure 4.18 The graph show main group effect of joint angle in stand-to-sit movement with moving feet as following; A, hip; B, knee; C, ankle .....	66

Figure 4.19 The graph show main group effect of hip joint angle in stand-to-sit movement without moving feet. ....	67
Figure 4.20 The graph show main side effect of joint angle in stand-to-sit with moving feet at TD1 as following; A, knee; B, ankle .....	67
Figure 4.21 Mean of trunk angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1).....	70
Figure 4.22 Mean of pelvis angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1) .....	70
Figure 4.23 Mean of hip angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1).....	71
Figure 4.24 Mean of knee angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1).....	71
Figure 4.25 Mean of ankle angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1) .....	72
Figure 4.26 Mean of trunk velocity during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1) .....	72
Figure 4.27 The graph show main group effect of joint moment in sit- to-stand movement with moving feet as following; A, knee; B, ankle.....	75
Figure 4.28 The graph show main group effect of joint moment in sit- to-stand movement without moving feet as following; A, hip; B, ankle.....	76
Figure 4.29 The graph show main side effect of maximum ankle joint moments in sit-to-stand with moving feet.....	77
Figure 4.30 The graph show main side effect of maximum ankle joint moments in sit-to-stand without moving feet as following; A, hip; B, knee .....	77
Figure 4.31 The graph show main group effect of joint moment in stand-to-sit movement with moving feet as following; A, knee; B, ankle.....	83



Figure 4.32 The graph show main group effect of joint moment in stand-to-sit movement without moving feet as following; A, knee; B, ankle..... 83

Figure 4.33 The graph show main side effect of maximum ankle joint moments in stand-to-sit with moving feet as following; A, hip; B, knee ..... 84



# CHAPTER 1

## INTRODUCTION

### 1.1 Background and rationale

'Sit-to-stand' and 'Stand-to-sit' movement are the most common activities in daily life as they are transitional movements. They involved complex motor tasks characterized by transferring from one static posture to another. In motor development, the transitional movement is an important skill to enhance more complex mobility and functional skills (1, 2). To achieve the standing up and sitting down tasks, an individual requires a good coordination of movement, a good motor control, including (a) progression for desire directions and generate force, (b) postural control to keep his/her stability while performing the task, and (c) adaptation when the environmental is changed.

The first performance of standing up in children was reported at about 1 year of age (3). Previous study reported that the pattern of standing up in children of age between 1 and 1.5 year showed a decreased peak trunk flexion and ankle dorsiflexion movement over months of age. A frequency of successful trails also increased over months of age. Consequently, the development of standing up has gradually improved with age (4). Children aged between 9-10 years, showed an increase in angular velocity of trunk flexion, and vertical ground reaction force during standing up compared with younger children (5). Furthermore, 5-6 years old children showed no difference in movement time of standing up when compared to adults. However, the angular displacement and velocity of standing up in 5-6 years old children was different from adults (6). Presently, there has not been study of the development of standing up in kinetics aspect. Furthermore, there is still a gap of the kinematic data of the development of standing up in some age range.

For stand-to-sit movement, the previous studies had investigated the pattern of sitting down movement in adult population. The results showed that sitting down movement spent more time than standing up movement (7, 8). On the other hand,

there is a lack of evidence in either kinematic or kinetic data in the development of the sitting down movement in children.

Since the knowledge of standing up and sitting down movement in normal development are very important to help the clinician to understand how well children in different age can perform tasks. Then, clinicians can properly apply clinical assessment and clinical treatment in children with delayed development. Therefore, this study aims to investigate the kinematic and kinetic pattern of standing up and sitting down in typical children age between 4 – 12 years old and also comparing these patterns with young adults.

### **1.2 Objective of this study**

To study the kinematic and kinetic pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement in typical children with different age groups and young adults.

### **1.3 Hypothesis of the study**

Typical children of different age groups and young adults would be performing sit-to-stand and stand-to-sit movement with different the kinematic and kinetic pattern.

### **1.4 Scope of the study**

This study investigated the kinematic and kinetic pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement in healthy typical children aged between 4 – 12 years and adults aged between 18 -25 years in Bangkok metropolitan area.

### **1.5 Brief method**

Sixty typical children aged 4 to 12 years old and twenty healthy young adults aged 18 to 25 years old who were eligible in this study. They and their parents (for

children participants) were signed the consent form. Firstly, the anthropometrics were assessed by researcher who is a physical therapist. Secondly, they were asked to attach thirty markers on their skin. Finally, they were asked to perform sit to stand to sit movement while recording by the motion analysis systems.

### 1.6 Advantage of the study

Knowing normal pattern of sit to stand to sit movements in children may provide an important knowledge of normal development of sit-to-stand and stand-to-sit. The results from this study, thus, may help the clinicians to assess sit to stand to sit capability of the children or apply appropriate treatments in the clinic.



## CHAPTER 2

### LITERATURE REVIEW

#### 2.1 Introduction

The literatures were reviewed to support the study that associate of aged with sit-to-stand and stand-to-sit movements. Basic knowledge and other important details are explained following the topics.

1. Gross motor development in typical children
2. Motor control
3. Sit-to-stand movement
  - Phases of sit-to-stand
  - Biomechanics of sit-to-stand movement
4. Stand-to-sit movement
  - Phases of stand-to-sit movement
  - Biomechanics of stand-to-sit movement
5. Development of sit-to-stand and stand-to-sit movement
6. Factor influencing sit-to-stand and stand-to-sit movement
  - Intrinsic factors
  - Extrinsic factors

#### 2.2 Gross motor development in typical children

The development in the first year of life, the infants learn how to upright the posture. The first year development has been described into four periods. First period is when the infant's age between 1 to 3 months old. The infants develop the ability to control their head in midline and in antigravity position. Second period is when the infant's age between 4 to 6 months old. The infants develop forearm and arm support

as well as upper trunk control. They learn to prone with hand support and shift weight in several directions. They are able to maintain themselves in sitting with propped arm. Third period is when the infant's age between 7 to 9 months old. The infants learn to control lower trunk and pelvis in an upright position. The infants use hands to pull themselves to stand up. However, in sitting down, their eccentric control does not develop to control the lowering part that is why they drop into sitting position. In addition, the infants are able to crawl in this period. Final period is when the infant's age between 10 to 12 months old. The infants learn to control lower extremities and they are able to get up into an upright position, standing, and further cruising, walking, and squatting down with guarding of upper extremities.

During the second year of life, the functional motor skills are more specifically developed to an anthropometric characteristics and individual's play and work (9). Children aged between 2 and 3 years are able to walk well, kick a ball, run, climb up and downstairs and jump off the bottom step (9, 10). In 3 years old children, the skills of these movements are increasing. When the children are ascending stairs, they can alternate their feet and control the speed. The running movement would be developed to be true running that is characterized by having both feet off the ground simultaneously at the short period of time. In this year of life, children are able to ride a tricycle. Four years old children can walk downstairs with reciprocal feet and hold rail. Five years old children can skip, jump, rope and long jump about 2 feet. After 6 years old, children are constantly developing the motor skills. They try activities exceeding their ability. They can climb, dance, hop, push, and pull safely. Sports and playground games become the important roles to improve child's motor skills especially speed, agility and precision (9, 10).

Movement abilities associated with developmental sequence are the results of motor control (9-11). The performance of movement such as sitting, standing, walking and moving from sitting to standing and standing to sitting were developed as nonlinear and interaction between intrinsic and extrinsic factors (1, 9, 11).

### 2.3 Motor control

The definition of motor control is an ability to direct the mechanism essential to movement. The movements were emerged from interaction between three factors: the individual, the task, and the environment factors. The individual factors were related to perception, action, and cognition. The perceptual system provided the body's position and movement in space with respect to environment. For action, the movement was described with in particular actions or activities. The understanding of the nervous system such as motor cortex, brainstem, cerebellum, and basal ganglia, which able to know the interaction of movement and action. The coordination between the nervous system, muscular system and sensory system were help to desire map of body in space and plan of movement to specific muscles for produce forces that effective to control the body position. The cognitive process was related to perception and action. The cognitive included attention, planning, problem solving, motivation, and emotion (1).

The task factors were described by considering the tasks in 5 groups. First, grouping by the movement of the base of support that stay still or in motion: stability task such as sitting or standing, quasimobile task such as standing up or sitting down and mobility task such as walking or running. Second, grouping by clinical environment, the tasks were routine grouping consisting of bed mobility, transferring task, and activities of daily living. Third, grouping by the regulation of neural control mechanism, there were discrete movement tasks and continuous movement tasks. Forth, tasks were grouped by its manipulation. The task manipulation was demanded for stability while performing the same task but in different situations. For examples, standing, standing and lifting heavy load, or standing and lifting light load (1).

The environment factors have been divided into regulatory and non-regulatory features. The regulatory features were a specific environment that could be known the size, shape, weight, and characteristics. The non-regulatory features were nonspecific environment such as background noise and moving environment. The environment

factors could either support or obstruct while did the task. Therefore, the understandings of environment features were essential to movement performance. (1)

Furthermore, the essential requirement for successful standing up and sitting down was consisted of progression, postural control, and adaptability. The progression was an ability to desire direction of movement generated force, and coordinate rhythmic pattern of muscles during movement by coordination between the neuromuscular system and musculoskeletal system. The anticipatory mechanism or the feed forward strategies was the mechanism that body used to control the body prior to doing the task (12). The requirement of postural control was an ability to keep his/her stability and appropriate posture while performing the task. The information from individual sensory system can determine the body's position and movement in space with respect to environment. They are consisted of visual, vestibular, and somatosensory systems. For the sensory strategies is an organization of information from the sensory system to control the posture in difference tasks. In standing on the firm surface, they required a feedback control from somatosensory system 70%, visual system 20% and vestibular system 10% (1, 13). In other movements or situations, the sensory reweighting was used to adaptive the individual sensory proportion (14). For the adaptation was an ability to modify movement interaction of environment such as chair height, or support surface alignment (15-17).

Therefore, the present study aimed to investigated in standing up and sitting down task performed with environmental control. Therefore, the individual factor was the main factor which interaction for motor control.

## **2.4 Sit-to-stand movement**

### **2.4.1 Phases of sit-to-stand**

Movement analysis of standing up was described in two different perspectives such as kinematics and kinetics. In order to make the analysis of movement more clearly, the task has been divided into several events or phases depending on the outcome measurements (18).



For kinematic measurement, the study of Alexander and associate (19) (19) divided sit to stand movement into two phases. The first phase started by trunk moving away from a backrest until the head reached its maximum anterior position. The second phase, then, started after the end of first phase until fully standing upright position. Meanwhile, Schenkanman (20), Ikeda (21) and Nikfekar (22) and their association (20-22) divided sit to stand movement into four phases by trunk movement and ankle movement. The first phase is a flexion phase of standing up. It started from trunk forward flexion to seat off. The second phase is a transition phase started from seat off and ended at either maximum ankle dorsiflexion or trunk flexion. The third phase was an extension phase. It was started after the end of second phase until standing steady. Lastly, stabilization phase was a maintaining in standing steady for a while. In the study of children, Park eun sook and associate (23) had divided standing up movement into five phases by trunk movement and ankle movement. Phase I, forward trunk flexion begun at initiation of trunk flexion. The ending of Phase I and start of Phase II were at the point of the maximal hip flexion. The end of phase II was at the point of knee abruptly extended and the hip lifting off the chair. In phase III, started right at the end of phase II until the maximal ankle dorsiflexion. In phase VI, this phase started at the maximal ankle dorsiflexion and ended at standing up with trunk and knee fully extend. Phase V is a stable standing phase. It started right after the end of the fourth phase and ended when an individual in stable standing pose.

For kinetic measurement, the study of Hirschfeld and associate (24) (24) divided sit to stand task in two phases by using the force obtained from seat sensors. The first phase started at the beginning of sitting and ended when the force disappeared at the seat off. In studies of Roebroek (25), Riley (26) and their associate (25, 26), they also divided phase of sit to stand into three phases; flexion, transition, and extension phases. They use center of mass movement to divide phases. When center of mass moves in forward direction, it was defined as flexion phase. However, there was an unclear definition of the ending point of the flexion phase. For extension phase, it started at the center of mass move in vertical direction. For transition phase, it was between flexion and extension phase. In addition, in 1990, Kralj and associate

(8) divided standing up movement pattern into four phases of movement by using the changing of momentum and the components of ground reaction force in Fig 2.1 as criteria. The first phase was the initiation phase that began with a rapid change of momentum until vertical ground reaction force had positive change. The second phase was seat unloading phase. It started out at the end of the initiation phase to seat off when the anterior shear force reached to maximum. The third phase is ascending phase. After seat off, the ascending phase started. When the knee was fully extended, it indicated either the end of the ascending phase or the beginning of the stabilization phase. When the vertical ground reaction force was equal to the body weight, it was defined as the end of stabilization phase.

Accordingly, the present study used kinematic and kinetic measurement for phase dividing. Therefore, the event of sit to stand movement was divided into 4 phases by trunk movement and ankle movement. Firstly, flexion phase began with the trunk forward flexion to prior seat off. Secondly, transition phase started at seat off and end at maximum vertical ground reaction force. Thirdly, extension phase, this phase started after ending of second phase to quiet standing. Lastly, stabilization phase, it began after hip extension velocity reached  $0^\circ/\text{sec}$ .

#### **2.4.2 Biomechanics of sit-to-stand movement**

In the previous studies, the standing up movement started from quiet sitting position. The beginning of the task began when the trunk initiation moved. The trunk flexion was increased while thigh, shank and foot performed like a remained stationary (25) until the trunk reached to maximum flexion. Then, knee slightly extended, followed by, the buttocks moved up from a chair and the ankle reached to the maximum dorsiflexion. The trunk and knee further extended into upright standing position.

When the trunk was flexed, the upper body momentum and the center of mass (COM) were generated and move in forward direction (7, 20, 25). The COM horizontal velocity increased and reached to the maximum prior seat off. At the

maximum ankle dorsiflexion, the COM was moved to the maximum anterior point (20). The body weight was transferred from a chair to feet (27). The flexion momentum of the upper body was changed to be the flexion momentum of the total body and led to upwardly and anteriorly moving of the total body. Consequently, the COM velocity was decelerated in horizontal direction and accelerated in vertical direction (20). When the vertical velocity of COM reached to the maximum, the velocity was performed deceleration (25).

The lower extremity muscle activities which activated during standing up movement. Tibialis anterior were activated first at the beginning of the sit to stand movement. Before seat off, biceps femoris, rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis, and soleus muscles were begun to activate (25, 28). The EMG activity level of these muscles were increased and reached to maximum at seat off except the tibialis anterior muscle, which the EMG activity level were decreased (25, 28). In addition, when trunk and knee were extend, the EMG activity level of rectus femoris, vastus medialis, and vastus lateralis were decreased, except the soleus and gastrocnemius muscles, their EMG activity level were similar (25, 28).

## 2.5 Stand-to-sit movement

### 2.5.1 Phases of stand-to-sit movement

There have been a few biomechanical studies focusing on sitting down movement (2, 7, 8, 29-33). For describing the phases of the sitting down movement, two different perspectives such as kinematics and kinetics have been described.

For kinematic measurement, Wang (30) and Ashford (33) and their association have divided sitting down movement into two phases such as trunk flexion and trunk extension phases (30, 33). The trunk flexion phase started at the beginning of trunk flexion. When the trunk was beginning to extend, it was defined as ending of the flexion phase and the beginning of the extension phase. Moreover, the study of Manckoundia and associates (2) (2) has divided sitting down movement in two phases: downward

phase and backward phase by the movement of shoulder. The downward phase started at the initiation of shoulder movement and ended when the vertical component of shoulder was dropped less than 5% of its maximum value. The backward phase was started after ending of downward phase until shoulder velocity decreased below 5% of its maximum value. However, the study of Dubost (29) and Mourey (31) and their associate did not describe phase of sitting down. They described only when the seat on occurring (29, 31).

For kinetic measurement, Kralj and associate (8) has separated sitting down movement in four phases by using the changing of momentum and the components of ground reaction force (8). The first phase was the initiation phase that began with posture that changes into stooping posture and ended with the vertical ground reaction force lower than 98% of body weight. The second phase was descending phase. It started from the ending of the initiation phase until the buttock contacted the chair. The third phase was seat loading phase. It started when the buttock contacted the chair. The body weight was transfer from legs to the seat. The ending of this phase defined as anterior-posterior shear force reached its minimum. The last phase is stabilization phase, when the trunk bended back to quiet sitting position.

Accordingly, the present study used kinematic measurement to define two phases of sitting down movement: flexion and extension phases. The trunk movement and buttock seat on chair were used as a criteria. Firstly, flexion phase began from initiation of trunk movement until seat on that buttock down initial contact on chair. Secondly, extension phase, this phase was right after seat on and upright sitting posture.

### **2.5.2 Biomechanics of stand-to-sit movement**

For described the biomechanics of stand-to-sit movement, the phases of stand-to-sit movement were categorized into two phase: flexion and extension phase. The flexion phase began from initiation of trunk movement until seated that buttock down

on initial contact to the chair. The extension phase, the definition of this phase was after seat on and upright sitting posture.

In the flexion phase, the starting movement was quiet standing. The standing posture was transferred to stoop posture. Trunk and knee movement were increased in flexion (7, 8). In this phase, forward trunk flexion was contributed to stability control along the antero-posterior axis (29). Maximum trunk flexion was occurred at the time of seat on, while maximum ankle dorsiflexion occurred just before the seat on (29, 33). When buttock contacted to the seat, the body weight was transferred to seat. Then, trunk was extended to upright sitting posture.

The muscle activation in flexion phase consisted of hamstring, gluteus maximus, erector spinae, and rectus abdominis muscles. These muscles activation happened throughout this phase. Tibialis anterior was activated after beginning of flexion phase and activated throughout the phase. However, quadriceps muscles was activated at the beginning of this phase and deactivated just over half way of the flexion phase. After the buttock contacted the seat, gluteus maximus and rectus abdominis remain active during this phase. Meanwhile, hamstrings and tibialis anterior were activated throughout flexion phase until there were deactivated just after the middle of extension phase (33).

## **2.6. Development of standing up and sitting down movement**

The first performance of standing up were occurred children around 12 months old (4). During the development of standing up movement, the number of successful trials and the movement pattern were gradually improve with age (3, 4).

Previous study reported that the pattern of sit to stand was different in children with different age groups and also in children who have less and more time to practice skills. McMillan and Scholz (3) (3) studied in infants post acquisition time of sit to stand (12 – 16 months old). Infants 2 weeks post acquisitions used forward up pattern, which occurs when infants slide the buttocks forward on seat with minimal trunk flexion and

then stand. In contrast, infants 18 weeks post acquisition were developed to use diagonal up pattern that infant flexes trunk prior to lift off.

Movement times of sit to stand were increased with age until 6-7 years old. The movement time in 6-7 years old children were similar as it was in adults. However, children aged 4-5 years old have more variability of movement time than younger and older age group (5, 6). In 9-10 years old children, they showed an increase in angles displacement, the angular velocity of trunk flexion, and vertical ground reaction force during standing up compared with young children (5). Furthermore, 5-6 years old children showed no difference in movement time of standing up compared to the adults (6).

Moreover, the movement of sitting down spent more time than standing up movement (7, 8). Meanwhile, there has not been any study reported the development of the sitting down in children.

Therefore, the performance of standing up and sitting down movement were related to age. The present study investigated how the children learn to perform the standing up and sitting down movement while dealing with gravity or other forces related to movements.

## **2.7 Factor influencing sit-to-stand and stand-to-sit movement**

During standing up and sitting down movement, children must control center of mass within the base of support (1). If they have an impairment of postural control during standing up and sitting down movement, they would fall down (28). There have been 2 factors that affect standing up and sitting down movement which consist of intrinsic and extrinsic factor (34, 35).

### **2.7.1 Intrinsic factors**

The intrinsic factors that consist of individual factor and strategy of movement. In the example of individual factor are age, and obesity (4-6, 34).

Strategy of movement is an individual movement such as speed, foot position, trunk or knee position, and movement (3, 28).

### 2.7.1.1 Age

Development of standing up and sitting down movement were associated with the postural control development. For children aged 3 three years old, the sensory predominance was shifted from visual sensory to somatosensory. The sensory integration was completely developed at 7 years old (1).

Previous studies reported that the pattern of standing up was different with age (3, 5, 6). McMillan and Scholz (3) (3) studied in infants post acquisition time of sit to stand (12 – 16 months old). The results showed that the infants had used different pattern in standing up. In the first period of performance, children performed forward up pattern to stand up. After the first period, children performed diagonal up pattern to stand up.

The trunk forward flexion displacement and velocity were increased in 9-10 years old children when compared with 4-5 years old children. The vertical ground reaction force during standing up in children aged 9-10 years had greater than younger children (5).

Therefore, this study separated children in three different age groups. The youngest children would be age between four and six years old, a period of transition in balance, the children were learning to control balance by sensory reweighting. They used too much of visual orientation to control their posture and undeveloped reweight process of sensory information(36, 37). The second group would be age from seven to nine years old (1). By seven years old, the children had completely developed the postural control like adults (1, 5). In contrast, the reweighting process of visual/somatosensory inputs was also maturing. The third group, the children aged between ten and twelve would have more experiences of standing up and sitting down movement (5). Meanwhile, the inter-modal reweighting process and forward direction

of balance were fully developed(38, 39). Maybe the patterns of the movements will be developed as adult performance.

### **2.7.1.2 Obesity**

In obese populations, the biomechanics of standing up movement was different from normal populations. They moved the feet more backward and minimally flexed the trunk. Relatively, the moment were load on knee joint more than hip joint (40). In frontal plane, obese increased movement of hip abduction during standing up resulting in an increased hip abduction moment (41).

### **2.7.1.3 Strategy of movement**

The different foot positions were affected movement of standing up movement. The anterior and posterior foot position were investigated in previous study (28, 42). The anterior foot position placed the foot align below to knee joint (reduce knee flexion). The posterior foot position is foot placed aligned posteriorly to knee joint (increased knee flexion). When the foot placement with reducing knee flexion, the movement time of standing up task was more than the foot placement with increasing knee flexion (28). The hip extension moment were increased when foot placement with reducing knee flexion as compare to foot placement with increasing knee flexion. The ankle plantar flexion moment was increased when foot placement with increasing knee flexion as compare to foot placement with reducing knee flexion (28, 42).



## 2.7.2 Extrinsic factors

The extrinsic factors are different in environment such as chair characteristics (a type of chair, the height of the chair, back rest and arm rest), floor, footwear, and external loading (35, 43, 44).

### 2.7.2.1 Chair characteristics

Most researchers investigated the impact of using different chair and how it affected the standing up movement such as height of the seat, armrest, backrest, and chair type. The height of chair was focused on a lower chair (the height less than 100% of lower leg length) and a higher chair (the height more than 100% of lower leg length) (16, 17). The range of hip, knee, and ankle motion was decreased maximum flexion when standing up from higher chair (16). The peak vertical ground reaction forces were greater during standing up from lower chair than from higher chair (17).

The effect of armrest related the standing up movement occurred when used the armrest. The study of Alexander et al (1991) reported that healthy young participants and healthy older participants performed similar movement of trunk flexion while used or did not use hand (19). The lower moment of hip and knee extension moment were reduced when performing standing up task (35).

The influence of backrest of chair were not concerned in previous study of standing up and sitting down movement (16, 31). The backrest was used to manage starting position of standing up task. These studies were not comparable the trunk position with or without backrest.

### 2.7.2.2 Supporting surface alignment

Assaiante et al (2013) (15) studied standing up and sitting down movement in three different support surfaces with two visual conditions. The supporting surfaces were horizontal support surface (H), support surface tilted 10° to right in medial lateral direction (LAT), and tilted forwardly in the antero-posterior direction (AP). The visual

conditions were eyes opened and eyes closed. The result showed that there was no effect of vision on standing up and sitting down movement in children aged 7-10 years old and adults. However, there were the effects of support surface inclination. Adults performed decreased trunk flexion during standing up in AP condition when compared with H condition. In contrast, children did not change in trunk flexion movement during standing up in AP condition. For standing up movement, both children and adults showed decreased trunk extension when the support surface was tilted forwardly. For sitting down movement, both children and adults were decreased trunk flexion and extension during sitting down with the surface that was tilted forwardly.

### 2.7.2.3 External forces

The external forces that affected standing up movement such as back loading was investigated by Seven et al (2008) (43). When standing up with carrying a backpack weighted 20% of participants' body weight, the ankle dorsiflexion at the initiation of movement and the maximum ankle dorsiflexion were significantly increased with respect to standing up without adding an external load. The hip flexion at the initiation of movement and the maximum hip flexion were significantly increased with respect to standing up without external loading. The ankle plantar flexor and knee extensor moment were significantly increased for standing up with external loading as compared to standing up without external loading.

The influence factors that affected standing up and sitting down movement were consisted of intrinsic factors: age, obesity (4-6, 34), and strategy of movement (3, 28) and extrinsic factors: chair characteristics (a type of chair, the height of the chair, back rest and arm rest), supporting surface alignment, and external loading (35, 43, 44). In this study, age was investigated whether it would be a factor that affects standing up and sitting down movement while the other factors were controlled, as they are confounding factors.

## 2.8 Framework of this study

This study focuses on the development of sit-to-stand and stand-to-sit movement in typical children. Figure 1 shows factors that affects biomechanics of sit-to-stand and stand-to-sit movements. A summary for this study can be described as followed:

The influence factors of sit-to-stand and stand-to-sit consist of intrinsic and extrinsic factors. The intrinsic factors consist of age, anthropometrics, and dynamic postural control. The extrinsic factors consist of chair characteristics, supporting surface, and external forces. This study focused on the development of sit-to-stand and stand-to-sit movement. Accordingly, the factor of age was a main effect of this study. The other factors were confounding factors that were controlled. Biomechanical analysis was used to explain the pattern of the sit-to-stand and stand-to-sit movement. Therefore, the outcome measurements were as follow: 1) kinematic variables: total time of movement, movement time in each phase, joint angle position and velocity, 2) kinetic variables: joint moment.

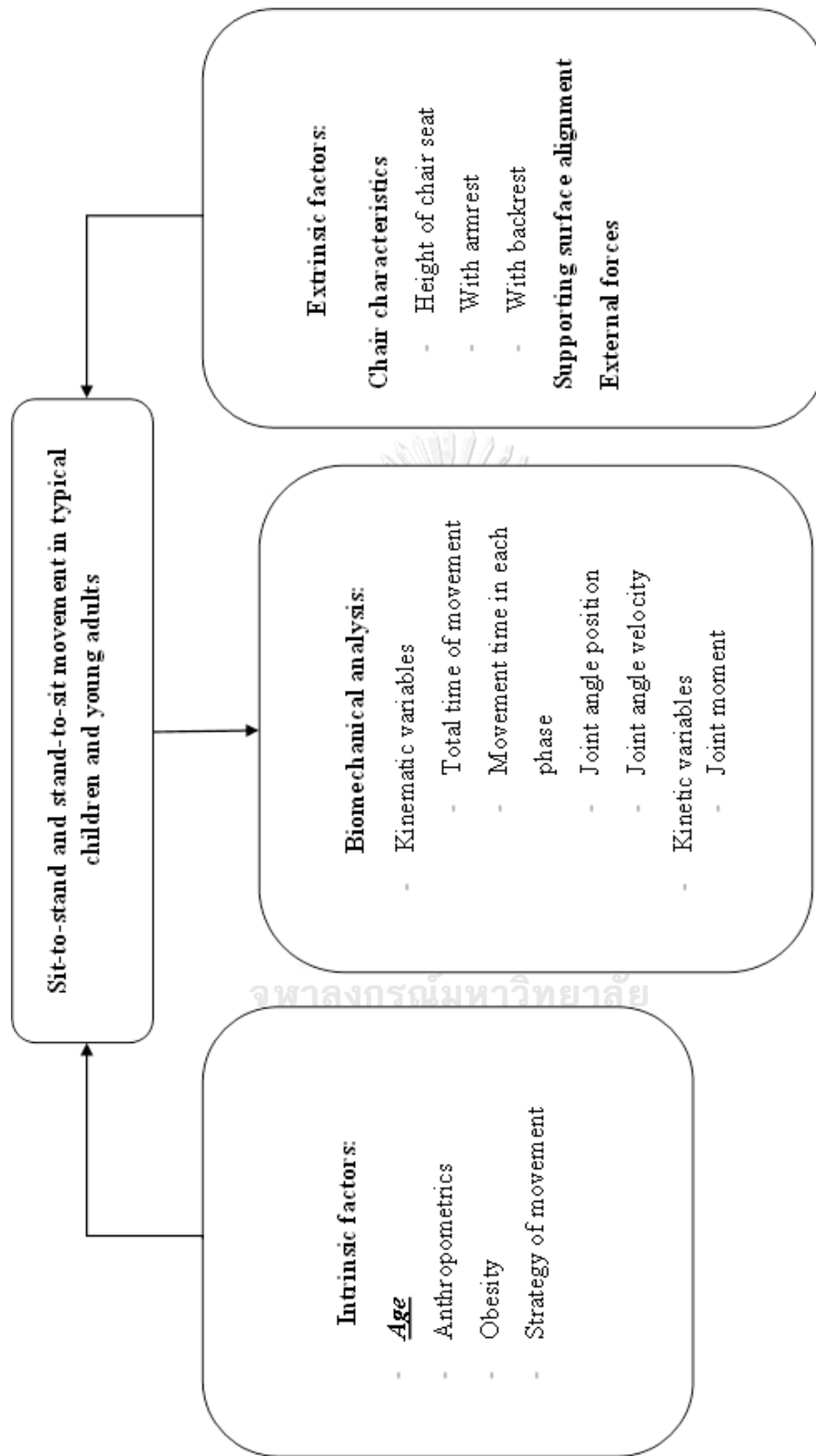


Figure 2.1 Framework of the study

## CHAPTER 3

### MATERIALS AND METHOD

#### 3.1 Introduction

This chapter describes the study design, sample size, participants' characteristics, screening tools, instrumentations, study outcomes, procedure, data processing and data analysis.

#### 3.2 Study design

A cross – sectional study

#### 3.3 Sample size

The number of sample size was calculated from G\*Power program version 3.1.9.2 based on the result of the pilot study (Appendix E). Total sample size was eighty participants. The study was separated in to 4 groups, twenty participants in each group.

#### 3.4 Participants

Sixty typical children and twenty adults who are eligible for this study were recruited from Bangkok metropolitan area by leaflets and social networks. The volunteers who are interested to join the study were interviewed by telephone about health history, weight and height. The researcher made an appointment with the volunteers who passes the inclusion criteria by phone interview for testing.

All participants were informed about the testing procedure before participating in the study. Participants who were eligible to the study and their parents had read and signed the consent form before participating in the study (Appendix A). Participants were separated into 4 groups. For each group, the number of participants were in equal proportion for both male and female. The groups are consisted of

Group 1: Children aged between 4 and 6 years old.

Group 2: Children aged between 7 and 9 years old.

Group 3: Children aged between 10 and 12 years old.

Group 4: young adult aged between 18 and 25 years old.

#### **3.4.1 Inclusion criteria for healthy children**

1. Children participants aged between 4 and 12 years old
2. Aged appropriate standard weight and height, based on the growth chart from Thailand ministry of republic health department of health (45)
3. Able to follow commands or instructions
4. Do not have allergic reaction to adhesive tape
5. No history of obvious musculoskeletal disorders which affect ability to stand or complete the tasks such as pain, limited range of motion fracture, deformity, noticeable scoliosis, and leg discrepancy different more than 2 centimeters
6. No history of obvious neurological disorders such as seizure, numbness, or muscles weakness
7. Do not have a visual problems or participants who could be corrected with eyeglasses or contact lens.

#### **3.4.2 Inclusion criteria for healthy young adults**

1. Adult participants aged between 18-25 years old
2. Body mass index  $\leq 23.0 \text{ kg/m}^2$  (46)
3. Able to follow commands or instructions
4. Do not have allergic reaction to adhesive tape
5. No history of obvious musculoskeletal which affect ability to stand or complete the tasks disorders such as pain, limited range of motion

fracture, deformity, noticeable scoliosis, and leg discrepancy different more than 2 centimeters

6. No history of obvious neurological disorders such as seizure, numbness, or muscles weakness
7. Do not have a visual problems (except for participants who could be corrected with eyeglasses or contact lens)

### **3.4.3 Exclusion criteria**

1. Taking the medicines that affect to their ability of postural control within 24 hours prior to testing
2. Unable to complete the task

## **3.5 Screening tools**

### **3.5.1 Screening forms**

Two screening forms created by researcher for children participants and young adult participants, respectively (Appendix A & B) were used to screen for the eligible participants. The forms consist of 2 parts to obtain about health history and anthropometric data (Appendix F and appendix G). In the part of health history, the researcher interviewed each participant about aged, weight, height and inclusion criteria by phone. For the anthropometric data, physical examinations were performed in the experiment day.

### 3.5.2 Obesity screening tools

#### 3.5.2.1 Thai children's growth chart

The Thai children's growth chart was developed by the Department of Health, the Thai Ministry of Public Health (45). This chart was used to classify whether children have height and weight appropriated to aged and gender (Appendix I).

#### 3.5.2.2 Body mass index classification

The body mass index for Asian populations was developed by World Health Organization in the Western Pacific Region. They suggested that the cut offs for over weight in Asian-Pacific regions were more than or equal to 23.00 kg/m<sup>2</sup>(46). This was used to indicate whether adult participants have normal weight.

### 3.6 Instrumentation

#### 3.6.1 Motion analysis system (Motion Analysis Corp., Santa Rosa, CA).

Eight video cameras (Raptor E) (Figure 3.1.), Frame rate was set at 120 Hz and speed shutter was set at 1/1000 sec. Cortex software version 2.6.2 was used to collect the movement data.

#### 3.6.2 Force platforms

Two Bertec force plates model (Bertec Corp., Columbus, OH) were used in this study. The size of force plate is 600 × 400 mm. The sampling rate was set at 1200 Hz (Figure 3.2).

#### 3.6.3 Reflective markers

Thirty reflective markers were placed on participant's body. Other two reflective markers were placed on adjustable bench (Figure 3.3). The size of markers was 12.5 mm. The twenty-four markers were marker on base pad. The other six markers were marker on pedestal.



### 3.6.4 Adjustable bench

The adjustable bench was made from metal without backrest and arm rest. (Figure 3.4).

### 3.6.5 Measuring tape

The measuring tape was used to measure anthropometric data of participants (Figure 3.5).

### 3.6.6 Adhesive tapes

Two types of adhesive tapes were used in this study: double side tape, and microporous surgical tape (Figure 3.6).



Figure 3.1 video cameras (Raptor E)



Figure 3.2 Two Bertec force plates model (Bertec Corp., Columbus, OH)



Figure 3.3 Twenty-four markers on base pad and six markers with pedestal



Figure 3.4 Adjustable chair



Figure 3.5 Measuring tape



Figure 3.6 Adhesive tapes



### 3.7 Motion Analysis System Procedure

The system calibration was the most important step in the process of preparation system. The process in calibration system can be separated into two steps. The first step is static calibration which uses L-frame with precisely four located markers. In the process, the L-frame is placed on the corner of the force plate and all the cameras detected all of markers on the L-frame. This corner of force plate was designed as an origin of the global coordination system (0,0,0). This calibration step was exacted the position of each cameras in x,y,z coordinates. The second step of calibration system is dynamic calibration which uses wand with precisely three located markers. The length of wand was set at 500 millimeter measuring from end marker to end marker. The process of wand calibration is waved the wand up and down and side to side through the volume for 60 seconds. If the results of wand length is between 499.98 and 500.02 millimeter. It was accepted because the wand length is very close to original wand length.

### 3.8 The study outcomes

The independent variable in this study was age. Four different age groups consist of three groups of children and a group of adults.

The primary dependent variables in this study were kinematic and kinetic variables. The kinematic variables consist of total time movement, movement time in each phase, the pattern of joint movement: hip, knee, and ankle joint displacement and velocity. The kinetic variables consist of peak moment of joint angle: hip, knee, and ankle joint after seat off in standing up movement and before seat on in sitting down movement.

### 3.9 Testing procedures

#### 3.9.1 Participant preparation

All participants were asked to change the clothes to tank top, shorts and swim cap that the researcher has prepared for them. Each type of clothes (three type; tank top, shorts and swim cap) is made from the same materials. Then, the physical therapist asked participants to test their dominant stance leg by following activities; kick a ball, picking up a small object from floor, and tracing shape on the floor. The side of leg that used to stand at least two out of three task was determined as a dominant stance leg (47). Then their height, weight, sitting height, leg length (ASIS to medial malleolus), thigh length (greater trochanter to lateral femoral condyle), lower leg length (joint space of knee to floor), foot length and foot width were measured by the researcher who is a physical therapist (Appendix H). On the lower limb, there were measured on the dominant stance leg.

Thirty reflective markers were placed on participant's body as described by Helen Hays marker set model (Figure 3.7) (Table 3.1) (48). And additional marker was place on right greater trochanter for measure the time when the buttock is on/off the chair. To establish accuracy of marker positions, the researcher was trained and then tested the intra-rater reliability before data collection (Appendix K).



Figure 3.7 Marker positions

Table 3.1 Marker positions (Helen Hays marker set model and additional marker)

Marker position	Placement
1. Top of the head	On the center top of the head, in line with the back and front markers
2. Back of the head	On the front and back of the head at same height above the floor
3. Front of the head	
4. Left shoulder	Tip of the Acromion Process
5. Right shoulder	
6. Left elbow	Lateral Epicondyle of the Humerus
7. Right elbow	
8. Left wrist	Centered between the styloid Processes of the Radius and ulna
9. Right wrist	
10. Offset	Right scapular
11. Left ASIS	Anterior Superior Iliac Spine
12. Right ASIS	
13. Sacrum	Superior Aspect at the L5-sacral interface
14. Left thigh	On lower thigh below the mid-point, for greatest visibility by all camera
15. Right thigh	
16. Left lateral knee	Along the flexion/extension axis of rotation at lateral femoral condyle
17. Right lateral knee	
18. Left shank	On lower shank below the midpoint, for greatest visibility by all cameras
19. Right shank	
20. Left lateral ankle	Along the flexion/extension axis of rotation at lateral malleolus
21. Right lateral ankle	
22. Left heel	Posterior calcaneus at same height from floor as toe marker
23. Right heel	
24. Left toe	Center of the foot between the 2 <sup>nd</sup> and 3 <sup>rd</sup> metatarsals



Marker position	Placement
25. Right toe	
26. Left medial ankle 27. Right medial ankle	Medial malleolus
28. Left medial knee 29. Right medial knee	Medial femoral condyle
30. Right Greater trochanter	Right greater trochanter

### 3.9.2 Data collection

Sit-to-stand and stand-to-sit movements were recorded by the motion analysis system and the two force platforms. Two reflective markers were placed on the right side at each end of the seat to create a reference line for indicating when seat on and off occurred. An adjustable chair without backrest and armrest was used. The height of bench was set at 100% of lower leg length in each participant (Measure from lateral knee joint space to the floor in standing position). The seat depth was set at 25% of thigh length (42).

The starting position was sitting on the adjustable bench and arms cross the chest. Both feet placed at the feet mark position on force platforms that feet keep shoulder width apart and the lateral malleolus was align with the center of knee joint (Figure 3.8) (28). The participant was asked to perform standing up with preferred speed, standing steady for 5 seconds and then, sitting down. The verbal command is “ready and standing up” for starting a movement and after quiet standing 5 seconds the verbal command is “ready and sitting down up”

While performing the sit-to-stand and stand-to-sit movement, participants were asked to perform the task with self-select pattern that the foot placement was not constrained except to ensure that each foot was placed on each force plate. A few trials of sit to stand to sit movement were allowed through the participants familiar with study protocol. The three successful trials of each standing up and sitting down

task was collected(4, 17). For the children aged between 4 and 6 years old, their parent able to standing in front of their child and encourage them.

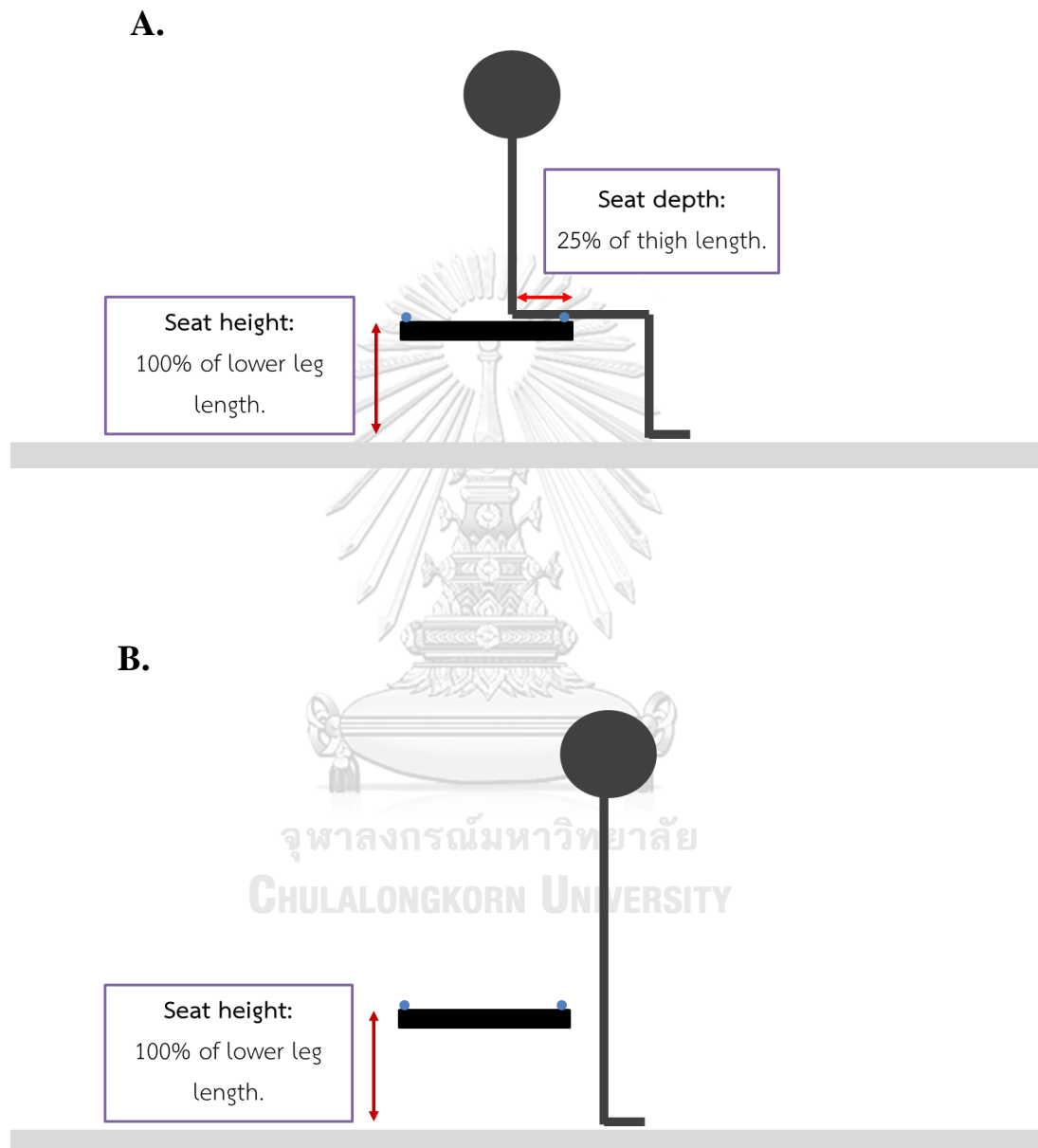


Figure 3.8 The sit-to-stand and stand-to-sit position. (A.) The starting position of sit-to-stand movement. (B.) The end of sit-to-stand movement and the starting position of stand-to-sit movement.

### 3.10 Data processing

The three complete data of each movement were used to analyze movement. The fourth order Butterworth digital filter at cut off frequency 6 Hz was used to clean up and smooth data. The four segment model included foot, shank, thigh, and trunk. The positions of segment orientation were defined by lines connecting the head of third metatarsal and ankle, ankle and knee, knee and hip, hip and shoulder respectively (Figure 3.9).

Sit-to-stand movement was separated into 4 phases of movement by five transitional points (TU0-TU4) as following: TU0, the initiation point of trunk flexion or feet slight backward (time at horizontal velocity of shoulder marker or ankle marker  $\geq 0.1$  m/sec); TU1, the point at knee joint abruptly extension occurring (the right greater trochanter marker move up from a reference line formed by two markers placed on seat); TU2, the point at the vertical ground reaction forces reached to maximum on both of force plates; TU3; shoulder move highest; TU4 end of standing up (time at vertical and horizontal velocity of right greater trochanter marker  $\leq 0.1$  m/sec).

Stand-to-sit movement was divided into two phases of movement by three transitional points (TD0-TD2) as follow: TD0, the point at the initiation of hip or knee flexion (time at vertical and horizontal velocity of shoulder or right greater trochanter marker  $\geq 0.1$  m/sec); TD1, the point at seat on when the buttock contacts on the bench (the right greater trochanter marker move down close to a reference line formed by seat markers); TD2, the point at the end of stand-to-sit (horizontal velocity of shoulder marker  $\leq 0.1$  m/sec.).

Total movement time of sit-to-stand and stand-to-sit were converted to 100% and average kinematic and kinetic curves were used to plot graph. MATLAB software and Motion Analysis KinTools RT were performed to calculate the values of the dependent variables and plot graph.

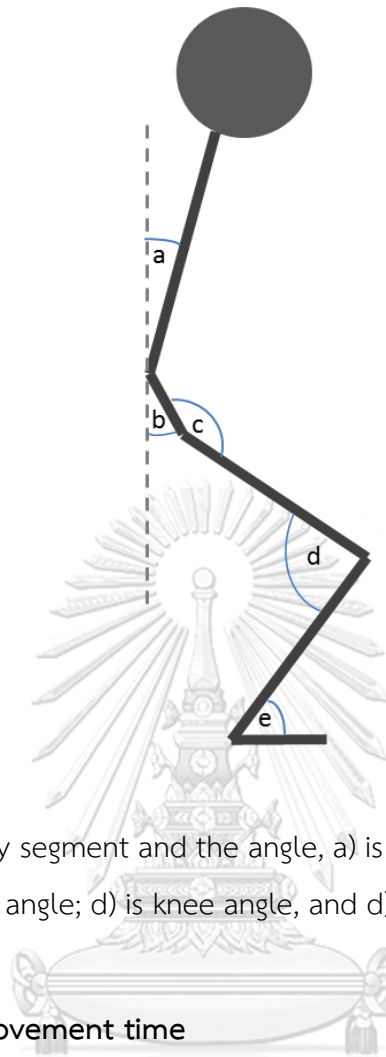


Figure 3.9 The five body segment and the angle, a) is trunk angle; b) is pelvis angle; c) is hip angle; d) is knee angle, and d) is ankle angle

### 3.10.1 Total movement time

Sit-to-stand movement, the total time movement was recorded between starting at TU0 and ending at TU4. For stand-to-sit movement, the total time of movement was between starting of flexion phase (TD0) and ending of extension phase (TD2). The total time of each movement was presented in second (s).

### 3.10.2 Times at transition point

For sit-to-stand movement, movement time was measured at TU1, TU2, and TU3. For stand-to-sit movement, movement time was measured at TD1. The times at transition point was presented in percentage (%).

### 3.10.3 Joint angular position

Five body segments model was used to contribute the angles. The joints angle was consisted of trunk, pelvis, hip, knee, and ankle angle. For trunk and pelvis angle were measure angle between segments and the vertical line of global reference coordinate system. The hip, knee and ankle angle was measure angle between longitudinal axes of two segments in sagittal plane (Figure 3.9). The hip joint angle was defined by the angle between trunk axis and the thigh axis. The knee ankle joint was defined by the angle between thigh axis and shank axis. The ankle joint angle was defined by the angle between shank axis and foot axis. The relative angle is usually used to calculate in clinical situations because it provides a more practical indicator of joint position and function (49). For sit-to-stand, the joint angular position of trunk, pelvis, hip, knee, and ankle were measured at the three transition points (TU1, TU2, and TU3). For stand-to-sit movement, the joint angular position of trunk, pelvis, hip, knee, and ankle were measured at the TD1 transition point. The joint angular position was presented in degree (°).

### 3.10.4 Joint angular velocity

Joint angular velocity or speed is a vector that describes the time rate of change of angular position. In generally, the angular velocity presents in degree per second (°/s). For sit-to-stand and stand-to-sit movement, peak flexion angular velocity of trunk during each movement was calculated.

### 3.10.5 Joint moment

In children age between 4 and 12 years old, fifteen body segment masses and radius of gyration that estimated by Jensen's formula were used (50). For adults age between 18 and 25 years old were used Winter's formula of masses and radius gyration (51). The joint moments were normalized by body weight for each subject and presented in newton meter per kilogram (N m/kg)

For sit-to-stand movement, peak moment of hip and knee extension was measured. Peak ankle joint plantar flexion was measured after the time transitional point at TU1 was occurred.

For stand-to-sit movement, joint moment was measure at peak moment of hip and knee joint flexion and peak ankle joint dorsiflexion. There were measured when the task was occurred until TD1.

### 3.11 Data analysis

Data analysis was performed with the SPSS version 17.0 software for windows. The significant level was set at less than 0.05. Descriptive statistic was used to report participant's characteristics in each group. All data presented as mean and SD. The one-way ANOVA was used to compare the demographic data, total time of movement, times at transition point, joint angular position of trunk and pelvis, and trunk velocity. For joint moment and joint angular position of hip, knee, and ankle were used two-way ANOVA to examine main effects and interaction effects; group (four different aged group) X side (dominant and non-dominant stance leg). Pairwise comparison was carried out using Bonferroni corrections to compare joint moment and joint angular position of hip, knee, and ankle.

## CHAPTER 4

### RESULTS

#### 4.1 Introduction

This study investigated the kinematic and kinetic patterns of sit-to-stand and stand-to-sit movement in three-age groups of children and adults by using 3D motion analysis system. Time of the movement, kinematics variables, trunk angular velocity and moment were used to describe the different pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement between age groups.

#### 4.2 Participants

Eighty participants who were recruited in this study were separated into 4 groups based on the following age: (1) children aged 4-6 years ( $n = 20$ ); (2) children aged 7-9 years ( $n = 20$ ); (3) children aged 10-12 years ( $n = 20$ ); and (4) adults aged 18-25 years ( $n = 20$ ). Unfortunately, two participants in group 1, one participant in group 2 and one participant in group 4 had no ground reaction force data which was used to indicate the phases of movement. Therefore, their kinematic and kinetic data were not obtained from data processing. Hence, the results of the study came from 18 children in group 1, 19 children in group 2, 20 children in group 3 and 19 adults in group 4. Group characteristics including aged, gender, and dominant stance leg was described in Table 4.1. Most participants showed dominant stance leg on the left side except for 2 participants in group 2 and group 3. The anthropometric data of participants including weight, height, upper leg length, lower leg length, ASIS width, sitting height, foot length, foot width, and also bench height were showed in Table 4.2. Most variables significantly increased with increasing age.

Table 4.1 Characteristics of the participants in this study (n=77)

	Group 1 (n = 18)	Group 2 (n = 19)	Group 3 (n = 20)	Group 4 (n = 19)
Age (Years : Mean $\pm$ SD)	5.8 $\pm$ 0.90	8.56 $\pm$ 0.73	11.66 $\pm$ 0.70	22.41 $\pm$ 1.98
Gender (Female : Male)	9 : 9	10 : 9	10 : 10	10 : 9
Dominant leg stance (Right : Left)	0 : 18	1 : 18	1 : 19	0 : 19

Abbreviation: SD, standard deviation; n, Number of participants

Table 4.2 Anthropometric characteristics of participants (Mean  $\pm$  SD)

	Group 1 (n = 18)	Group 2 (n = 19)	Group 3 (n = 20)	Group 4 (n = 19)
Weight, kg	20.53 $\pm$ 3.28	26.50 $\pm$ 4.66 <sup>a</sup>	39.47 $\pm$ 8.56 <sup>b,d</sup>	56.42 $\pm$ 5.36 <sup>c,e,f</sup>
Height, cm	112.40 $\pm$ 7.10	126.95 $\pm$ 4.78 <sup>a</sup>	146.01 $\pm$ 9.67 <sup>b,d</sup>	165.68 $\pm$ 6.79 <sup>c,e,f</sup>
Upper leg length, cm	31.41 $\pm$ 2.43	36.35 $\pm$ 2.23 <sup>a</sup>	42.90 $\pm$ 3.50 <sup>b,d</sup>	48.60 $\pm$ 3.43 <sup>c,e,f</sup>
Lower leg length, cm	25.25 $\pm$ 2.01	29.15 $\pm$ 2.22 <sup>a</sup>	34.38 $\pm$ 2.94 <sup>b,d</sup>	38.82 $\pm$ 2.31 <sup>c,e,f</sup>
ASIS width, cm	17.75 $\pm$ 1.37	18.12 $\pm$ 2.72	21.38 $\pm$ 1.90 <sup>b,d</sup>	24.08 $\pm$ 1.38 <sup>c,e,f</sup>
Sitting height, cm	70.64 $\pm$ 6.87	76.58 $\pm$ 5.41 <sup>a</sup>	87.29 $\pm$ 4.94 <sup>b,d</sup>	98.20 $\pm$ 4.02 <sup>c,e,f</sup>
Foot length, cm	16.93 $\pm$ 2.82	19.73 $\pm$ 1.63 <sup>a</sup>	22.22 $\pm$ 1.47 <sup>b,d</sup>	24.03 $\pm$ 1.45 <sup>c,e,f</sup>
Foot width, cm	7.90 $\pm$ 2.45	8.08 $\pm$ 0.49	8.95 $\pm$ 0.72	9.67 $\pm$ 0.68 <sup>c,e,f</sup>
bench height, cm	29.42 $\pm$ 2.68	34.45 $\pm$ 2.03 <sup>a</sup>	40.50 $\pm$ 2.87 <sup>b,d</sup>	45.08 $\pm$ 2.67 <sup>c,e,f</sup>

Abbreviation: SD, standard deviation; n, Number of participants; kg, kilograms; cm, centimeter

<sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 2 ( $p < 0.05$ ), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>c</sup>Significant different between group 1 and group 4 ( $p < 0.05$ ), <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>e</sup>Significant different between group 2 and group 4 ( $p < 0.05$ ), <sup>f</sup>Significant different between group 3 and group 4 ( $p < 0.05$ )



### 4.3 Sit-to-stand and stand-to-sit movement strategies

Two strategies of sit-to-stand were found in this study including sit-to-stand with and without moving feet. Sixty-nine out of eighty participants performed sit-to-stand with moving feet backward. The number of participants who used each strategy were illustrate in Table 4.3. In this study, stand-to-sit movement was consequently performed following the two sit-to-stand strategies since all participants were asked to perform sit-to-stand and then, from that standing position, they were asked to perform stand-to-sit without resetting the starting position like the distance between the seat and the feet. Therefore, the kinematic and kinetic patterns of sit-to-stand and stand-to-sit were evaluated according to the strategies that the participant had used in sit-to-stand task.

Table 4.3 The number of participants who performed sit-to-stand and stand-to-sit with and without moving feet strategies in each group.

	Group 1 (n = 18)	Group 2 (n = 19)	Group 3 (n = 20)	Group 4 (n = 19)
<b>Sit-to-stand</b>				
With moving feet: n (%)	13 (72.22%)	15(78.95%)	18 (90%)	19 (100%)
Without moving feet: n (%)	5 (27.78%)	4 (21.05%)	2 (10%)	0 (0%)
<b>Stand-to-sit</b>				
With moving feet: n (%)	13 (72.22%)	15(78.95%)	18 (90%)	19 (100%)
Without moving feet: n (%)	5 (27.78%)	4 (21.05%)	2 (10%)	0 (0%)

Abbreviation: n, Number of participants; %, percent

## 4.4 Kinematic pattern of sit-to-stand movement

### 4.4.1 Times of sit-to-stand movement

Time of the movement included total movement time and percent of the total movement time at each transitional point (TU1, TU2, and TU3). TU1 indicated when abrupt knee joint extension occurring was confirmed by the right greater trochanter marker moved up from a reference line which formed by two markers placed on seat. TU2 was the point where the vertical ground reaction forces reached to the maximum on both force plates. TU3 indicated when shoulders were moved at the highest level. The results were illustrated in Figure 4.1 and Table 4.4.

For sit-to-stand movement with moving feet backward, One-way ANOVA analysis revealed that the total time of movement proved significant differences between groups ( $p < 0.05$ ). Group 1 and 2 had similar the total movement. Meanwhile, TU1 and TU2 time spent in Group 1 and 2 were less than in group 3 and group 4 ( $p < 0.05$ ). Besides, percent of the total movement time at each transitional point (TU1, TU2, and TU3) showed significant differences between groups ( $p < 0.05$ ) as shown in Table 4.4. Group 1 and 2 had similar percent of the total movement time at TU1 and TU2. Meanwhile, TU1 and TU2 occurred earlier in Group 1 and 2 as compared to group 3 and group 4 ( $p < 0.05$ ). The total movement time at TU3 in group 1 occurred earlier than group 4. In contrast, sit-to-stand without feet moving backward, the total time of movement and percentage of times at transitional point were no significant differences among groups ( $p > 0.05$ ).

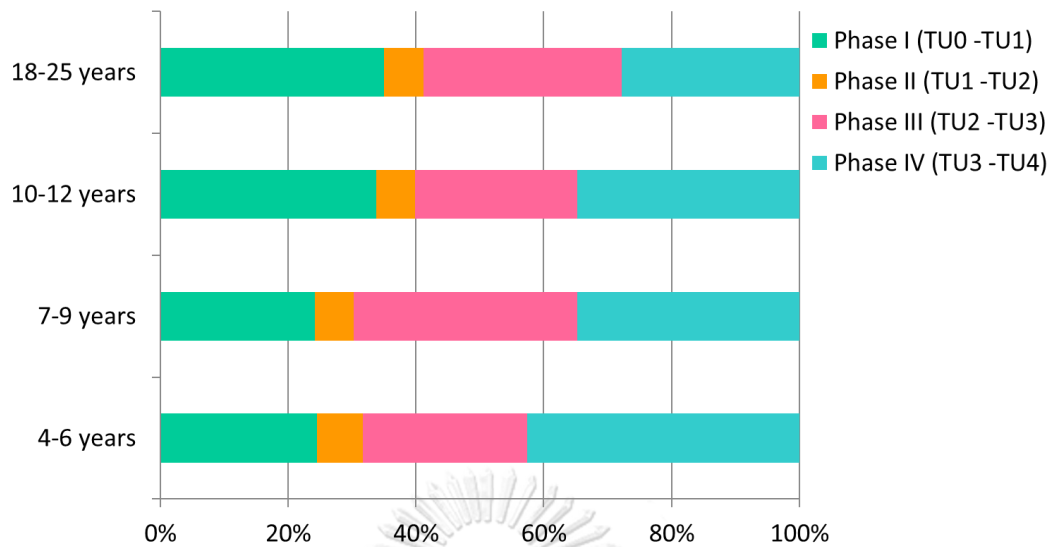


Figure 4.1 This graph showed percentage of the movement times in four phases of sit-to-stand movement.

#### 4.4.2 Joint angle position at each transitional point of sit-to-stand movement

The joint angle positions of trunk, pelvis, hip, knee, and ankle joints at each transitional point of sit-to-stand movement were illustrated in Table 4.5, Table 4.8, Table 4.9, Figure 4.10, Figure 4.11, Figure 4.12, Figure 4.13, and Figure 4.14. In sit-to-stand with moving feet, the position of the trunk was not significantly different among groups at TU1 of sit-to-stand movement ( $p > 0.05$ ). At TU2, the significant differences among groups were found that group 2 had greater trunk flexion than group 3 had. For the pelvis position, the significant differences among groups were found at TU1 and TU2. Group 1 had more anterior pelvic tilt than group 3 and group 4 had ( $p < 0.05$ ).

For hip, knee, and ankle joint positions, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were group main effects for hip, knee, and ankle joint positions at TU1, TU2 and TU3 (Table 4.6, Figure 4.1, Figure 4.2, and Figure 4.3). However, the side main effects were found for knee and ankle joint positions at TU1, TU2, but not TU3 (Table 4.6, Figure 4.4, Figure 4.5, and Figure 4.6). Group x side interaction effects were not found for any parameters.

At TU1 and TU2, post hoc analysis revealed that the position of hip and knee joints in group 1 and group 2 were significantly less in flexion than group 3 and group 4 ( $p < 0.05$ ). However, the position of the ankle joint in group 1 and group 2 was significantly greater in plantarflexion than group 3 and group 4 ( $p < 0.05$ ).

At TU3, the position of the hip joint in group 1 was greater in extension than that in group 3 ( $p = 0.02$ ). The position of the knee joint in group 1 was significantly less in flexion as compared to group 2 ( $p = 0.02$ ). The less knee flexion position was also found in group 2 as compared to group 3 and group 4 ( $p < 0.05$ ). Furthermore, the greatest dorsiflexion position of the ankle joint was found in group 4 ( $p < 0.05$ ).

In sit-to-stand without foot moving, the position of the trunk and pelvis at TU1, TU2, and TU3 were not found significant differences among groups ( $p > 0.05$ ). In addition, two-way ANOVA analysis revealed that there was no significant group and group x side interaction effects for any parameters ( $p > 0.05$ ). However, the side main effects were found for hip joint position at TU3, knee and ankle joint positions at TU1, TU2 and TU3 (Table 4.7, Figure 4.7, Figure 4.8, and Figure 4.9).

#### 4.4.3 Trunk angular velocities

The maximum trunk angular velocity occurred during the beginning of the movement, TU0, and TU1 in both patterns of sit-to-stand. The results were illustrated in Table 4.10 and Figure 4.15. For sit-to-stand with moving feet, the maximum of trunk angular velocity were significantly different between groups 1 and group 4. In group 1, the maximum trunk angular velocity was the highest as compared to the other groups. Conversely, in sit-to-stand without feet moving, the maximum trunk angular velocities were not significantly different among groups ( $p > 0.05$ ).

Table 4.4 Times of movement in sit-to-stand with and without feet moving backward pattern (Mean  $\pm$  SD).

	Group 1 (n = 18)	Group 2 (n = 19)	Group 3 (n = 20)	Group 4 (n = 19)
<b>With moving feet pattern</b>				
- Total time of movement (seconds)	2.14 $\pm$ 0.34	2.13 $\pm$ 0.26	2.36 $\pm$ 0.35	2.50 $\pm$ 0.43 <sup>b,d</sup>
- Percent times at TU1 (%)	24.73 $\pm$ 6.64	24.35 $\pm$ 6.98	34.01 $\pm$ 8.15 <sup>a,c</sup>	35.00 $\pm$ 5.04 <sup>b,d</sup>
- Percent times at TU2 (%)	31.96 $\pm$ 7.23	30.44 $\pm$ 5.40	40.08 $\pm$ 6.80 <sup>a,c</sup>	41.17 $\pm$ 5.44 <sup>b,d</sup>
- Percent times at TU3 (%)	57.96 $\pm$ 11.72	65.64 $\pm$ 8.22	65.64 $\pm$ 8.22	72.18 $\pm$ 10.70 <sup>b</sup>
<b>Without moving feet pattern</b>				
- Total time of movement (seconds)	2.05 $\pm$ 0.38	2.21 $\pm$ 0.41	2.92 $\pm$ 0.35	(n = 0)
- Percent times at TU1 (%)	22.01 $\pm$ 5.55	24.47 $\pm$ 7.35	15.70 $\pm$ 2.27	(n = 0)
- Percent times at TU2 (%)	27.28 $\pm$ 5.80	34.01 $\pm$ 12.54	21.68 $\pm$ 4.79	(n = 0)
- Percent times at TU3 (%)	55.74 $\pm$ 7.96	64.07 $\pm$ 7.36	48.78 $\pm$ 11.37	(n = 0)

Abbreviation: SD, standard deviation; %, percent, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 4 ( $p < 0.05$ ), <sup>c</sup>Significant different between group 2 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 4 ( $p < 0.05$ )

Table 4.5 Trunk and pelvis angle position at each transitional point in sit-to-stand with and without moving feet pattern

Joint angle displacement (degrees: Mean±SD)	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
<b>With moving feet pattern</b>	<b>(n = 13)</b>	<b>(n = 15)</b>	<b>(n = 18)</b>	<b>(n = 19)</b>
<b>Trunk</b>				
- TU1	35.50±4.03	36.90±8.90	30.53±9.01	31.27±7.55
- TU2	42.54±6.32	43.50±9.94	33.72±10.70 <sup>c</sup>	37.10±8.65
- TU3	7.83±2.89	7.29±4.26	4.59±3.69	5.08±3.07
<b>Pelvis</b>				
- TU1	24.57±6.70	23.18±8.84	15.61±10.23 <sup>a</sup>	14.59±7.88 <sup>b,d</sup>
- TU2	31.68±8.92	29.56±8.98	20.83±11.38 <sup>a</sup>	21.48±7.93 <sup>b</sup>
- TU3	18.88±7.63	18.78±5.74	15.30±4.50	15.31±4.96
<b>Without moving feet pattern</b>	<b>(n = 5)</b>	<b>(n = 4)</b>	<b>(n = 2)</b>	<b>(n = 0)</b>
<b>Trunk</b>				
- TU1	38.76±6.41	44.18±3.53	38.33±1.98	
- TU2	45.03±6.29	44.65±20.23	50.07±6.13	
- TU3	6.74±2.76	6.35±4.10	5.00±6.93	
<b>Pelvis</b>				
- TU1	21.91±4.94	24.91±4.17	22.83±10.76	
- TU2	27.95±2.87	28.27±11.19	34.29±4.34	
- TU3	15.36±6.85	11.12±7.51	13.66±15.34	

Abbreviation: SD, standard deviation

<sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 4 ( $p < 0.05$ ), <sup>c</sup>Significant different between group 2 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 4 ( $p < 0.05$ )

Table 4.6 F-test and p-value of angle joint position in sit-to-stand with moving feet pattern.

	F	p
<b>TU1</b>		
- hip		
Groups	$F_{(3,122)} = 13.06$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 0.00$	0.97
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.01$	1.00
- knee		
Groups	$F_{(3,122)} = 29.13$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 11.46$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.24$	0.89
- ankle		
Groups	$F_{(3,122)} = 25.93$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 15.09$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.17$	0.92
<b>TU2</b>		
- hip		
Groups	$F_{(3,122)} = 12.94$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 0.01$	0.91
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.01$	1.00
- knee		
Groups	$F_{(3,122)} = 15.20$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 11.83$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.08$	0.97
- ankle		
Groups	$F_{(3,122)} = 21.20$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 19.11$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.19$	0.90

	F	p
<b>TU3</b>		
- hip		
Groups	$F_{(3,122)} = 3.10$	0.03
Sides	$F_{(1,122)} = 3.19$	0.08
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.02$	1.00
- knee		
Groups	$F_{(3,122)} = 8.186$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 23.58$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.06$	0.98
- ankle		
Groups	$F_{(3,122)} = 6.05$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 14.36$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 1.02$	0.39

Table 4.7 F-test and p-value of angle joint position in sit-to-stand without moving feet

	F	p
<b>TU1</b>		
- hip		
Groups	$F_{(2,16)} = 12.20$	0.11
Sides	$F_{(1,16)} = 0.00$	0.99
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.01$	0.99
- knee		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.83$	0.19
Sides	$F_{(1,16)} = 5.47$	0.03
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.16$	0.85
- ankle		
Groups	$F_{(2,16)} = 4.73$	0.02



	F	p
Sides	$F_{(1,16)} = 7.90$	0.01
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.07$	0.93
<b>TU2</b>		
- hip		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.49$	0.26
Sides	$F_{(1,16)} = 0.00$	0.94
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.00$	1.00
- knee		
Groups	$F_{(2,16)} = 2.07$	0.16
Sides	$F_{(1,16)} = 1.14$	0.30
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.03$	0.97
- ankle		
Groups	$F_{(2,16)} = 2.22$	0.14
Sides	$F_{(1,16)} = 9.27$	0.01
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.02$	0.98
<b>TU3</b>		
- hip		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.11$	0.35
Sides	$F_{(1,16)} = 0.52$	0.48
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.00$	1.00
- knee		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.33$	0.29
Sides	$F_{(1,16)} = 7.07$	0.02
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.08$	0.93
- ankle		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.11$	0.35
Sides	$F_{(1,16)} = 7.66$	0.01
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.06$	0.95

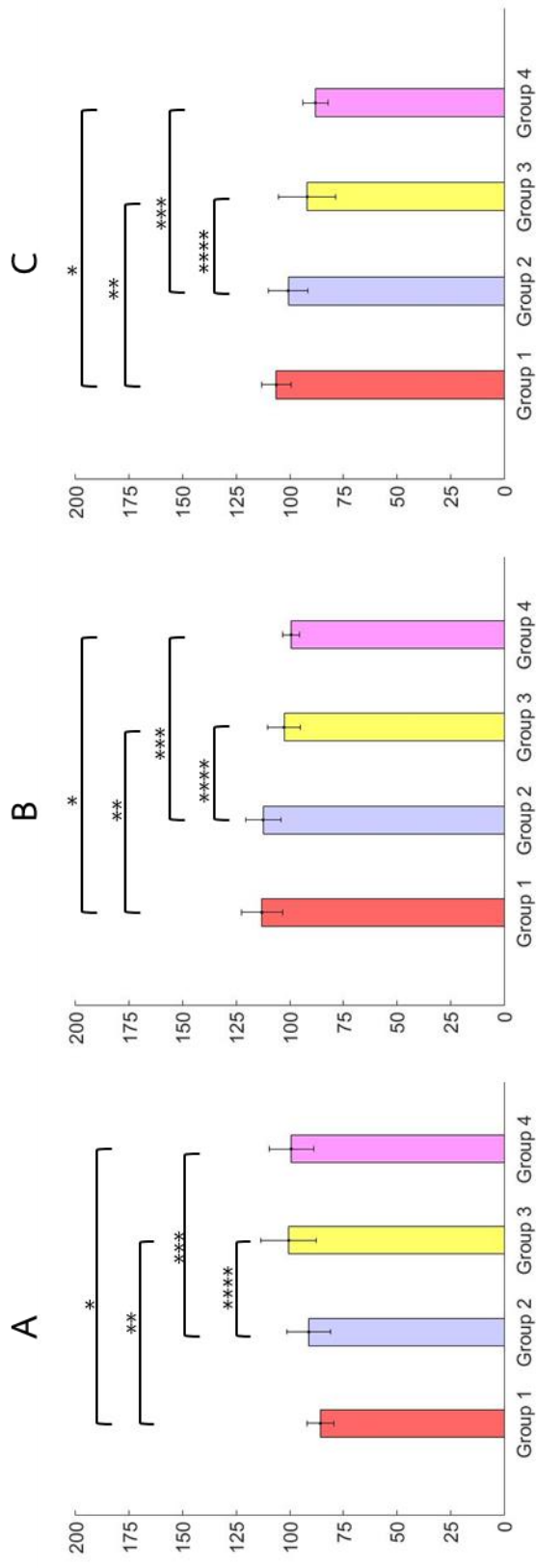


Figure 4.2 The graph show main group effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU1 as following; A, hip; B, knee; C, ankle

\*, significant different between group 1 and group 4; \*\*, significant different between group 1 and group 3; \*\*\*, significant different between group 2 and group 4; \*\*\*\*, significant different between group 2 and group 3

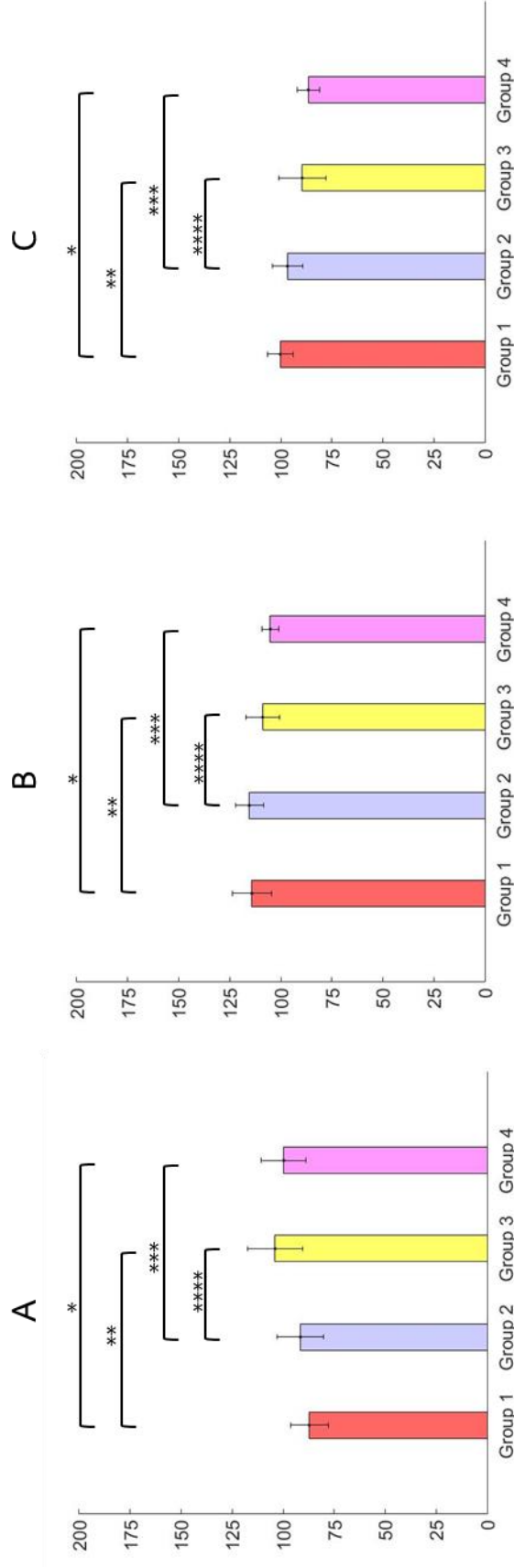


Figure 4.3 The graph show main group effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU2 as following; A, hip; B, knee; C, ankle

\* , significant different between group 1 and group 4; \*\* , significant different between group 1 and group 3; \*\*\* , significant different between group 2 and group 4; \*\*\*\* , significant different between group 2 and group 3

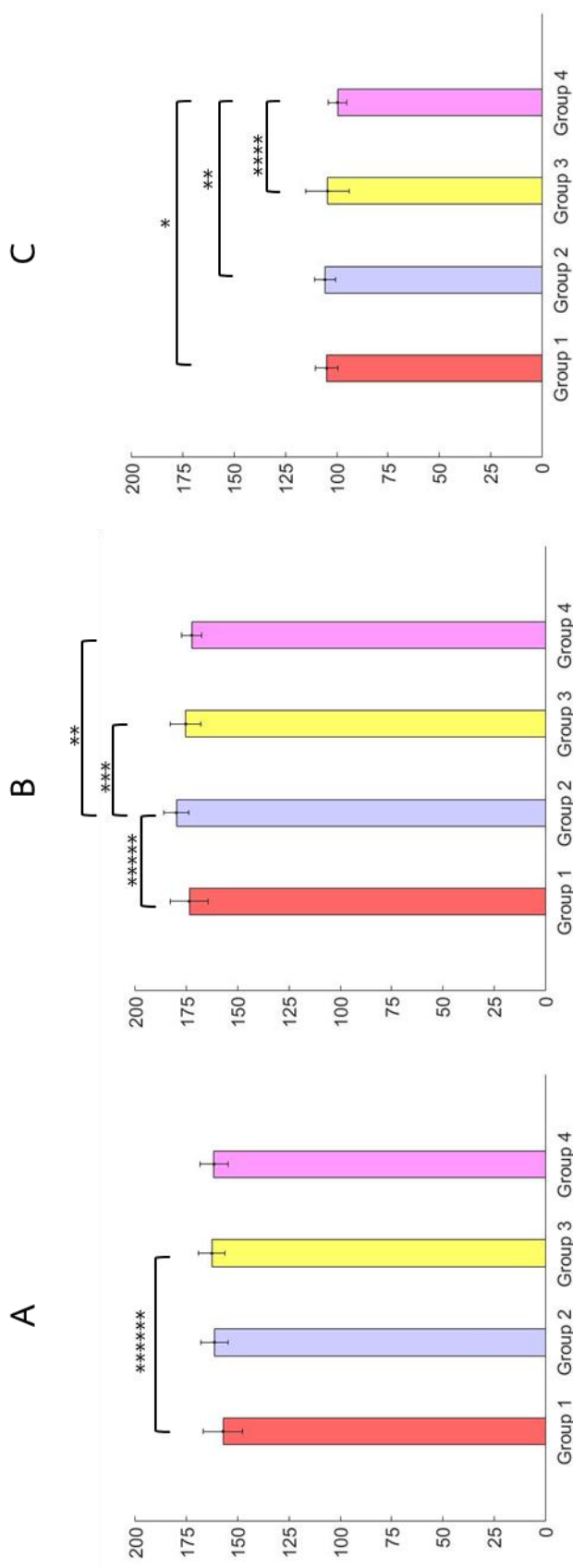


Figure 4.4 The graph show main group effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU3 as following; A, hip; B, knee; C, ankle

\*, significant different between group 1 and group 4; \*\*, significant different between group 1 and group 3; \*\*\*, significant different between group 2 and group 4; \*\*\*\*, significant different between group 2 and group 3

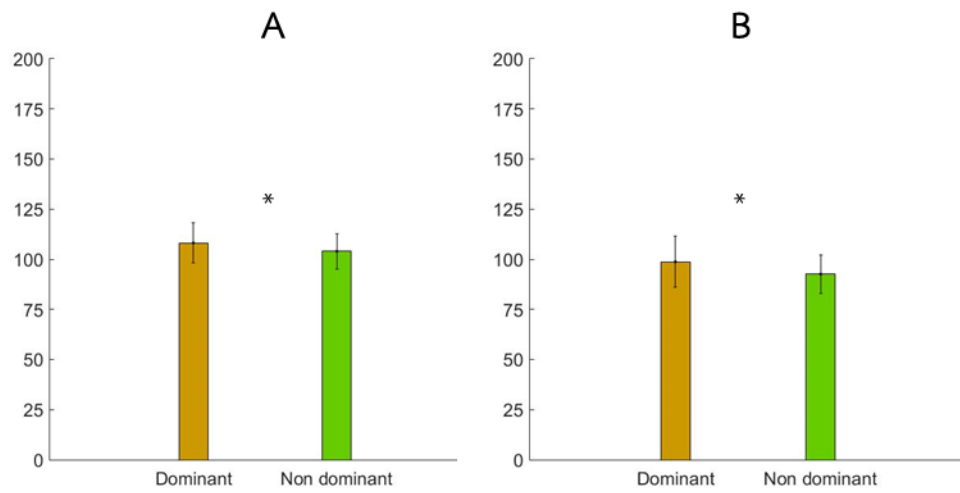


Figure 4.5 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU1 as following; A, knee; B, ankle

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

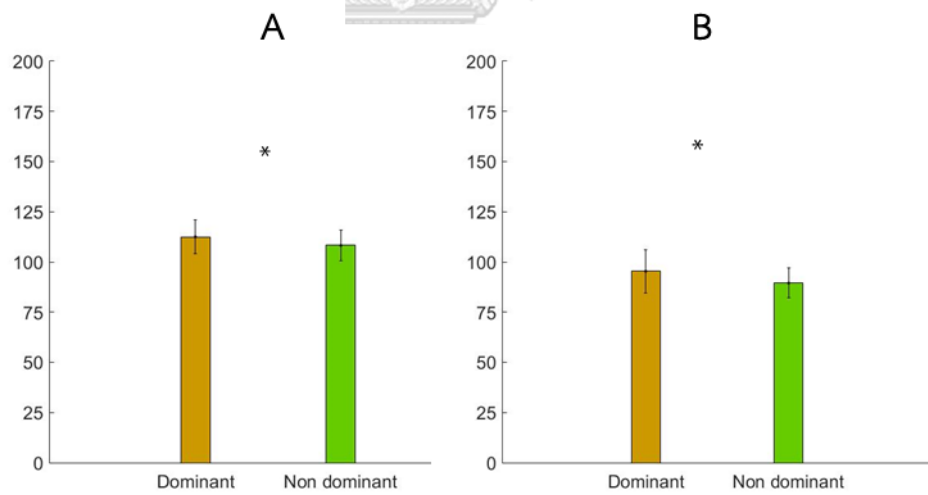


Figure 4.6 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU2 as following; A, knee; B, ankle

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

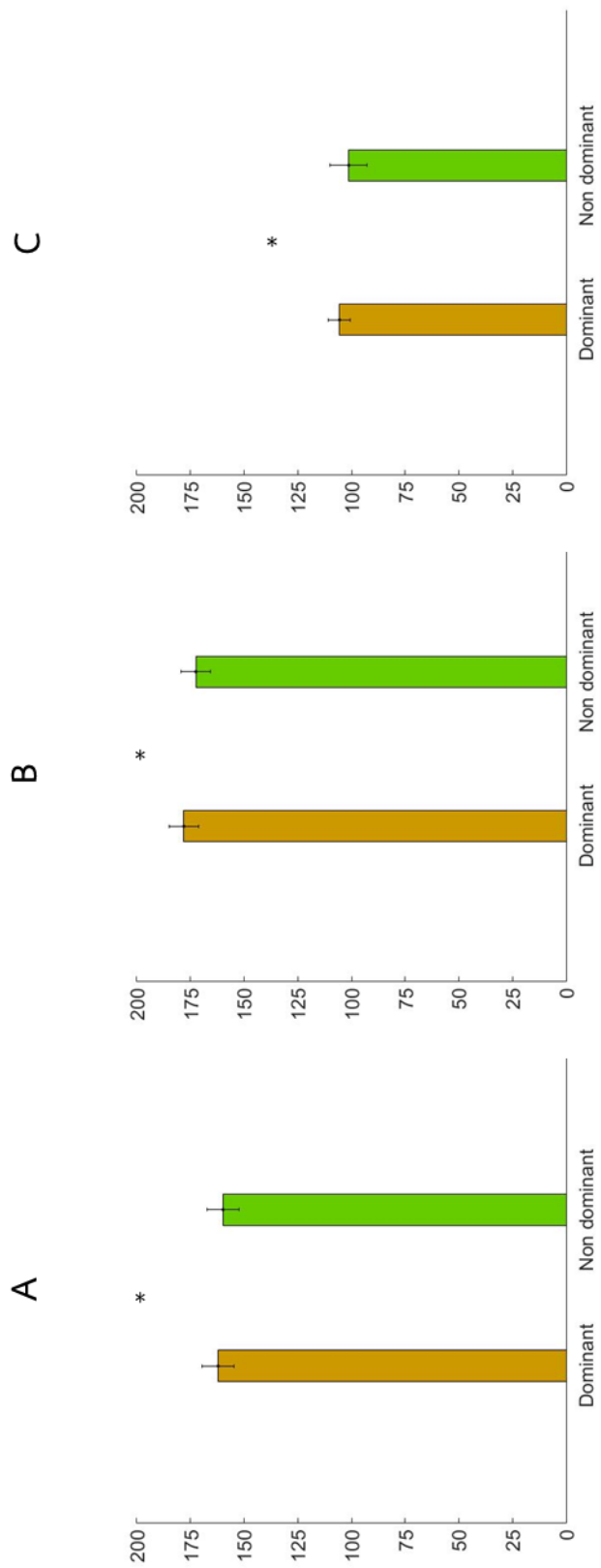


Figure 4.7 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand with moving feet at TU3 as following; A, hip; B, knee; C, ankle

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

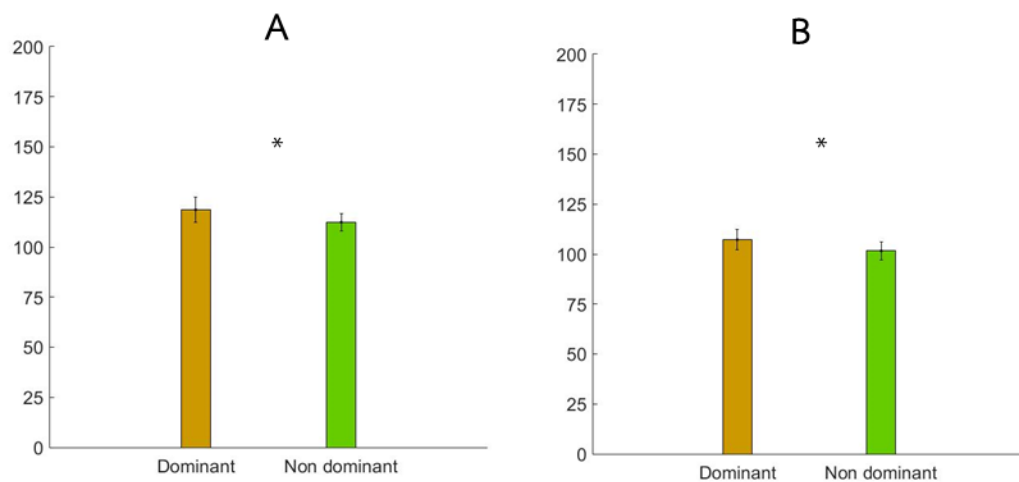


Figure 4.8 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand without moving feet at TU1 as following; A, knee; B, ankle

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

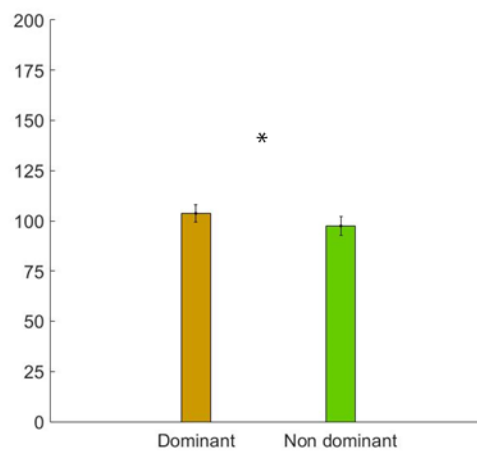


Figure 4.9 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand without moving feet at TU2 as following; A, ankle

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

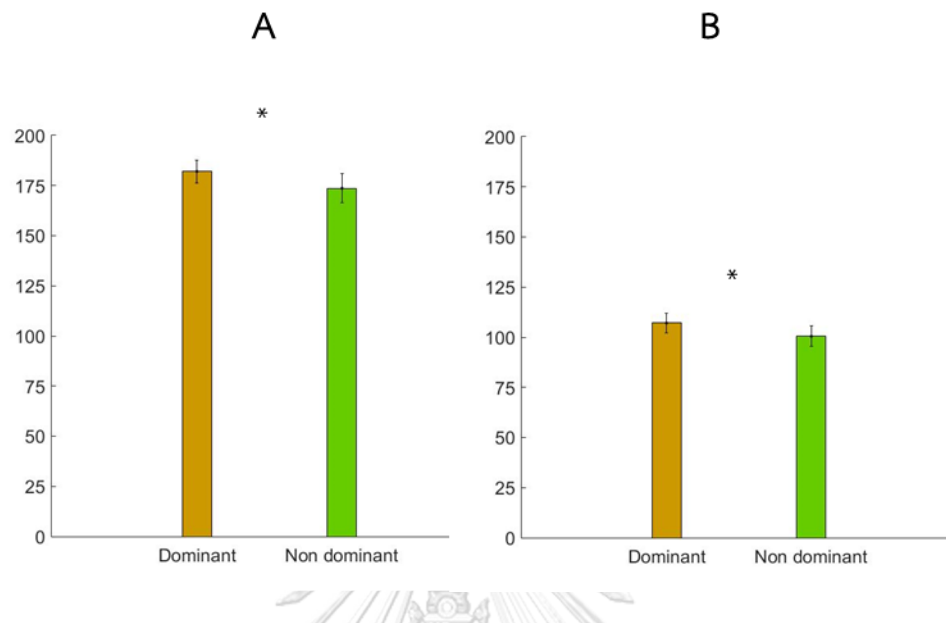


Figure 4.10 The graph show main side effect of joint angle in sit-to-stand without moving feet at TU3 as following; A, knee; B, ankle  
\*, significant different between dominant and non dominant stance leg



Table 4.8 Hip, knee and ankle angle position at each transitional point in sit-to-stand with moving feet

	Group 1(n = 13)		Group 2(n = 15)		Group 3(n = 18)		Group 4(n = 19)	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>								
- TU1	85.49±6.74	86.05±6.02	91.35±10.30	90.97±10.80	100.50±13.24	100.45±12.94 <sup>b,d</sup>	99.56±10.55	99.20±10.48 <sup>c,e</sup>
- TU2	86.98±9.59	87.49±9.19	93.83±11.41	91.31±11.90	104.15±13.86	103.78±13.65 <sup>b,d</sup>	99.96±11.24	99.40±11.03 <sup>c,e</sup>
- TU3	158.16±9.42 <sup>c</sup>	156.21±10.04	162.75±6.75	160.03±6.34	163.68±6.26	161.66±6.60 <sup>b</sup>	162.91±6.55	160.33±6.90
<b>Knee</b>								
- TU1	115.81±10.89	110.40±7.68	115.15±8.36	109.76±7.63	104.13±7.68	101.28±7.83 <sup>b,d</sup>	101.28±3.33	97.48±3.91 <sup>c,e</sup>
- TU2	116.48±10.70	111.91±8.32	118.01±6.71	112.90±6.14	110.59±8.37	107.16±7.83 <sup>b,d</sup>	103.06±3.99	107.21±3.45 <sup>c,e</sup>
- TU3	176.15±8923	171.24±9.00	183.01±5.26	176.91±5.51 <sup>a</sup>	177.97±7.24	172.79±7.0 <sup>d</sup>	175.49±3.91	169.53±4.10 <sup>e</sup>
<b>Ankle</b>								
- TU1	110.00±6.75	102.65±4.91	104.25±9.02	97.29±8.67	95.02±16.45	88.72±8.93 <sup>b,d</sup>	90.32±5.97	85.86±5.04 <sup>c,e</sup>
- TU2	103.72±6.14	96.84±4.48	100.06±6.78	93.48±6.91	92.60±14.71	86.33±6.30 <sup>b,d</sup>	88.66±5.54	84.34±4.79 <sup>c,e</sup>
- TU3	107.82±4.67	101.95±4.96	108.92±4.55	102.55±3.61	105.02±4.06	103.86±14.56	101.88±4.06	97.30±3.71 <sup>c,e,f</sup>

Abbreviation: SD, standard deviation, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 2 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05)

<sup>c</sup>Significant different between group 1 and group 4 (p < 0.05), <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05), <sup>e</sup>Significant different between group 2 and group 4 (p < 0.05), <sup>f</sup>Significant different between group 3 and group 4 (p < 0.05)

Table 4.9 Hip, knee and ankle angle position at each transitional point in sit-to-stand without moving feet pattern (degree: Mean±SD).

	Group 1 (n = 5)		Group 2 (n = 4)		Group 3 (n = 2)	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>						
- TU1	90.62±3.51	90.38±2.61	86.76±2.66	86.77±4.30	86.08±6.60	86.40±7.89
- TU2	90.65±2.95	90.19±3.00	102.97±35.49	101.60±34.78	80.71±1.09	80.10±1.05
- TU3	168.89±7.29	161.68±8.87	171.70±8.56	167.83±9.19	164.26±17.11	161.30±18.08
<b>Knee</b>						
- TU1	121.69±6.61	114.10±3.23	116.20±4.11	110.84±6.15	115.62±8.39	111.16±4.00
- TU2	123.58±8.26	114.74±4.29	133.81±23.92	125.51±21.27	114.90±7.60	110.26±4.42
- TU3	182.04±4.77	174.28±7.12	184.80±6.66	174.91±9.75	176.72±4.34	169.58±0.98
<b>Ankle</b>						
- TU1	109.27±2.86	102.95±2.30	103.10±5.44	98.34±6.00	110.27±5.55	104.67±0.57
- TU2	105.81±2.94	99.15±2.97	101.13±4.55	95.07±6.77	103.87±6.14	98.18±1.27
- TU3	108.04±2.91	102.03±5.12	105.40±4.80	97.81±5.97	108.07±10.32	100.48±5.13

Abbreviation: SD, standard deviation

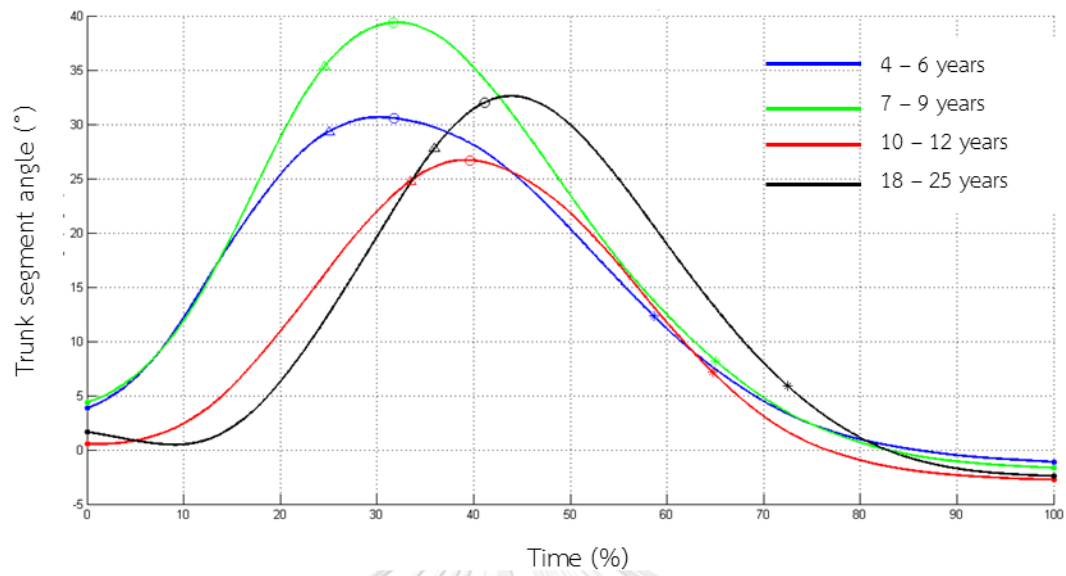


Figure 4.11 Mean of trunk angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$  = TU1,  $o$  = TU2,  $*$  = TU3)

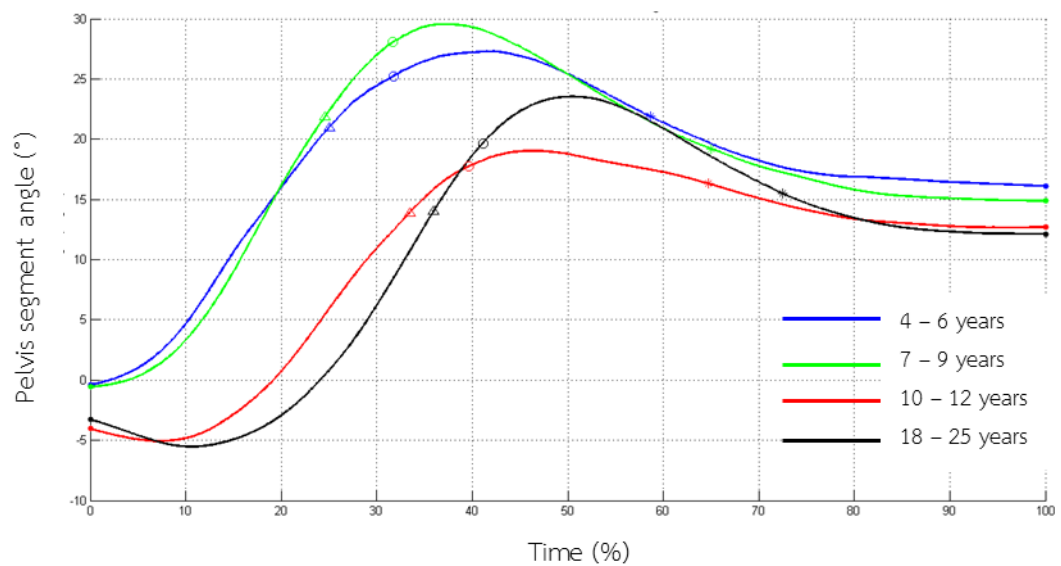


Figure 4.12 Mean of pelvis angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$  = TU1,  $o$  = TU2,  $*$  = TU3)

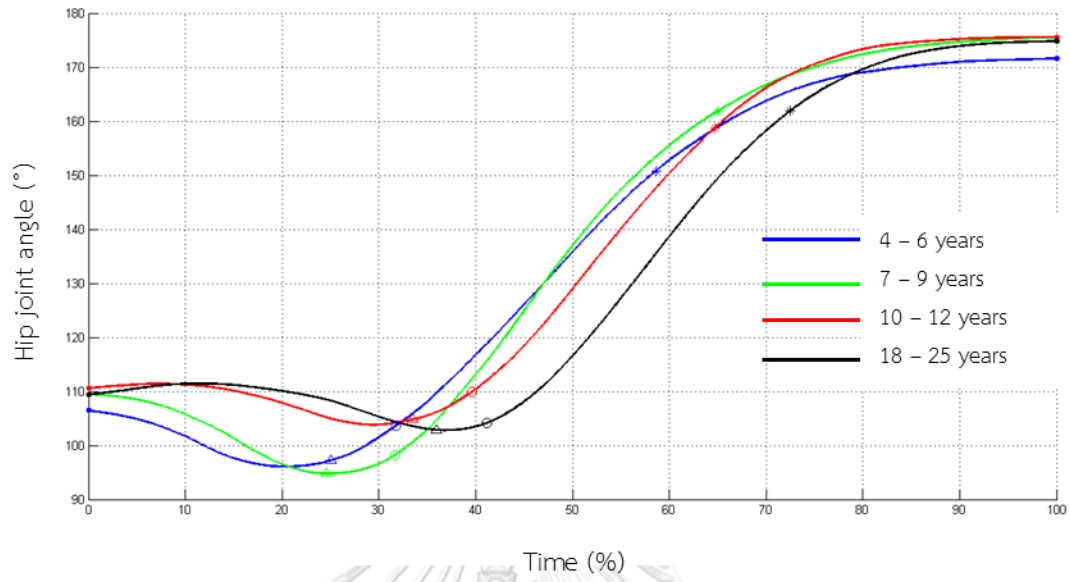


Figure 4.13 Mean of Hip angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$  = TU1,  $\circ$  = TU2, \* = TU3)

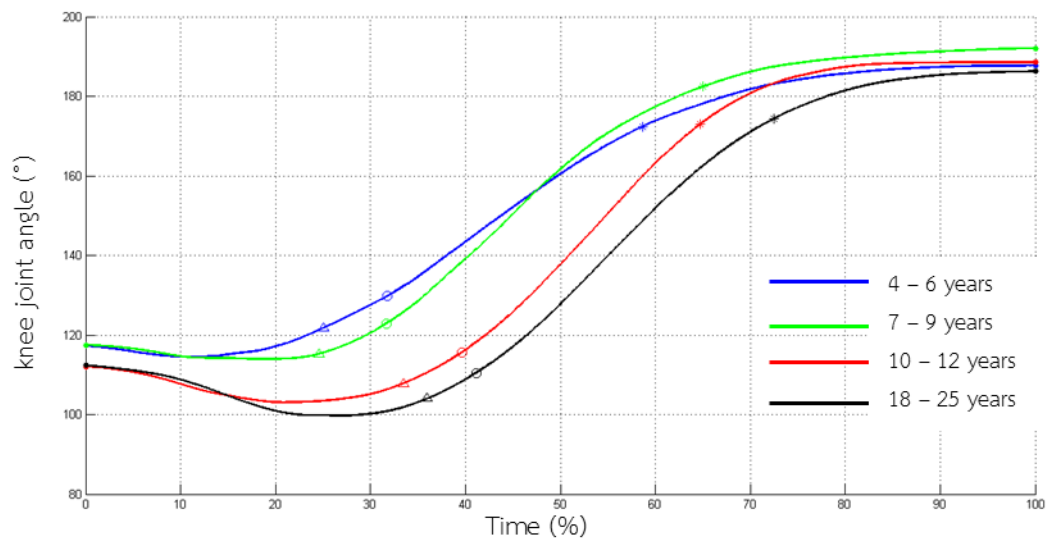


Figure 4.14 Mean of knee angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$  = TU1,  $\circ$  = TU2, \* = TU3)

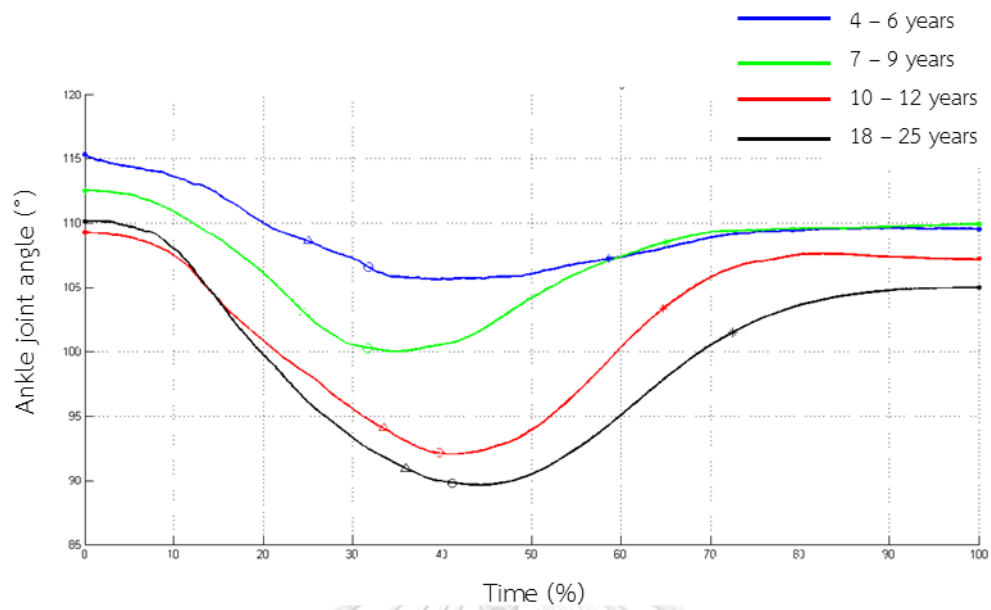


Figure 4.15 Mean of knee angle during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$  = TU1,  $o$  = TU2, \* = TU3)

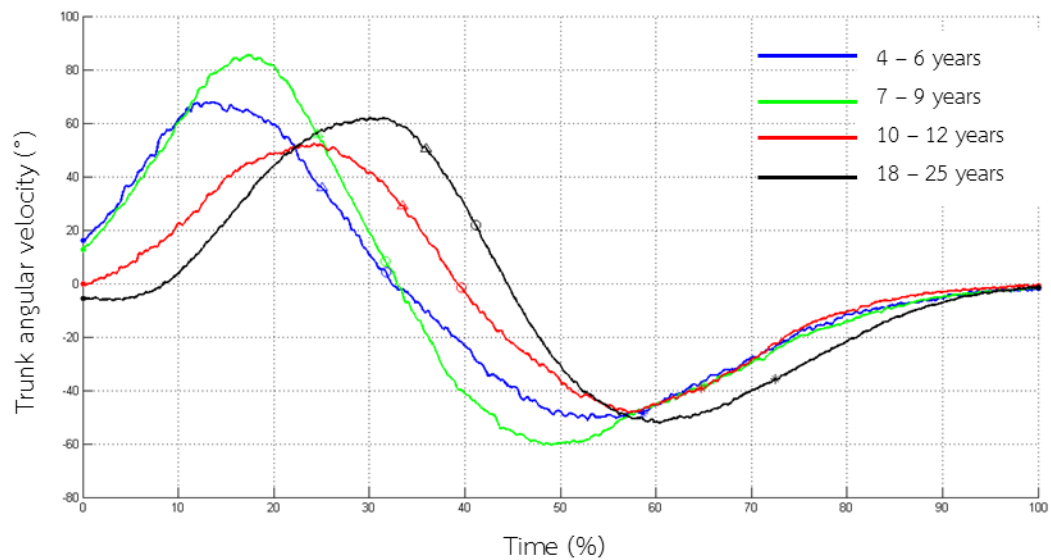


Figure 4.16 Mean of trunk velocity during sit-to-stand movement with moving feet in different age groups. ( $\Delta$  = TU1,  $o$  = TU2, \* = TU3)

Table 4.10 The maximum of trunk angular velocity of sit-to-stand with and without moving feet (degree/second: Mean±SD).

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
With feet moving	125.45±15.35	117.58±18.76	105.69±22.74	100.90±21.13 <sup>a</sup>
Without feet moving	55.74±7.96	64.07±7.36	48.78±11.37	

Abbreviation: SD, standard deviation

<sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 4 ( $p < 0.05$ )

## 4.5 Kinematic pattern of stand-to-sit movement

### 4.5.1 Times of movement

The time of movement in stand-to-sit movement included total movement time and percent of the total movement time at each transitional point (TD1) were illustrated in Figure 4.17 and Table 4.11. TD1 indicated when the buttock contacts on the bench. For stand-to-sit with feet moving pattern, the total time of movement and percent time at TD1 were shown no significant differences between groups ( $p > 0.05$ ). Moreover, the total time of movement and percent time at TD1 in stand-to-sit without moving feet showed no significant different between groups ( $p > 0.05$ ).

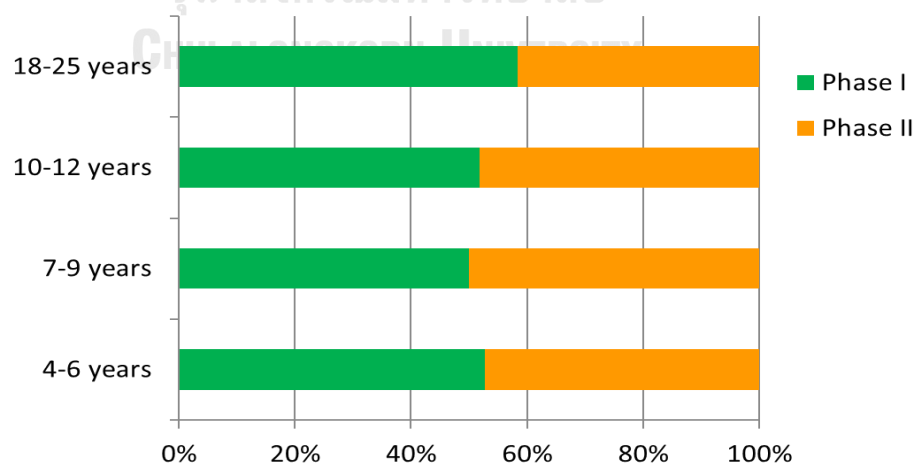


Figure 4.17 This graph showed percentage of the movement times in four phases of stand-to-sit movement.

#### 4.5.2 Joint angle position at each transitional point

The results of joint angle position at each transitional of stand-to-sit movement were illustration in Table 4.12, Table 4.14, Table 4.15, Figure 4.19, Figure 4.20, Figure 4.21, Figure 4.22, and Figure 4.23. Trunk and pelvis angle at TD1 transitional point of group 2 were shown significant different between group 4 when perform stand-to-sit with moving feet ( $p < 0.05$ ) as shown in Table 4.12.

Moreover, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were group main effects for hip, knee, and ankle joint positions at TD1 (Table 4.13 and Figure 4.16). There were significant different between groups as following: group 1 and group 3; group 1 and group 4; group 2 and 3; and group 2 and group 4 ( $p < 0.05$ ). In group 3 and group 4 hip and knee were more flexed than group 1 and group 2. For ankle joint, group 1 and group 2 were more dorsiflex than group 3 and group 4. Moreover, the side main effects were found for knee and ankle joint at TD1 (Table 4.13 and Figure 4.17).

In additional, stand-to-sit without moving feet was illustration at Table 4.12 and Table 4.15. There were no significant differences between group both of trunk and pelvis angle at TD1.

At TD1, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were group main effects for hip angle displacement (Table 4.13 and Figure 4.18). The result shown, group 3 was significantly different from group 1 and group 2. However, two-way ANOVA analysis showed that there was no significant group, side, and group x side interaction effect for other parameters as shown in Table 4.13.

### 4.5.3 Trunk angular velocities

For stand-to-sit movement, the maximum trunk angular velocity occurred during the first phase of the movement. The results were illustrated Table 4.16 and Figure 4.24. For stand-to-sit with moving feet, the significant different among group were found that group 1 had faster maximum of trunk angular velocity than group 3 and group 4. Moreover, group 2 had faster maximum of trunk angular velocity than group 4 had. ( $p < 0.05$ ).

Table 4.11 Times of movement in stand-to-sit with and without moving feet pattern (Mean±SD).

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
<b>With moving feet pattern</b>	<b>(n = 13)</b>	<b>(n = 15)</b>	<b>(n = 18)</b>	<b>(n = 19)</b>
- Total time of movement (sec.)	1.81±0.52	1.98±0.40	2.16±0.77	2.01±0.22
- Percent times at TD1 (%)	52.81±14.35	49.92±8.15	51.80±14.27	58.41±6.98
<b>Without moving feet pattern</b>	<b>(n = 5)</b>	<b>(n = 4)</b>	<b>(n = 2)</b>	<b>(n = 0)</b>
- Total time of movement (sec.)	1.62±0.32	1.68±0.23	2.18±0.20	
- Percent times at TD1 (%)	50.91±13.67	58.63±10.68	49.59±1.53	

**Abbreviation:** n, Number of participants; SD, standard deviation; sec, seconds; %, percent



Table 4.12 Trunk and pelvis angle position at each transitional in stand-to-sit with and without moving feet pattern.

Joint angle position (degrees: Mean±SD)	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
<b>With moving feet pattern</b>	(n = 13)	(n = 15)	(n = 18)	(n = 19)
Trunk				
- TD1	31.69±11.44	37.25±7.17	29.53±12.16	27.35±8.24 <sup>a</sup>
Pelvis				
- TD1	20.09±10.74	22.86±8.43	14.91±6.07	14.59±8.39 <sup>a</sup>
<b>Without moving feet pattern</b>	(n = 5)	(n = 4)	(n = 2)	(n = 0)
Trunk				
- TD1	33.74±10.17	34.73±4.35	47.45±8.14	
Pelvis				
- TD1	18.31±6.43	14.63±2.92	27.03±1.87	

Abbreviation: SD, standard deviation

<sup>a</sup>Significant different between group 2 and group 4 ( $p < 0.05$ )

Table 4.13 F-test and p-value of angle joint position in stand-to-sit with and without moving feet

	F	p
<b>With moving feet</b>		
- TD1		
- hip		
Groups	$F_{(3,122)} = 6.97$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 0.02$	0.90
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.07$	0.98
- knee		
Groups	$F_{(3,122)} = 34.44$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 8.35$	0.01
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.32$	0.81
- ankle		
Groups	$F_{(3,122)} = 19.28$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 12.19$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.12$	0.95
<b>Without moving feet</b>		
- TD1		
- hip		
Groups	$F_{(2,16)} = 7.39$	0.01
Sides	$F_{(1,16)} = 0.02$	0.90
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.02$	0.98
- knee		
Groups	$F_{(2,16)} = 0.72$	0.50
Sides	$F_{(1,16)} = 1.99$	0.18
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.01$	0.99
- ankle		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.69$	0.22
Sides	$F_{(1,16)} = 2.67$	0.12
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.15$	0.86

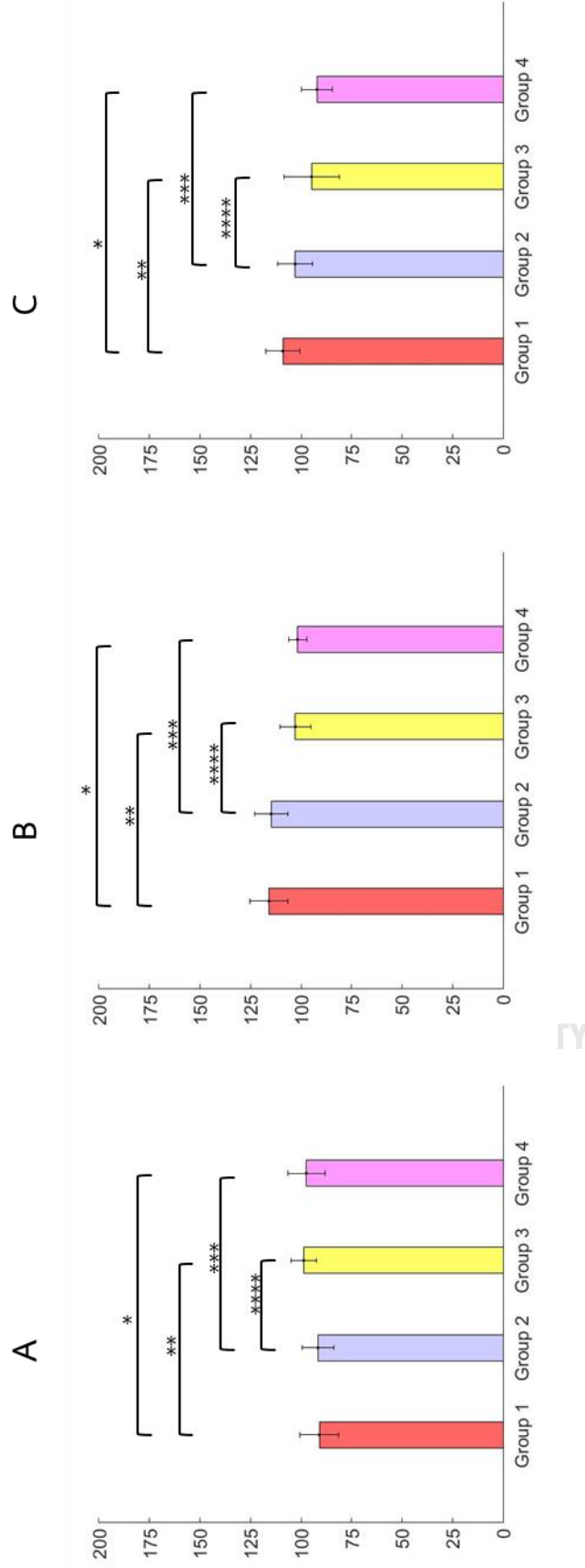


Figure 4.18 The graph show main group effect of joint angle in stand-to-sit movement with moving feet as following: A, hip; B, knee; C, ankle

\*, significant different between group 1 and group 4; \*\*, significant different between group 1 and group 3; \*\*\*, significant different between group 2 and group 4; \*\*\*\*, significant different between group 2 and group 3

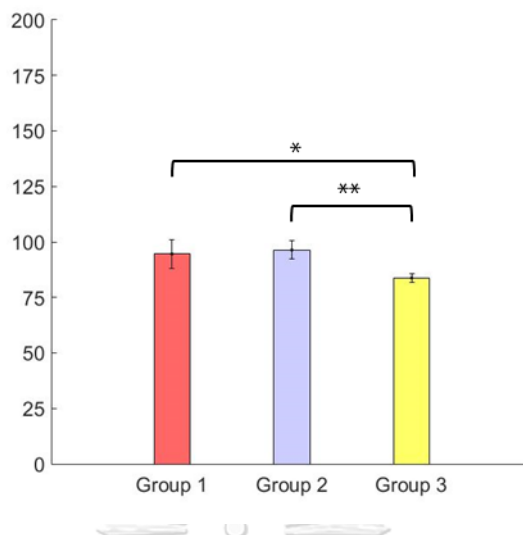


Figure 4.19 The graph show main group effect of hip joint angle in stand-to-sit movement without moving feet.

\*, significant different between group 1 and group 3; \*\*, significant different between group 2 and group 3.

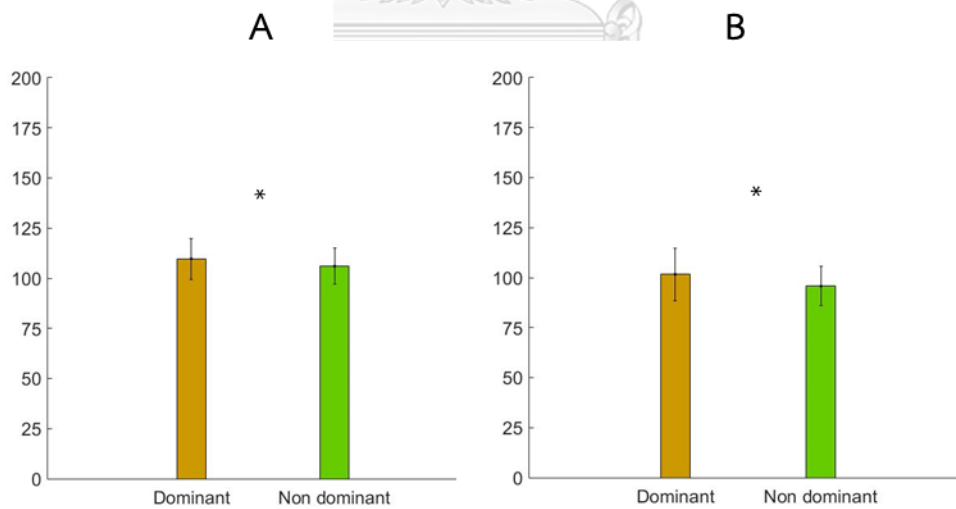


Figure 4.20 The graph show main side effect of joint angle in stand-to-sit with moving feet at TD1 as following; A, knee; B, ankle

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

Table 4.14 Hip, knee and ankle angle position at each transitional in stand-to-sit with moving feet pattern (degree: Mean±SD).

		Group 1(n = 13)		Group 2(n = 15)		Group 3(n = 18)		Group 4(n = 19)	
		Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>									
- TD1		90.69±9.56	91.56±9.85	92.10±7.92	91.10±8.26	98.36±6.40	98.89±6.32 <sup>a,c</sup>	97.77±9.32	97.04±9.26 <sup>b,d</sup>
<b>Knee</b>									
- TD1		117.43±10.31	114.31±8.81	117.63±8.35	111.91±7.04	103.92±8.09	101.64±7.11 <sup>a,c</sup>	103.62±3.76	99.81±4.40 <sup>b,d</sup>
<b>Ankle</b>									
- TD1		112.30±7.91	105.72±8.04	106.28±8.83	99.54±7.46	98.01±17.18	91.52±8.66 <sup>a,c</sup>	94.28±7.65	89.91±6.97 <sup>b,d</sup>

Abbreviation: SD, standard deviation, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 4 (p < 0.05), <sup>c</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05), <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 4 (p < 0.05)

Table 4.15 Hip, knee and ankle angle position at each transitional in stand-to-sit without moving feet without moving feet pattern (degree: Mean±SD).

	Group 1(n = 5)				Group 2(n = 4)		Group 3(n = 2)				
	Dominant		Non-dominant		Dominant		Non-dominant				
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
Hip											
- TD1	94.48±6.94		94.68±9.55		96.35±4.11		96.36±84.77		84.35±2.43		83.17±1.91 <sup>ab</sup>
Knee											
- TD1	118.59±6.90		114.18±7.07		115.70±8.92		111.01±7.64		114.26±9.19		108.52±6.75
Ankle											
- TD1	108.55±4.34		103.02±4.13		104.58±7.91		99.59±7.15		101.51±2.14		99.54±1.84

Abbreviation: SD, standard deviation, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05)

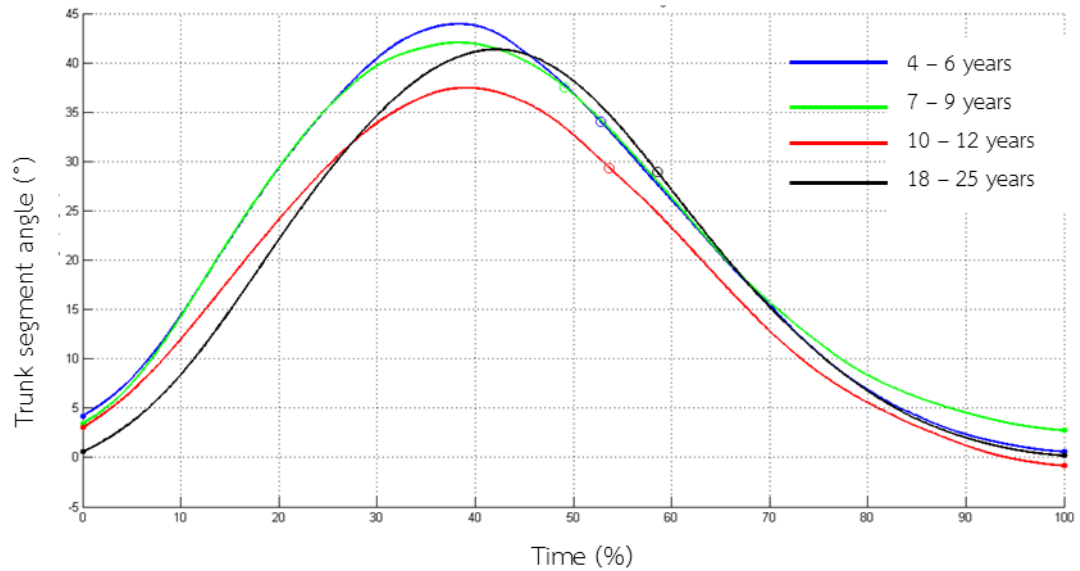


Figure 4.21 Mean of trunk angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1)

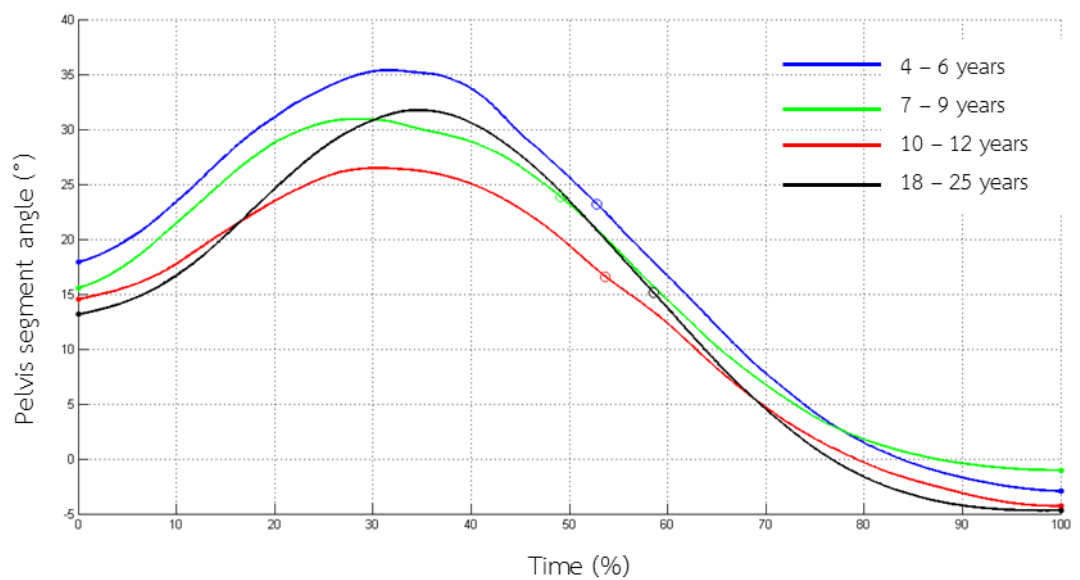


Figure 4.22 Mean of pelvis angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1)

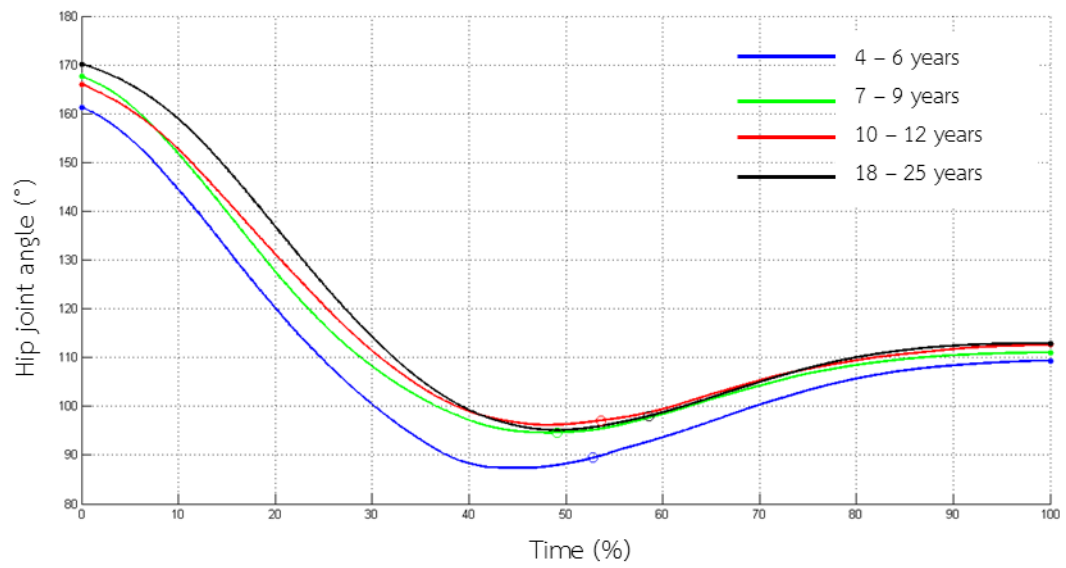


Figure 4.23 Mean of hip angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1)

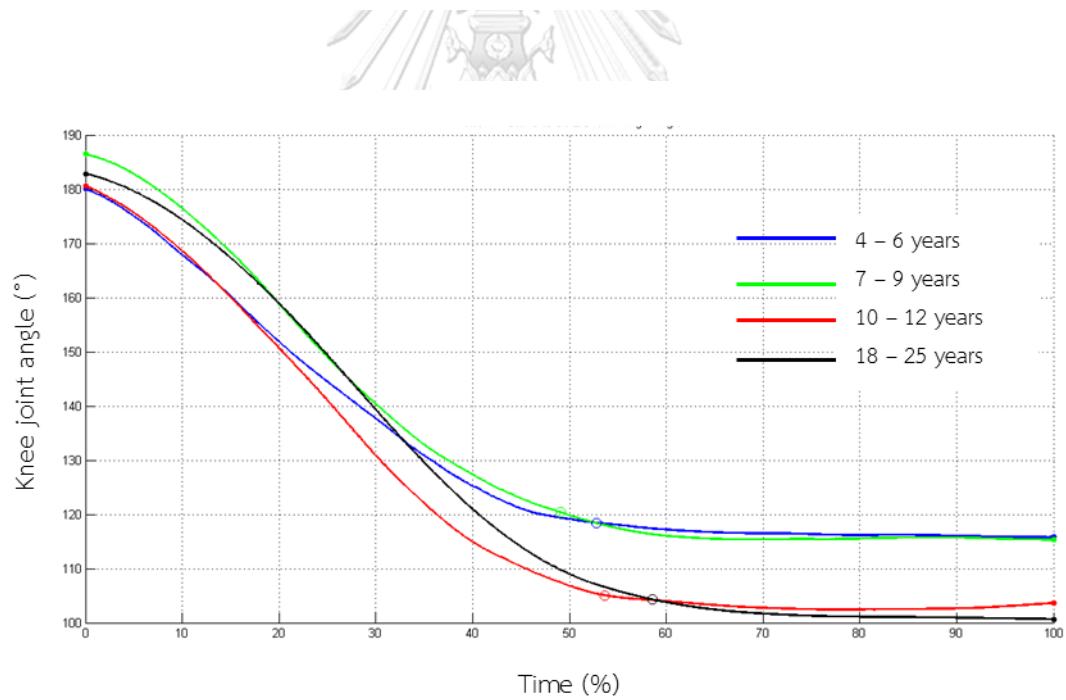


Figure 4.24 Mean of knee angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1)



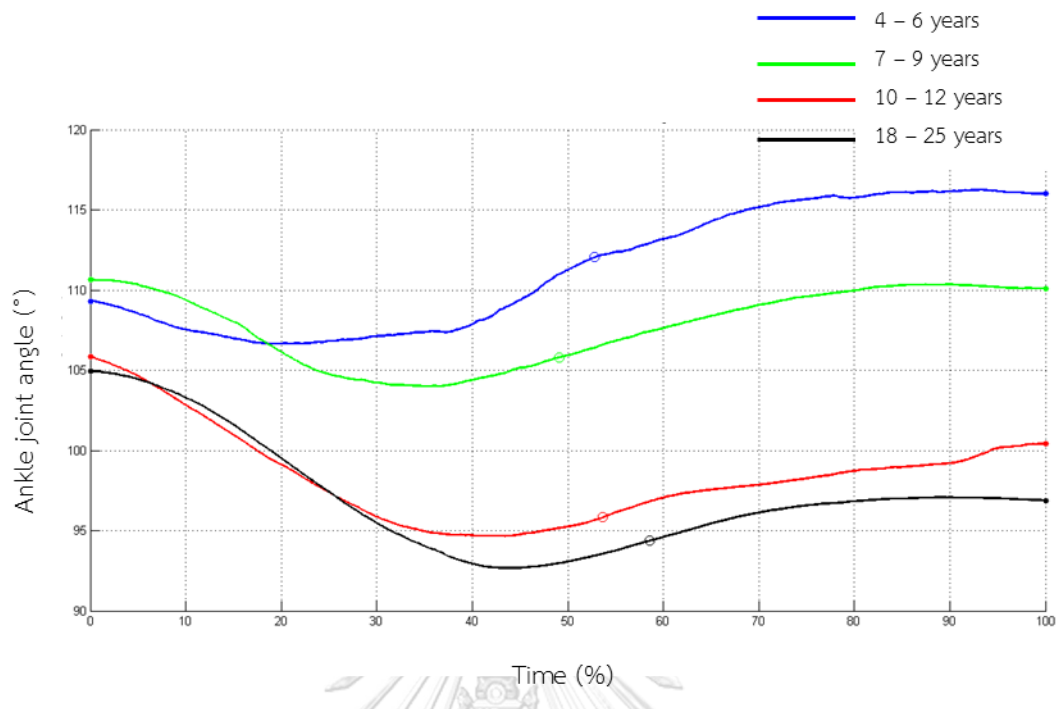


Figure 4.25 Mean of ankle angle during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1)

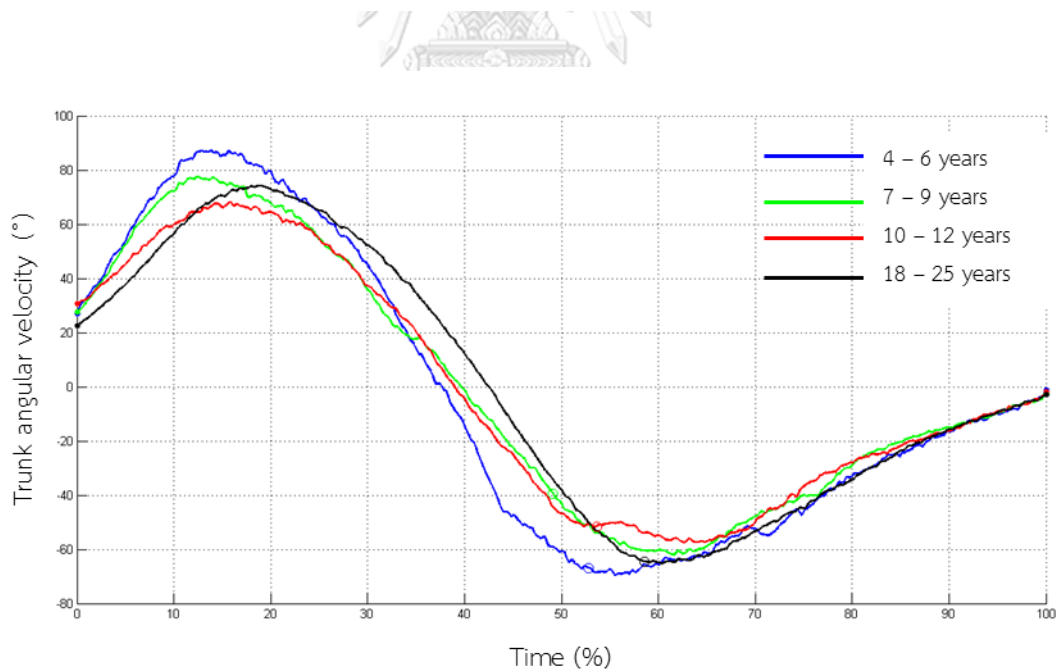


Figure 4.26 Mean of trunk velocity during stand-to-sit movement with moving feet in different age groups. (o = TD1)

Table 4.16 the maximum of trunk angular velocity of stand-to-sit with and without moving feet (degree/second: Mean±SD).

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
With feet moving	135.22±28.27	113.73±17.68	97.22±30.38 <sup>a</sup>	88.33±25.51 <sup>b, c</sup>
Without feet moving	135.79±48.81	131.28±25.25	106.74±18.75	

Abbreviation: SD, standard deviation, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 ( $p < 0.05$ ), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 4 ( $p < 0.05$ ), <sup>c</sup>Significant different between group 2 and group 4 ( $p < 0.05$ ),

#### 4.6 Kinetic pattern of sit-to-stand movement

For sit-to-stand movement, the peak moments of hip and knee extension and ankle plantar flexion were measured as shown in Table 4.18 and Table 4.19. In sit-to-stand with moving feet, the peak hip and knee extension moments occurred between TU2 and TU3. Then, the peak ankle dorsiflexion occurred between TU3 and TU4. For sit-to-stand with moving feet, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were group main effects for peak knee extension and ankle dorsiflexion (Table 4.17 and Figure 4.25). As a result, the peak knee extension moment, in group 1 and group 2 were significantly greater than group 4 ( $p < 0.05$ ). Beside, group 1 was significant greater than group 3 ( $p < 0.05$ ). For the peak ankle dorsiflexion moment, group 1 and group 2 were significantly less than group 3 ( $p < 0.05$ ). However, two-way ANOVA analysis shown that there was found sides main effects for only peak ankle moment (Table 4.17 and Figure 4.27). Peak ankle moment was significantly greater in dominant leg than non-dominant leg.

Furthermore, sit-to-stand without moving feet, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were group main effects of peak knee extension and ankle plantar flexion (Table 4.17 and Figure 4.26). The peak knee flexion in group 1 and group 2 was significantly greater than groups 3. Moreover, the peak ankle plantar flexion was significantly different between groups as following: group 1 and group 2; group 1 and group 3; and group 2 and group 3 ( $p < 0.05$ ). The peak ankle plantar flexion in group 2 had shown the least among groups. Beside, group 2 was significant less than group 3.

Moreover, two-way ANOVA analysis demonstrated that sides main effects were found for only hip and knee maximum moment (Table 4.17 and 4.28). Peak hip and knee moment were greater in non-dominant leg stance.

Table 4.17 F-test and p-value of maximum joint moment in sit-to-stand with and without moving feet

	F	p
<b>With moving feet</b>		
- Maximum hip moment		
Groups	$F_{(3,122)} = 2.75$	0.05
Sides	$F_{(1,122)} = 0.37$	0.54
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.06$	0.98
- Maximum knee moment		
Groups	$F_{(3,122)} = 6.08$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 0.78$	0.38
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.08$	0.97
- Maximum ankle moment		
Groups	$F_{(3,122)} = 104.26$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 15.98$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.43$	0.73
<b>Without moving feet</b>		
- Maximum hip moment		
Groups	$F_{(2,16)} = 6.29$	0.01
Sides	$F_{(1,16)} = 4.39$	0.05
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 2.04$	0.16
- Maximum knee moment		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.44$	0.27
Sides	$F_{(1,16)} = 7.17$	0.02
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.05$	0.96
- Maximum ankle moment		
Groups	$F_{(2,16)} = 82.58$	0.00
Sides	$F_{(1,16)} = 0.72$	0.41
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.07$	0.93

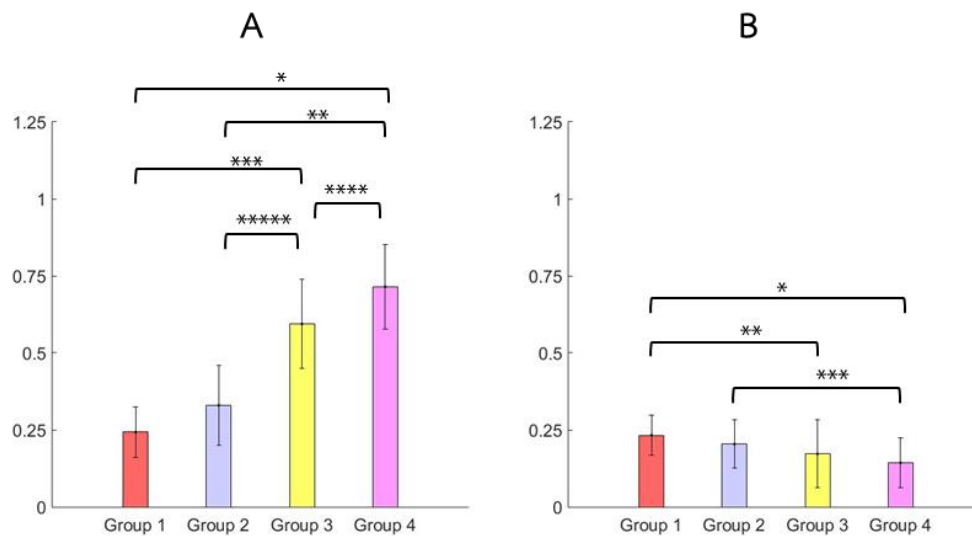


Figure 4.27 The graph show main group effect of joint moment in sit- to-stand movement with moving feet as following; A, knee; B, ankle

\*, significant different between group 1 and group 4; \*\*, significant different between group 1 and group 3; \*\*\* significant different between group 2 and group 4; \*\*\*\*, significant different between group 3 and group 4; \*\*\*\*\*, significant different between group 1 and group 4

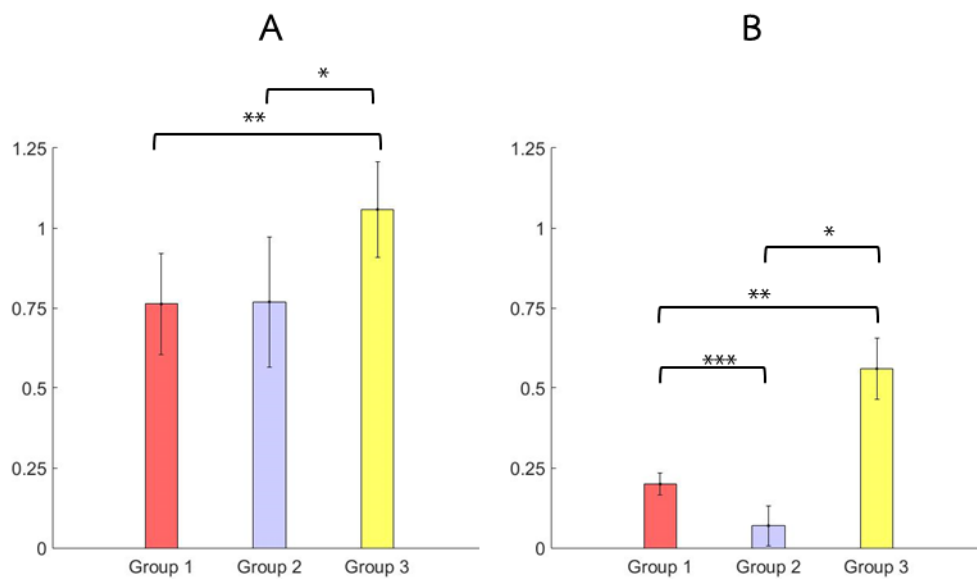


Figure 4.28 The graph show main group effect of joint moment in sit- to-stand movement without moving feet as following; A, hip; B, ankle

\*, significant different between group 2 and group 3; \*\*, significant different between group 1 and group 3; \*\*\* significant different between group 1 and group 2

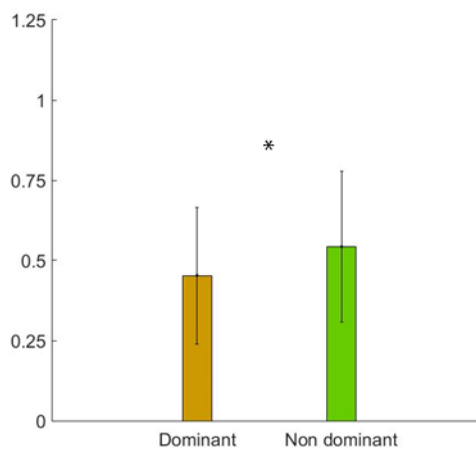


Figure 4.29 The graph show main side effect of maximum ankle joint moments in sit-to-stand with moving feet

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

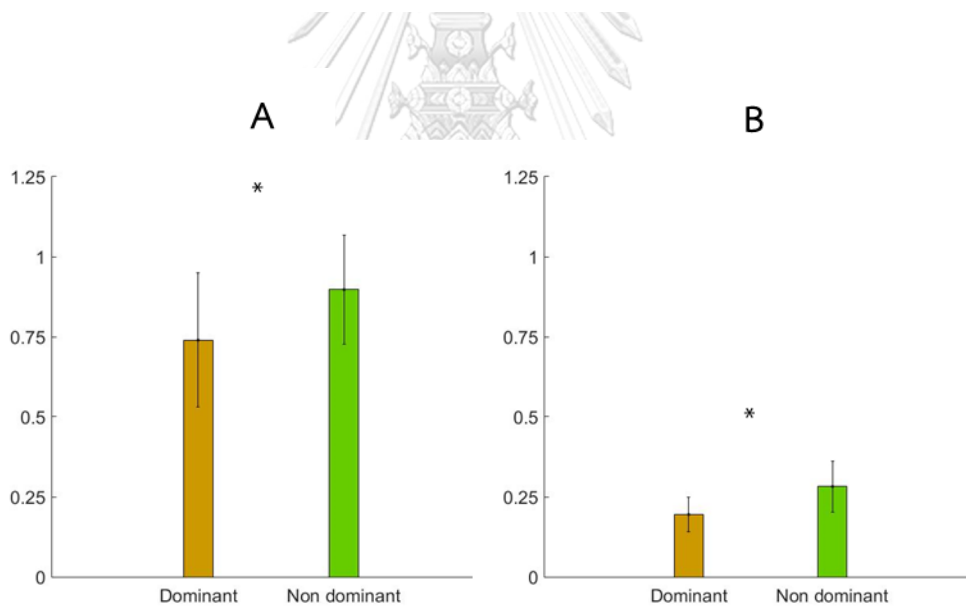


Figure 4.30 The graph show main side effect of maximum ankle joint moments in sit-to-stand without moving feet as following: A. hip: B. knee

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg

Table 4.18 Peak of hip, knee and ankle angle moments in sit-to-stand with moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).

	Group 1(n = 13)		Group 2(n = 15)		Group 3(n = 18)		Group 4(n = 19)	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>								
- extension	0.74±0.22	0.74±0.11	0.69±0.14	0.73±0.17	0.60±0.29	0.62±0.28	0.63±0.16	0.64±0.20
<b>Knee</b>								
- extension	0.21±0.06	0.27±0.09	0.29±0.12	0.36±0.14	0.55±0.13	0.64±0.15 <sup>a,c</sup>	0.65±0.14	0.78±0.11 <sup>b,d,e</sup>
<b>Ankle</b>								
- plantar flexion	0.23±0.07	0.24±0.06	0.19±0.09	0.21±0.07	0.17±0.11	0.17±0.12 <sup>a</sup>	0.13±0.07	0.15±0.09 <sup>b,d</sup>

Abbreviation: N, newton; kg, kilogram; SD, standard deviation, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 4 (p < 0.05), <sup>c</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05), <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 4 (p < 0.05), <sup>e</sup>Significant different between group 3 and group 4 (p < 0.05)

Table 4.19 Hip, knee and ankle angle moments in sit-to-stand without moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).

	Group 1(n = 5)		Group 2(n = 4)		Group 3(n = 2)	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>						
- extension	0.73±0.15	0.80±0.18	0.61±0.15	0.93±0.05	1.04±0.16	1.07±0.20 <sup>b,c</sup>
<b>Knee</b>						
- extension	0.19±0.04	0.21±0.03	0.06±0.08	0.08±0.06 <sup>a</sup>	0.54±0.16	0.58±0.01 <sup>b,c</sup>
<b>Ankle</b>						
- plantar flexion	0.19±0.4	0.27±0.08	0.22±0.05	0.31±0.09	0.17±0.11	0.24±0.06

Abbreviation: N, newton; kg, kilogram; SD, standard deviation, <sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 2 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05), <sup>c</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05)



Table 4.20 The contribution of maximum hip extension, knee extension, and ankle plantar flexion moments in sit-to-stand movement (%: Mean $\pm$ SD)

	Group 1 (n = 13)	Group 2 (n = 15)	Group 3 (n = 18)	Group 4 (n = 19)
Hip extension	60.27 $\pm$ 6.94	56.87 $\pm$ 7.48	43.98 $\pm$ 12.03	41.95 $\pm$ 6.50
Knee extension	20.63 $\pm$ 7.21	26.96 $\pm$ 10.16	43.03 $\pm$ 14.81	48.40 $\pm$ 7.46
Ankle plantarflexion	19.10 $\pm$ 3.41	16.17 $\pm$ 4.63	12.99 $\pm$ 4.46	9.64 $\pm$ 4.28



#### 4.7 Kinetic pattern of stand-to-sit movement

For stand-to-sit movement, joint moments consisted of peak moment of hip and knee joint flexion and peak ankle joint dorsiflexion. These had occurred before the buttock contact the bench. The results were shown in Table 4.21 and Table 4.22. In stand-to-sit with moving feet, two-way ANOVA analysis, group main effects of peak knee flexion and ankle dorsiflexion were demonstrated (Table 4.20 and Figure 4.29). The peak knee flexion and ankle dorsiflexion moment had significantly increased with increasing age group ( $p < 0.05$ ) as shown in Table 4.21. Moreover, two-way ANOVA analysis demonstrated that sides main effects were found for hip and knee maximum moment as illustration Table 4.20 and Figure 4.31.

Moreover, in stand-to-sit without moving feet, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were group main effects of peak moments of knee flexion and ankle dorsiflexion (Table 4.20 and Figure 4.30). The peak moments of knee flexion and ankle dorsiflexion in group 3 were significantly more than in group 1 and group 2 ( $p < 0.05$ ) as illustration in Table 4.21. However, two-way ANOVA analysis demonstrated that there were no side main effects for any parameter (Table 4.20).

Table 4.21 F-test and p-value of maximum joint moments in stand-to- sit with and without moving feet

	F	p
<b>With moving feet</b>		
- Maximum hip moment		
Groups	$F_{(3,122)} = 3.06$	0.03
Sides	$F_{(1,122)} = 4.99$	0.03
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 129$	0.28
- Maximum knee moment		
Groups	$F_{(3,122)} = 81.35$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 19.62$	0.00
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.39$	0.76
- Maximum ankle moment		
Groups	$F_{(3,122)} = 46.03$	0.00
Sides	$F_{(1,122)} = 2.65$	0.11
Groups × Sides	$F_{(3,122)} = 0.34$	0.80
<b>Without moving feet</b>		
- Maximum hip moment		
Groups	$F_{(2,16)} = 1.26$	0.31
Sides	$F_{(1,16)} = 3.10$	0.10
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 1.09$	0.36
- Maximum knee moment		
Groups	$F_{(2,16)} = 48.95$	0.00
Sides	$F_{(1,16)} = 2.36$	0.14
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 1.10$	0.36
- Maximum ankle moment		
Groups	$F_{(2,16)} = 14.43$	0.00
Sides	$F_{(1,16)} = 0.97$	0.34
Groups × Sides	$F_{(2,16)} = 0.96$	0.41

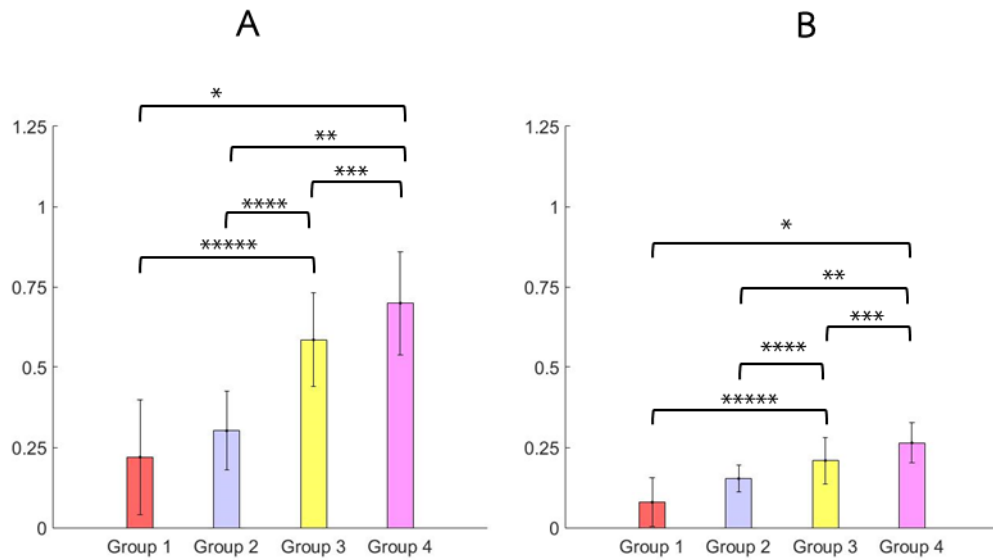


Figure 4.31 The graph show main group effect of joint moment in stand-to-sit movement with moving feet as following; A, knee; B, ankle

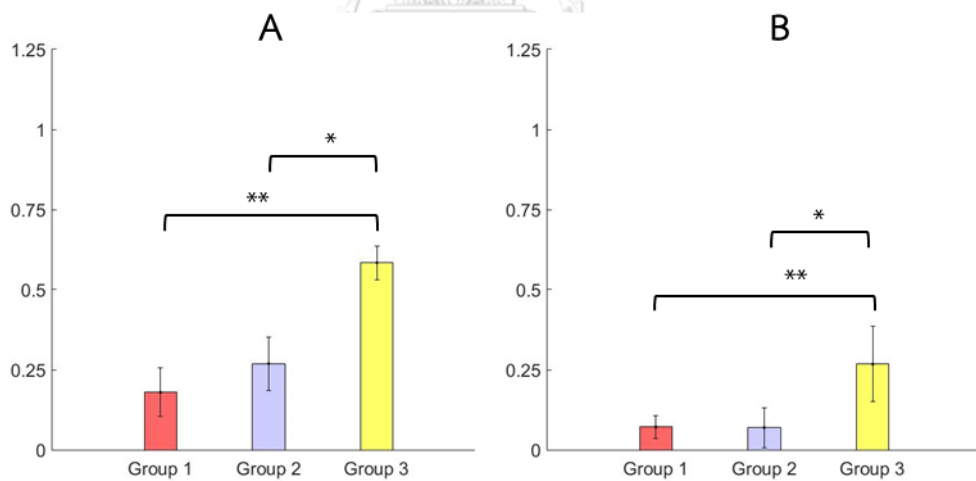


Figure 4.32 The graph show main group effect of joint moment in stand-to-sit movement without moving feet as following; A, knee; B, ankle

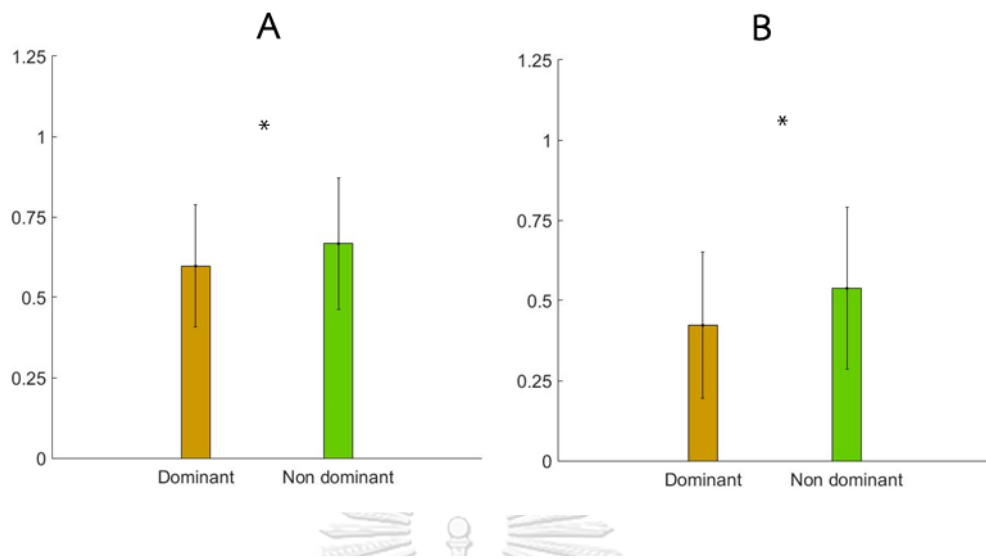


Figure 4.33 The graph show main side effect of maximum ankle joint moments in stand-to-sit with moving feet as following: A. hip: B. knee

\*, significant different between dominant and non dominant stance leg



Table 4.22 Hip, knee and ankle angle moment in stand-to-sit with moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).

	Group 1(n = 13)		Group 2(n = 15)		Group 3(n = 18)		Group 4(n = 19)	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>								
- extension	0.64±0.15	0.74±0.14	0.60±0.16	0.76±0.17	0.57±0.28	0.55±0.23	0.59±0.14	0.65±0.20
<b>Knee</b>								
- extension	0.18±0.15	0.26±0.20	0.26±0.12	0.35±0.11	0.53±0.13	0.64±0.14 <sup>b,d</sup>	0.62±0.15	0.78±0.13 <sup>c,e,f</sup>
<b>Ankle</b>								
- dorsiflexion	0.08±0.07	0.08±0.09	0.15±0.03	0.16±0.05 <sup>a</sup>	0.20±0.07	0.22±0.08 <sup>b,d</sup>	0.25±0.05	0.28±0.07 <sup>c,e,f</sup>

Abbreviation: N, newton; kg, kilogram; SD, standard deviation

<sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 2 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05), <sup>c</sup>Significant different between group 1 and group 4 (p < 0.05) <sup>d</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05), <sup>e</sup>Significant different between group 2 and group 4 (p < 0.05), <sup>f</sup>Significant different between group 3 and group 4 (p < 0.05)

Table 4.23 Hip, knee and ankle angle moment in stand-to-sit without moving feet pattern (N/kg: Mean±SD).

	Group 1(n = 5)		Group 2(n = 4)		Group 3(n = 2)	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
<b>Hip</b>						
- flexion	0.70±0.20	0.75±0.14	0.61±0.15	0.93±0.05	0.86±0.02	0.97±0.58
<b>Knee</b>						
- flexion	0.14±0.07	0.22±0.07	0.22±0.05	0.32±0.09	0.60±0.08	0.57±0.04 <sup>a,b</sup>
<b>Ankle</b>						
- dorsiflexion	0.08±0.05	0.06±0.02	0.06±0.08	0.08±0.06	0.31±0.17	0.22±0.04 <sup>a,b</sup>

Abbreviation: N, newton; kg, kilogram; SD, standard deviation

<sup>a</sup>Significant different between group 1 and group 3 (p < 0.05), <sup>b</sup>Significant different between group 2 and group 3 (p < 0.05)

Table 4.24 The contribution of maximum hip extension, knee extension, and ankle plantar flexion moments in stand-to-sit movement (%: Mean±SD)

	Group 1 (n = 13)	Group 2 (n = 15)	Group 3 (n = 18)	Group 4 (n = 19)
Hip extension	71.11±11.74	59.90±11.09	40.44±13.73	38.98±7.63
Knee extension	21.28±9.32	26.54±8.57	43.88±9.91	44.28±6.24
Ankle dorsiflexion	7.61±4.35	13.55±3.22	15.68±5.21	16.74±3.06





## CHAPTER 5

### DISCUSSION

#### 5.1 Introduction

This chapter presented a study discussing about participant's characteristic, pattern of movement, and times of movement, joint angle displacement, trunk velocity, and joint moment in participants four age group. Furthermore, implication of study for clinical practice, limitation of this study, and further study suggestion were presented

#### 5.2 Participants' characteristics

In this study seventy seven participants were divided into four groups according to their age: group 1, aged between 4 and 6 years; group 2, aged between 7 and 9 years; group 3, aged between 10 and 12 years; group 4, aged between 18 and 25 years. The anthropometric characteristics including, weight, height, upper and lower leg length, sitting height, and foot length were steadily increase with aged. The children were properly grown with increasing age. In addition, the dominance stance leg was found most on the left side in every group.

#### 5.3 Synergies pattern of sit-to-stand and stand-to-sit movement

In this study, participants were allowed to perform their preferred sit-to-stand movement. Sit-to-stand with and without feet moving backward was found among participants. Sit-to-stand with feet moving was found in older children and all adults. The numbers of children who performed sit-to-stand without feet moving were high in the youngest children (group 1).The proportion of the sit-to-stand with and without feet moving increased when the children grew older. The younger children have more variable movement and they are in the period of postural control adjustment (36, 37).

Therefore, patterns of movement were generally in various patterns. In contrast, adults group had various experience performing movement so they were chosen the simple pattern. In previous study, to sit-to-stand with feet backward was easier pattern than sit-to-stand with feet align to knee joint (3, 42).

#### 5.4 Age-related differences in sit-to-stand biomechanics

Although, two patterns of sit-to-stand movements were found in this study, the number of participants who performed sit-to-stand movements without moving feet was not enough to prove the kinematic and kinetic pattern of the movement. Therefore, only the sit-to-stand movement with moving feet was emphasized in this part of the discussion.

The total time of sit-to-stand with moving feet in children aged 4 to 6 and children aged 7 to 9 was similar. In addition, both of them performed less time to accomplish the sit-to-stand task as compared to adults. The result was similar to previous study illustrating that the children at the age of 5 to 6 years old and 7 to 8 years old spent time to complete each task less than adults did (5, 6). In older children and adults, they were taller than younger children. Moreover, the proportions of body segment were differences between children and adults (50). Hence, the whole body displacement during sit-to-stand in older children and adults were larger than the younger children.

In this study, the sit-to-stand movement was described as 5 transitional points (TU0 – TU4) and four phases as following: phase I, between TU0 (initiation of sit-to-stand movement) and TU1 (the point at knee joint abruptly extension occurring); phase II, between TU1 and TU2 (the point at the vertical ground reaction forces); phase III, between TU2 and TU3 (shoulder move at highest level); phase IV, between TU3 and TU4 (end of standing up). Overall, the pattern of sit-to-stand movement as considering from the transitional point was not mature in children as young as 9 years. In children aged 4 to 9 years, they moved their buttock out of the bench (TU1) and took weight on their feet as the ground reaction force reached to maximum (TU2) earlier than

children aged 10 to 12 years and adults did. Although, only the children aged 4 to 6 years were found that they moved their shoulder to the highest level (TU3) earlier than adults did. The results suggested that children who were older than 9 years maturely performed sit-to-stand when considering of the total time of movement.

In phase I, the flexion phase, it has required forward trunk movement with the maximum angular velocity. Then, forward trunk velocity would generate the forward momentum for preparing to transfer center of mass from sitting position to standing position (7, 8, 20, 25, 52). To accomplish this task, children aged 4 to 9 years moved more at hip and pelvic, but moved less at their knee and ankle as compared to older children and adults. Moreover, the trunk angular velocity in younger children was faster than adults. Since younger children moved feet backward less than the older ones and adults, the younger children used the strategy of the greater hip flexion and pelvis anterior tilting with faster trunk angular velocity to efficiently generate the forward momentum. This result was relevant to the previous study that sit-to-stand with feet placed align to knee joint, the amplitude of hip flexion and peak hip angular velocity were increased when compared to sit-to-stand with feet moving backward (28). The results suggested that younger children used more hip flexion to move upper body out of the bench.

In phase II, the base of support are changing from the wide base of support (buttock and two feet) in sitting to narrow base of support (two feet) in standing (27). In previous study, during this phase the trunk was flexed and pelvic rotated anteriorly to generate upper body momentum. The participant's femur, shank, and feet remained stationary (20, 26). In this study, during this phase, the hip flexion continuously increased and reached to maximum at the end of this phase (TU2). However, knee and ankle angle are not much different to phase I. Similar results from the passive force from the momentum that occurred in the previous phase.

In phase III, an extension phase, all joints of interest are extended to the upright position (23). In this study, the maximum moment of hip and knee extension occurred. These patterns were also found in all groups. However, the children age 4 to 9 years had less knee extension moments than children aged 10 to 12 and adults. Moreover,

the children age 4 to 9 years were increasing plantar flexion more than children age 10 to 12 and adults. In previous studies, they found that sit-to-stand with excessive trunk flexion was increased hip extension moment and ankle plantarflexion moment and decreased knee extension moment (53). In addition, the children age 4 to 9 years shown greater hip flexion during flexion phase (phase I) and transitional phase (phase II) than children age 10 to 12 years and adults did. The children aged 4 to 9 years were generated more hip flexion to move their mass on to their feet phase I and Phase II. This made the lever of arm at the knee decreased and the lever of arm at the hip and the ankle increased. Then, children aged 4 to 9 years used more the maximum moments at the hip extension and ankle plantar flexion to get their body into the upright position.

In phase IV, a stabilization phase was formed. Stabilization began when the balance was adjust to make the body to stand steady (7, 8). This phase of sit-to-stand movement required a good postural control to control the center of mass within the base of support (1, 13, 15). In this study, the children age 4 to 6 years spend more time to stand steadily. The postural control development in children younger than 7 years old relied more on visual orientation to control their posture and undeveloped reweight process of sensory information (36, 37). When they grew up, at about 7 to 10 years old, the reweighting process of visual/somatosensory inputs were also maturing. After 10 years of age, the inter-modal reweighting process and forward direction of balance were fully developed (38, 39). Therefore, the children who are younger than 6 years do not developed in postural control. The results suggested that children younger than 6 years old required certain period of time to adjust position to control their balance after standing up.

### 5.5 Age-related differences in stand-to-sit biomechanics

In this study, stand-to-sit movement was orderly performed after sit-to-stand movement. Therefore, the stand-to-sit movement with moving feet was used to expand the pattern of movement in difference aged groups as same as sit-to-stand movement.

The total time and the percent times at the buttock contact on the bench (TD1) of stand-to-sit movement were similarly to adults since 4 years of age.

In this study, the stand-to-sit movement was described in 2 phases according to 3 transitional points: TD0, TD1, and TD2. Phase I was began from TD0 (initiation of stand-to-sit movement) to TD1 (the buttock contact on the bench) and phase II was at TD1 and ended at TD2 (ending of stand-to-sit movement).

In phase I, there was a trunk flexion phase. The trunk and knee were increased in flexion (7, 8). The trunk flexion may contribute to stability control along the antero-posterior axis (31). In this study, the children who older than 4 years were flexed trunk with the same velocity as adults. However, the children aged 4 to 9 years had hip flexion, knee flexion and dorsiflexion less than adults. The results were shown as same as previous study that were study in older adults. The older adults used a smaller trunk flexion stand-to-sit (29). Moreover, the children aged 4 to 9 years showed maximum knee extension and ankle dorsiflexion moment less than adults. Although, children aged 10 to 12 years had maximum knee extension and ankle dorsiflexion moments more than younger children. Their maximum knee extension and ankle dorsiflexion moments were still less than adults.

In phase II, there was a trunk extension phase. The base of support is changing from the narrow base of support (two feet) in standing to wider base of support (buttock and two feet) in sitting. The trunk was extended after buttock contact the chair (8, 30, 32). In this study, the children aged 4 to 12 years spent time during this phase as same as adults. The results suggested that children who younger than 9 years were not maturely perform stand-to-sit movement considering of the joints angle movement and the maximum moments that they were used. However, the children

aged 10 to 12 years were nearly mature to perform stand-to-sit movement. They move their joints angle as same as adults but the maximum moments also different.

### **5.6 Implication of study for clinical practice**

This study provided the kinematic and kinetic pattern of sit-to-stand-to-sit movement in typical children. Younger children did not perform the same amount of joint range of motion, moments, and trunk velocity as compared to older children and adults. Hence, clinicians should be careful to diagnose children with delayed development.

This information was useful to help the clinicians to assess and interpret the sit-to-stand-to-sit capability of the children to see how their performance deviated from the typical children. Moreover, this information can be used as the supporting document for clinical decision making for clinicians in order to apply appropriate treatments in the clinic.

### **5.7 Limitation of this study**

In this study, participants performed sit-to-stand movement with preferred pattern. Hence, the patterns were divided into moving feet and not moving feet. There were less of participants performed sit-to-stand and stand-to-sit without moving feet. Therefore, the patterns of sit-to-stand and stand-to-sit without moving feet were not described the pattern of movement between aged groups.

Moreover, in this study, participants were sit-to-stand and stand-to-sit with arm crossing on their chest. Therefore, there was marked that the different of hand free and arm crossing on their chest during sit-to-stand and stand-to-sit movement.

### 5.8 Further study

To know the different pattern in different age group, the procedure would need to collect two pattern of movement. Furthermore, the movement of center of mass (COM) should be measured because it may help to expand understanding about the different in postural control among group.



## CHAPTER 6

### CONCLUSION

The present study determined the development of sit-to-stand and stand-to-sit movement in typical children and adults. Four differences age group were recruited in this study. The results show that two patterns of sit-to-stand movement were found including sit-to-stand with and without moving feet. The proportion of sit-to-stand with and without moving feet was increasing with aged. In sit-to-stand with moving feet, children aged 4 to 9 years spent less time to accomplish the task. They slightly moved their feet backward and more flexed their hip with faster moving trunk forward to generate the momentum for driven themselves into upright position with more hip extension and ankle plantar flexion moments and less knee extension moment. In stabilization phase, children 4 to 9 years were spend more time to balance themselves after ending of getting up. For stand-to-sit movement, children aged 4 to 9 years used less motion of hip flexion, knee flexion and ankle dorsiflexion with less of maximum knee extension and ankle dorsiflexion moments to lower down their body. These results suggested that children showed the sit-to-stand and stand-to-sit movement patterns like adults when they were older than 10years.



## REFERENCES

1. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice: Lippincott Williams & Wilkins; 2012.
2. Manckoundia P, Mourey F, Pfitzenmeyer P, Papaxanthis C. Comparison of motor strategies in sit-to-stand and back-to-sit motions between healthy and Alzheimer's disease elderly subjects. *Neuroscience*. 2006;137(2):385-92.
3. McMillan AG, Scholz JP. Early development of coordination for the sit-to-stand task. *Human movement science*. 2000;19(1):21-57.
4. Da Costa CSN, Rocha NAC. Sit-to-stand movement in children: A longitudinal study based on kinematics data. *Human movement science*. 2013;32(4):836-46.
5. Cahill BM, Carr JH, Adams R. Inter-segmental co-ordination in sit-to-stand: an age cross-sectional study. *Physiotherapy Research International*. 1999;4(1):12.
6. Guarrera-Bowlby PL, Gentile A. Form and variability during sit-to-stand transitions: children versus adults. *Journal of motor behavior*. 2004;36(1):104-14.
7. Kerr K, White J, Barr D, Mollan R. Analysis of the sit-stand-sit movement cycle in normal subjects. *Clinical Biomechanics*. 1997;12(4):236-45.
8. Kralj A, Jaeger RJ, Munih M. Analysis of standing up and sitting down in humans: definitions and normative data presentation. *Journal of biomechanics*. 1990;23(11):1123-38.
9. Tecklin JS. *Pediatric physical therapy*: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
10. Campbell SK, Palisano RJ, Vander Linden DW. *Physical therapy for children*: Elsevier Saunders; 2006.
11. Cech DJ, Martin ST. *Functional movement development across the life span*. 3, editor: Elsevier Health Sciences; 2012.
12. Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Progress in neurobiology*. 1992;38(1):35-56.
13. Woollacott MH, Shumway-Cook A. Changes in posture control across the life span—a systems approach. *Physical therapy*. 1990;70(12):799-807.

14. 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(suppl 2):ii7-ii11.
15. Cignetti F, Chabeauti P-Y, Sveistrup H, Vaugoyeau M, Assaiante C. Updating process of internal models of action as assessed from motor and postural strategies in children. *Neuroscience*. 2013;233:127-38.
16. Rodosky MW, Andriacchi TP, Andersson GB. The influence of chair height on lower limb mechanics during rising. *Journal of Orthopaedic Research*. 1989;7(2):266-71.
17. Hennington G, Johnson J, Penrose J, Barr K, McMulkin ML, Vander Linden DW. Effect of bench height on sit-to-stand in children without disabilities and children with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85(1):70-6.
18. Etnyre B, Thomas DQ. Event standardization of sit-to-stand movements. *Physical therapy*. 2007;87(12):1651-66.
19. Alexander NB, Schultz AB, Warwick DN. Rising from a chair: effects of age and functional ability on performance biomechanics. *Journal of Gerontology*. 1991;46(3):M91-M8.
20. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, Mann RW, Hodge WA. Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Physical Therapy*. 1990;70(10):638-48.
21. Ikeda ER, Schenkman ML, Riley PO, Hodge WA. Influence of age on dynamics of rising from a chair. *Physical Therapy*. 1991;71(6):473-81.
22. Nikfekar E, Kerr K, Attfield S, Playford E. Trunk movement in Parkinson's disease during rising from seated position. *Movement Disorders*. 2002;17(2):274-82.
23. Park ES, Park C-i, Lee HJ, Kim DY, Lee DS, Cho S-R. The characteristics of sit-to-stand transfer in young children with spastic cerebral palsy based on kinematic and kinetic data. *Gait & posture*. 2003;17(1):43-9.
24. Hirschfeld H, Thorsteinsdottir M, Olsson E. Coordinated ground forces exerted by buttocks and feet are adequately programmed for weight transfer during sit-to-stand. *Journal of neurophysiology*. 1999;82(6):3021-9.

25. Roebroeck M, Doorenbosch C, Harlaar J, Jacobs R, Lankhorst G. Biomechanics and muscular activity during sit-to-stand transfer. *Clinical Biomechanics*. 1994;9(4):235-44.
26. Riley PO, Schenkman ML, Mann RW, Hodge WA. Mechanics of a constrained chair-rise. *Journal of biomechanics*. 1991;24(1):77-85.
27. Jeng S-F, Schenkman M, Riley PO, Lin S-J. Reliability of a clinical kinematic assessment of the sit-to-stand movement. *Physical Therapy*. 1990;70(8):511-20.
28. Khemlani M, Carr J, Crosbie W. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clinical Biomechanics*. 1999;14(4):236-46.
29. Dubost V, Beauchet O, Manckoundia P, Herrmann F, Mourey F. Decreased trunk angular displacement during sitting down: an early feature of aging. *Physical Therapy*. 2005;85(5):404-12.
30. Wang H, Simpson K, Chamnongkitch S, Kinsey T, Mahoney O. A biomechanical comparison between the single-axis and multi-axis total knee arthroplasty systems for the stand-to-sit movement. *Clinical biomechanics*. 2005;20(4):428-33.
31. Mourey F, Pozzo T, Rouhier-Marcet I, DIDIER J-P. A kinematic comparison between elderly and young subjects standing up from and sitting down in a chair. *Age and ageing*. 1998;27(2):137-46.
32. Reisman DS, Scholz JP, Schöner G. Differential joint coordination in the tasks of standing up and sitting down. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2002;12(6):493-505.
33. Ashford S, De Souza L. A comparison of the timing of muscle activity during sitting down compared to standing up. *Physiotherapy Research International*. 2000;5(2):111-28.
34. Da Costa CSN, Savelsbergh G, Rocha NACF. Sit-to-stand movement in children: A review. *Journal of motor behavior*. 2010;42(2):127-34.
35. Janssen WG, Bussmann HB, Stam HJ. Determinants of the sit-to-stand movement: a review. *Physical therapy*. 2002;82(9):866-79.
36. Shumway-Cook A, Woollacott MH. The growth of stability: postural control from a developmental perspective. *Journal of motor behavior*. 1985;17(2):131-47.

37. Bair W-N, Kiemel T, Jeka JJ, Clark JE. Development of multisensory reweighting for posture control in children. *Experimental Brain Research*. 2007;183(4):435-46.
38. Cuisinier R, Olivier I, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. Reweighting of sensory inputs to control quiet standing in children from 7 to 11 and in adults. *PLoS One*. 2011;6(5):e19697.
39. Donahoe B, Turner D, Worrell T. The Use of Functional Reach as a Measurement of Balance in Boys and Girls Without Disabilities Ages 5 to 15 Years. *Pediatric Physical Therapy*. 1994;6(4):189-93.
40. Sibella F, Galli M, Romei M, Montesano A, Crivellini M. Biomechanical analysis of sit-to-stand movement in normal and obese subjects. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(8):745-50.
41. Huffman KD SB, Zucker-Levin AR, Williams JL, Mihalko WM. Increased Hip Abduction in High Body Mass Index. *Gait & posture*. 2015;23:S2-6.
42. Gillette JC, Stevermer CA. The effects of symmetric and asymmetric foot placements on sit-to-stand joint moments. *Gait & posture*. 2012;35(1):78-82.
43. Seven YB, Akalan NE, Yucesoy CA. Effects of back loading on the biomechanics of sit-to-stand motion in healthy children. *Human movement science*. 2008;27(1):65-79.
44. Assaiante C, Chabeauti P-Y, Sveistrup H, Vaugoyeau M. Updating process of internal model of action as assessed from motor and postural strategies in young adults. *Human movement science*. 2011;30(2):227-37.
45. กราฟแสดงเกณฑ์อ้างอิงการเจริญเติบโตเด็ก [Internet]. 1999 [cited 11 มกราคม 2016].
46. Organization WH. *The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment*: Sydney: Health Communications Australia; 2000.
47. Schneiders AG, Sullivan SJ, O'Malley KJ, Clarke SV, Knappstein SA, Taylor LJ. A valid and reliable clinical determination of footedness. *PM&R*. 2010;2(9):835-41.
48. ORTHO T. version 6.6 reference manual. Santa Rosa, CA, Motion Analysis Corporation. 2009.
49. Hamill J, Knutzen KM. *Biomechanical basis of human movement*: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.

50. Jensen RK. Body segment mass, radius and radius of gyration proportions of children. *Journal of biomechanics*. 1986;19(5):359-68.
51. Winter DA. *Biomechanics and motor control of human movement*: John Wiley & Sons; 2009.
52. Gross M, Stevenson P, Charette S, Pyka G, Marcus R. Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait & posture*. 1998;8(3):175-85.
53. Doorenbosch CA, Harlaar J, Roebroeck ME, Lankhorst GJ. Two strategies of transferring from sit-to-stand; the activation of monoarticular and biarticular muscles. *Journal of biomechanics*. 1994;27(11):1299-307.





APPENDIX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## APPENDIX A

### ETHICAL APPROVAL

AF 02-12



The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Health Sciences Group, Chulalongkorn University  
 Jamjuree 1 Building, 2nd Floor, Phyathai Rd., Patumwan district, Bangkok 10330, Thailand,  
 Tel/Fax: 0-2218-3202 E-mail: [eccu@chula.ac.th](mailto:eccu@chula.ac.th)

COA No. 163/2016

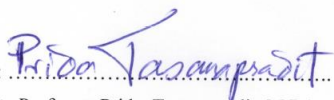

#### Certificate of Approval

**Study Title** No. 107.1/59 : BIOMECHANICS OF SIT-TO-STAND AND STAND-TO-SIT IN TYPICAL CHILDREN AGED 4-12 YEARS AND YOUNG ADULTS

**Principal Investigator** : MISS POTJANUN MAPAISANSIN

**Place of Proposed Study/Institution** : Faculty of Allied Health Sciences,  
Chulalongkorn University

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Health Sciences Group, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with the International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP).

Signature:  Signature:   
 (Associate Professor Prida Tasanapradit, M.D.) (Assistant Professor Nuntaree Chaichanawongsaroj, Ph.D.)  
 Chairman Secretary

Date of Approval : 21 September 2016 Approval Expire date : 20 September 2017

#### The approval documents including

- 1) Research proposal
- 2) Patient/Participant Information Sheet and Informed Consent Form
- 3) Researcher
- 4) Questionnaire



Protocol No. 107.1/59  
 Date of Approval: 21 SEP 2016  
 Approval Expire Date: 20 SEP 2017

#### The approved investigator must comply with the following conditions:

1. The research/project activities must end on the approval expired date of the Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Health Sciences Group, Chulalongkorn University (RECCU). In case the research/project is unable to complete within that date, the project extension can be applied one month prior to the RECCU approval expired date.
2. Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.
3. Using only the documents that bearing the RECCU's seal of approval with the subjects/volunteers (including subject information sheet, consent form, invitation letter for project/research participation (if available).
4. Report to the RECCU for any serious adverse events within 5 working days
5. Report to the RECCU for any change of the research/project activities prior to conduct the activities.
6. Final report (AF 03-12) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project. For thesis, abstract is required and report within 30 days after the completion of the research/project.
7. Annual progress report is needed for a two-year (or more) research/project and submit the progress report before the expire date of certificate. After the completion of the research/project processes, as No. 6.

## APPENDIX B

## PARTICIPANT' INFORMATION SCREENING SHEET (PARENT)

AF 04-07

## ข้อมูลสำหรับผู้ปกครองของเด็กที่เข้าร่วมวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวพจนันท์ มาไพศาลสิน
ตำแหน่ง	นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด แขนงวิชา กายภาพบำบัดในเด็ก คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน)	คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
(ที่บ้าน)	444/164 condolette ize ราชเทวี ถนนเพชรบุรี แขวงถนนเพชรบุรี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านและเด็กในปกครองของท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านและเด็กในปกครองของท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา กรณีที่เด็กในปกครองของท่านไม่สามารถอ่านข้อความได้เอง ท่านและ/หรือผู้วิจัยจะต้องอธิบายรายละเอียดตามที่ปรากฏด้านล่างนี้ให้แก่เด็กในปกครองของท่าน

2. โครงการนี้เป็นโครงการศึกษาการเคลื่อนไหวของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น โดยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ (Motion analysis system) เพื่อศึกษาความแตกต่างทางการเคลื่อนไหวของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลักษณะของกลุ่มประชากรที่คัดเข้าสู่การวิจัย

- 1) เด็กไทยสุขภาพแข็งแรง อายุ 4-12 ปี
- 2) ความสูง และน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- 3) สามารถทำตามคำสั่งได้
- 4) ไม่มีประวัติ การแพ้เทปกาว
- 5) ไม่มีประวัติความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น อากาซิก อากาซา หรือกล้ามเนื้ออ่อนแรง



เลขที่โครงการวิจัย..... 1071/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560



- 6) ไม่มีความผิดปกติทางระบบกระดูก และกล้ามเนื้อที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการลุกขึ้นยืนและการลงนั่ง เช่น มีอาการปวดตามส่วนต่างๆของร่างกาย ข้อต่อมีการจำกัดการเคลื่อนไหว กระดูกแขน ขา หรือหลังผิดรูป หรือความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันมากกว่า 2 เซนติเมตร
- 7) ไม่มีความผิดปกติด้านการมองเห็น หรือสามารถแก้ไขได้ด้วยการใส่แว่นสายตา

ลักษณะของกลุ่มประชากรที่คัดออกจากการวิจัย

- 1) รับประทานที่ส่งผลให้เกิดอาการง่วงนอน ก่อนการทดสอบ 24 ชั่วโมง
- 2) ไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบได้ครบถ้วนทุกขั้นตอน

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาในเด็กที่มีช่วงอายุระหว่าง 4-12 ปี และผู้ใหญ่ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวนทั้งหมด 80 คน แบ่งเป็น 4 ช่วงอายุ คือ 4-6, 7-9, 10-12 และ 18-25 ปี กลุ่มละ 20 คน โดยมีจำนวนเพศชายและหญิงเท่ากัน เด็กผู้เข้าร่วมการวิจัยได้จากการประชาสัมพันธ์ผ่านโรงเรียนในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนจะต้องได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองก่อนเข้าร่วมงานวิจัย



#### 4. กระบวนการวิจัย

หากท่านตัดสินใจให้เด็กในปกครองของท่านเข้าร่วมวิจัย จะมีขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

4.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ท่านทางโทรศัพท์เพื่อคัดกรองเบื้องต้นเกี่ยวกับประวัติสุขภาพ น้ำหนัก และส่วนสูงปัจจุบันของเด็กในปกครองของท่านซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 5 – 10 นาที หากผ่านเกณฑ์การคัดกรองเบื้องต้น ผู้วิจัยจะทำการนัดหมายท่านเพื่อนำเด็กในปกครองของท่านมารับการตรวจประเมินและการทดสอบวิเคราะห์การเคลื่อนไหวลุกขึ้นยืน และลงนั่ง ณ ห้องปฏิบัติการวิจัย การควบคุมและการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 2 คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามวันและเวลาที่ท่านสะดวก

4.2 เมื่อถึงวันนัดหมาย เด็กที่เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการวัดความยาวขาทั้งสองข้าง หากขาทั้งสองข้างยาวต่างกันไม่เกิน 2 เซนติเมตร เด็กที่เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการชั่งน้ำหนัก การวัดส่วนสูง และการวัดความสูงขณะนั่ง และเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่ง แต่หากความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันมากกว่า 2 เซนติเมตร ผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดจะทำการตรวจประเมินเพิ่มเติมทางกายภาพบำบัด และคำปรึกษาต่อไป

4.3 ก่อนเริ่มการทดสอบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่ง โดยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ (Motion analysis system) ท่านและเด็กที่เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับการอธิบายร่วมกับสาธิตขั้นตอนการทดสอบอย่างละเอียด โดยก่อนการทดสอบเด็กทุกคนจะถูกขอให้

เปลี่ยนเสื้อผ้าเป็นชุดเสื้อกล้าม กางเกงขาสั้น และหมวกว่ายน้ำที่พอดีตัว ที่ผู้วิจัยได้จัดเตรียมไว้ให้ ในห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ซึ่งเป็นห้องที่มีฉากกั้นสองด้านเข้ามุมกับกำแพงสำหรับเปลี่ยนชุด

และได้รับการติดเครื่องหมายสะท้อนแสงตามปุ่มกระดูกของแขนและขาทั้งสองข้าง ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ กระดูกเชิงกราน ต้นขา ข้อเท้า หน้าแข้ง ตาตุ่ม และเท้า เป็นต้น

4.4 ในการเก็บข้อมูล เด็กจะถูกขอให้ลุกขึ้นยืนและลงนั่งตามขั้นตอนดังนี้ เมื่อเด็กได้ยินสัญญาณจากผู้วิจัยว่า “พร้อม ลุกขึ้นยืน” เด็กจะต้องลุกขึ้นยืนด้วยความเร็ว และท่าทางปกติที่เด็กเลือกเอง จากนั้นยืนตรงเป็นเวลา 5 วินาที และเมื่อได้ยินสัญญาณจากผู้วิจัยอีกครั้งว่า “พร้อม นั่งลง” เด็กจะต้องนั่งลงบนเก้าอี้ ด้วยความเร็ว และท่าทางปกติที่เด็กเลือกเอง โดยท่าเริ่มต้นคือท่ายืนมือ กอดอกและเท้าวางราบกับพื้นโดยที่มือต้องกอดอกตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ ความสูงของม้านั่งจะถูกปรับให้เหมาะสมกับเด็กแต่ละคน ก่อนการเก็บข้อมูลเด็กจะได้ฝึกซ้อมการลุกขึ้นยืน และนั่งลงจนกระทั่งเด็กคุ้นเคยกับขั้นตอนการเก็บข้อมูล จากนั้น ผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่งที่สมบูรณ์จำนวน 3 ครั้ง ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสำหรับเด็กแต่ละคนประมาณ 30-40 นาที

4.5 ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องวิดีโอจากเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ (Motion analysis system) เพื่อดูการเคลื่อนไหวต่างๆของร่างกายเพื่อศึกษาชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่ง โดยภาพวิดีโอจะนำไปใช้การศึกษา แต่จะไม่มีการนำไปเผยแพร่โดยเด็ดขาด ทั้งนี้ผู้วิจัยขออนุญาตเก็บภาพวิดีโอไว้ เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไปในอนาคตหากอาสาสมัครไม่ต้องการให้เก็บภาพวิดีโอไว้ ผู้วิจัยจะทำลายภาพวิดีโอหลังสิ้นสุดงานวิจัย

5. การลงนามแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมงานวิจัยนี้ กรณีที่เด็กในปกครองของท่านไม่สามารถเขียนชื่อของตนเองได้ จะใช้การประทับลายนิ้วหัวแม่มือขวาในช่องสี่เหลี่ยมแทนการลงนามเป็นลายลักษณ์อักษร

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยนั้น หากพบว่าเด็กในปกครองของท่านไม่อยู่ในเกณฑ์การคัดเข้า หรือพบเห็นสิ่งผิดปกติในเด็กที่ได้รับการตรวจประเมิน และการทดสอบ ทางผู้วิจัยจะแจ้งท่านให้รับทราบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำเบื้องต้นในการจัดการสิ่งผิดปกติที่พบแก่ท่านต่อไป

7. ในการวิจัยครั้งนี้ เด็กที่เข้าร่วมการวิจัยมีความเสี่ยงน้อยที่จะได้รับอันตรายจากการเข้าร่วมการทดสอบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่ง ซึ่งเด็กอาจมีโอกาสมิฉะนั้นที่จะมีอาการกระดูกหักหรือแพ้น้ำยาที่ใช้ในการติดเครื่องหมายสะท้อนแสงได้ หากเกิดผลไม่พึงประสงค์ เด็กผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการดูแลรักษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น



ศูนย์โครงการวิจัย 107-1/59  
วันที่รับรอง 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ 20 ก.ย. 2560

8. ประโยชน์ที่ท่านและเด็กในปกครองของท่านจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยนี้ คือ การตรวจประเมินพัฒนาการจากการวัดสัดส่วนของร่างกาย และความสามารถในการลุกขึ้นยืนและนั่งลง ซึ่งท่านสามารถใช้เป็นข้อมูลในการดูแลสุขภาพเด็กในการปกครองของท่านต่อไป นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจประเมินพัฒนาการของการลุกขึ้นยืนและนั่งลงในประชากรเด็กที่มีอายุระหว่าง 4-12 ปี เพื่อประเมินการเคลื่อนไหวเบื้องต้นว่าเด็กที่มีพัฒนาการด้านการเคลื่อนไหวลุกขึ้นยืน และลงนั่งเหมาะสมตามอายุหรือไม่

9. การเข้าร่วมในการวิจัยนี้เป็นโดยความสมัครใจ หากท่านหรือเด็กในปกครองของท่านที่เข้าร่วมวิจัยมีความลำบากใจ หรือไม่พร้อมในการเข้าร่วมวิจัย ท่านและเด็กในปกครองของท่านสามารถถอนตัวจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า การไม่เข้าร่วมการวิจัย หรือการถอนตัวจากการวิจัยจะไม่มีผลกระทบต่อท่านและเด็กในปกครองของท่าน

10. หากท่านมีความสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ข้อมูลส่วนตัวของเด็กผู้เข้าร่วมวิจัยที่ได้จากการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ผลจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม โดยข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นรายบุคคลอาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้ามาตรวจสอบได้ เช่น ผู้ให้ทุนวิจัย สถาบัน หรือองค์กรของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบ คณะกรรมการจริยธรรมฯ เป็นต้น

12. การเข้าร่วมงานวิจัยนี้จะมีการจ่ายค่าชดเชยการเสียเวลาจำนวน 300 บาท (สามร้อยบาทถ้วน) และของที่ระลึกคือชุดสมุดวาดภาพระบายสี ให้แก่เด็กที่เข้าร่วมงานวิจัยเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: [eccu@chula.ac.th](mailto:eccu@chula.ac.th)



สาขาโครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

## APPENDIX C

## PARTICIPANT' INFORMATION SCREENING SHEET (ADULT)

AF 04-07

## ข้อมูลสำหรับผู้ใหญ่ที่เข้าร่วมวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวพจนันท์ มาไพศาลสิน
ตำแหน่ง	นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด แขนงวิชากายภาพบำบัดในเด็ก คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	
(ที่ทำงาน)	คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
(ที่บ้าน)	444/164 condolette ize ราชเทวี ถนนเพชรบุรี แขวงถนนเพชรบุรี เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เป็นโครงการศึกษาการเคลื่อนไหวของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น โดยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3มิติ (Motion analysis system) เพื่อศึกษาความแตกต่างทางการเคลื่อนไหวของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4 - 12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลักษณะของกลุ่มประชากรที่คัดเข้าสู่การวิจัย

- 1) ผู้ใหญ่ไทยสุขภาพแข็งแรง อายุ 18-25 ปี
- 2) ค่าดัชนีมวลกลายน้อยกว่า หรือเท่ากับ 22.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
- 3) สามารถทำตามคำสั่งได้
- 4) ไม่มีประวัติ การแพ้เทปกาว



เอกสารโครงการวิจัย..... 107-1/5a  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
รับอนุมัติ..... 20 ก.ย. 2559

AF 04-07

- 5) ไม่ประวัติความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น อาการชัก อาการขา หรือ กล้ามเนื้ออ่อนแรง
- 6) ไม่มีความผิดปกติทางระบบกระดูก และกล้ามเนื้อที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการลุกขึ้นยืน และลงนั่ง เช่น มีอาการปวดตามส่วนต่างๆของร่างกาย ข้อต่อมีการจำกัดการเคลื่อนไหว กระดูกแขน ขา หรือหลังผิดปกติ หรือความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันมากกว่า 2 เซนติเมตร
- 7) ไม่มีความผิดปกติด้านการมองเห็น หรือสามารถแก้ไขได้ด้วยการใส่แว่นสายตา

#### ลักษณะของกลุ่มประชากรที่คัดออกจากรวิจัย

- 1) รับประทานที่ส่งผลให้เกิดอาการง่วงนอน ก่อนการทดสอบ 24 ชั่วโมง
- 2) ไม่สามารถเข้าร่วมการทดสอบได้ครบถ้วนทุกขั้นตอน

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาในเด็กที่มีช่วงอายุระหว่าง 4-12 ปี และผู้ใหญ่ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวนทั้งหมด 80 คน แบ่งเป็น 4 ช่วงอายุ คือ 4-6, 7-9, 10-12 และ 18-25 ปี กลุ่มละ 20 คน โดยมีจำนวนเพศชายและหญิงเท่ากัน ซึ่งจะทำการศึกษาเก็บข้อมูลที่ห้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 2 คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4. กระบวนการวิจัย

หากท่านตัดสินใจเข้าร่วมวิจัย จะมีขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

4.1 ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ท่านทางโทรศัพท์เพื่อคัดกรองเบื้องต้นเกี่ยวกับประวัติสุขภาพ น้ำหนัก และส่วนสูงปัจจุบันของท่านซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 5 – 10 นาที หากผ่านเกณฑ์การคัดกรองเบื้องต้น ผู้วิจัยจะทำการนัดหมายท่านเพื่อมารับการตรวจประเมินและการทดสอบวิเคราะห์การเคลื่อนไหวลุกขึ้นยืน และลงนั่ง ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยการควบคุมและการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 2 คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตามวันและเวลาที่ท่านสะดวก

4.2 เมื่อถึงวันนัดหมาย ท่านจะได้รับการวัดความยาวขาทั้งสองข้าง หากขาทั้งสองข้างยาวต่างกันไม่เกิน 2 เซนติเมตร ท่านจะได้รับการชั่งน้ำหนัก การวัดส่วนสูง และการวัดความสูงขณะนั่ง และเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่ง แต่หากความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันมากกว่า 2 เซนติเมตร ผู้วิจัยซึ่งเป็นที่ปรึกษาภาพบำบัดจะทำการตรวจประเมินเพิ่มเติมทางกายภาพบำบัด และคำปรึกษาต่อไป



เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

4.3 ก่อนเริ่มการทดสอบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่ง โดยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ (Motion analysis system) ท่านจะได้รับการอธิบายร่วมกับสาธิตขั้นตอนการทดสอบอย่างละเอียด โดยก่อนการทดสอบท่านจะเปลี่ยนเสื้อผ้าเป็นชุดเสื้อกล้าม กางเกงขาสั้น และหมวกว่ายน้ำที่พอดีตัว ที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ให้ ในห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า ซึ่งเป็นห้องที่มีฉากกันสองด้านเข้ามุกกับกำแพงสำหรับเปลี่ยนชุด และได้รับการติดเครื่องหมายสะท้อนแสงตามปุ่มกระดูกของแขนและขาทั้งสองข้าง ได้แก่ ข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ กระดูกเชิงกราน ต้นขา ข้อเข่า หน้าแข้ง ตาตุ่ม และเท้า เป็นต้น

4.4 ในการเก็บข้อมูล ท่านจะถูกขอให้ลุกขึ้นยืนและลงนั่งตามขั้นตอนดังนี้ เมื่อท่านได้ยินสัญญาณจากผู้วิจัยว่า “พร้อม ลุกขึ้นยืน” ท่านจะต้องลุกขึ้นยืนด้วยความเร็ว และท่าทางปกติที่ท่านเลือกเอง จากนั้นยืนตรงเป็นเวลา 5 วินาที และเมื่อได้ยินสัญญาณจากผู้วิจัยอีกครั้งว่า “พร้อม นั่งลง” ท่านจะต้องนั่งลงบนเก้าอี้ ด้วยความเร็ว และท่าทางปกติที่ท่านเลือกเอง โดยท่าเริ่มต้นคือท่านั่งมือกอดอกและเท้าวางราบกับพื้นโดยที่มือต้องกอดอกตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ ความสูงของม้านั่งจะถูกปรับให้เหมาะสมตามความสูงของแต่ละคน ก่อนการเก็บข้อมูลท่านจะได้ฝึกซ้อมการลุกขึ้นยืน และนั่งลงจนกระทั่งคุ้นเคยกับขั้นตอนการเก็บข้อมูล จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่งที่สมบูรณ์จำนวน 3 ครั้ง ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสำหรับแต่ละคนประมาณ 30-40 นาที

4.5 ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยมีความจำเป็นต้องถ่ายภาพเคลื่อนไหวด้วยกล้องวิดีโอเพื่อดูการเคลื่อนไหวต่างๆของร่างกายเพื่อศึกษาชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่ง โดยภาพวีดิโอนี้จะนำไปใช้การศึกษาแต่จะไม่มีนำไปเผยแพร่โดยเด็ดขาด ทั้งนี้ผู้วิจัยขออนุญาตเก็บภาพวีดิโอไว้เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไปในอนาคตหากอาสาสมัครไม่ต้องการให้เก็บภาพวีดิโอไว้ ผู้วิจัยจะทำลายภาพวีดิโอหลังสิ้นสุดงานวิจัย

5. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยนั้น หากพบว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่อยู่ในเกณฑ์การคัดเข้า หรือพบเห็นสิ่งผิดปกติในผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ได้รับการตรวจประเมิน และการทดสอบ ทางผู้วิจัยจะแจ้งผู้เข้าร่วมการวิจัยรับทราบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และคำปรึกษาการเข้ารับการตรวจประเมินโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแก่ท่านต่อไป

6. ในการวิจัยครั้งนี้ ท่านความเสี่ยงน้อยที่จะได้รับอันตรายจากการเข้าร่วมการทดสอบการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าลุกขึ้นยืนและลงนั่ง ซึ่งท่านอาจมีโอกาสมิ้อการการระคายเคืองหรือแพ้เทปกาวที่ใช้ในการติดเครื่องหมายสะท้อนแสงได้ หากเกิดผลไม่พึงประสงค์ ท่านจะได้รับการดูแลรักษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น


 เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
 วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
 วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

7. ประโยชน์ที่ท่านจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยนี้ คือ การตรวจประเมินสัดส่วนของร่างกาย และความสามารถในการลุกขึ้นยืนและนั่งลง นอกจากนี้ ผลการศึกษาที่ได้จากการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจประเมินพัฒนาการของการลุกขึ้นยืนและนั่งลงใน ประชากรเด็กที่มีอายุระหว่าง 4-12 ปี เพื่อประเมินการเคลื่อนไหวเบื้องต้นว่าเด็กที่มีพัฒนาการ ด้านการเคลื่อนไหวลุกขึ้นยืน และลงนั่งเหมาะสมตามอายุหรือไม่

8. การเข้าร่วมในการวิจัยนี้ เป็นโดยความสมัครใจ หากผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความลำบากใจ หรือไม่พร้อมในการเข้าร่วม สามารถถอนตัวจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบ ล่วงหน้า การไม่เข้าร่วมการวิจัย หรือถอนตัวจะไม่มีผลกระทบต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย

9. หากท่านมีความสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และ หากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่าง รวดเร็ว

10. ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ได้จากการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ผลจะถูกเก็บ รักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยเป็นภาพรวม โดยข้อมูลของ ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นรายบุคคลอาจมีคณะบุคคลบางกลุ่มเข้ามาตรวจสอบได้ เช่น ผู้ให้ทุนวิจัย สถาบัน หรือองค์กรของรัฐที่มีหน้าที่ตรวจสอบ คณะกรรมการจริยธรรมฯ เป็นต้น

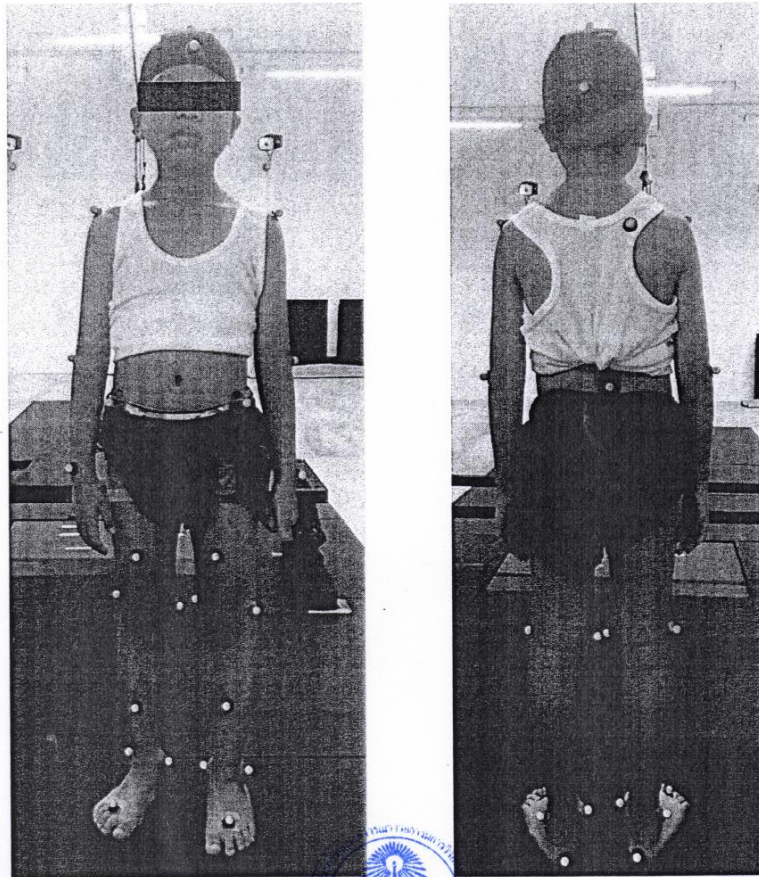
11. การเข้าร่วมงานวิจัยนี้จะมีการจ่ายค่าชดเชยการเสียเวลาจำนวน 300 บาท (สามร้อย บาทถ้วน) ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ

12. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการ พิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคาร จามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: [eccu@chula.ac.th](mailto:eccu@chula.ac.th)



เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

AF 04-07



107-1/59  
เลขที่โครงการวิจัย.....  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560



APPENDIX D  
INFORM CONSENT FORM (PARENT)

AF06-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
สำหรับพ่อแม่ ผู้ปกครอง และผู้อยู่ในปกครอง

ทำที่.....  
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....  
ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามทำหนังสือนี้ เกี่ยวข้องเป็น (โปรดระบุเป็น พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล  
ของ(ชื่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย).....) ขอแสดงความ  
ยินยอมให้ผู้ที่อยู่ในการปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืนและการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และ  
ผู้ใหญ่ตอนต้น

ชื่อผู้วิจัย นางสาวพจนันท์ มาไพศาลสิน

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

(ที่ทำงาน)

ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน)

444/164 condolette ize ราชเทวี ถนนเพชรบุรี แขวงถนนเพชรบุรี  
เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์มือถือ 081-010-5554

E-mail: mickey\_dicklemy@hotmail.com

ข้าพเจ้าและผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับ  
ที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ  
ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดใน  
เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และได้รับ  
คำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้  
ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดย  
ข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า

ข้าพเจ้ามีสิทธิให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าหรือเป็นความประสงค์ของผู้ที่อยู่ใน  
ปกครอง/ในความดูแล ถอนตัวออกจากกรวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัว  
ออกจากกรวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าและ  
ตัวข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า  
ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่อยู่ในปกครอง/  
ในความดูแลของข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลจากการวิจัยเป็น  
ภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแล  
ของข้าพเจ้าและตัวข้าพเจ้า



เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

AF06-07

หากผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าและผู้ที่อยู่ในปกครองเข้าใจข้อความในข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมโดยตลอดแล้ว ได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อหรือประทับลายนิ้วหัวแม่มือขวาในช่องสี่เหลี่ยม

(นางสาวพนันท์ มาไพศาลสิน)

ผู้วิจัยหลัก



เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1759

วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559

วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

APPENDIX E  
INFORM CONSENT FORM (ADULT)

AF06-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยสำหรับผู้ใหญ่

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และ  
ผู้ใหญ่ตอนต้น

ชื่อผู้วิจัย นางสาวพจนันท์ มาไพศาลสิน

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

(ที่ทำงาน) ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

(ที่บ้าน) 444/164 condolette ize ราชเทวี ถนนเพชรบุรี แขวงถนนเพชรบุรี  
เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์มือถือ 081-010-5554

E-mail: mickey\_dicklemy@hotmail.com

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียด  
ขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้น  
จากการวิจัยเรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้  
มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับ  
กลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมตอบคำถามเกี่ยวกับประวัติ  
สุขภาพเบื้องต้น และเข้ารับการทดสอบการเคลื่อนไหวของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติ  
อายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 30 - 45 นาที

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออก  
จากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติตามข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจง  
ผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะ



ชื่อโครงการวิจัย..... 107-1/59

วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559

วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

1/2

V.2.4/2558

AF06-07

นำเสนอข้อมูลจากการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวของข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้า ไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าเข้าใจข้อความในข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมโดยตลอดแล้ว ได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....  
 (นางสาวพจนันท์ มาไพศาลสิน) (.....)  
 ผู้วิจัยหลัก ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย  
  
 เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59 ..... ลงชื่อ.....  
 วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559 ..... (.....)  
 วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560 ..... พยาน

APPENDIX F  
SCREENING QUESTIONNAIRE FOR CHILDREN

Participant no. ....

แบบบันทึกข้อมูลสำหรับเด็ก

ชื่อโครงการวิจัย ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่  
ตอนต้น  
Biomechanics of sit-to-stand and stand-to-sit in typical children aged  
4-12 years and young adults

ส่วนที่ 1

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย .....

อายุ ..... ปี ..... เดือน

เพศ  ชาย  หญิง

น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร

น้ำหนัก และส่วนสูงเหมาะสมตามอายุ  ใช่  ไม่ใช่

ความยาวขา: ข้างซ้าย ..... เซนติเมตร ข้างขวา ..... เซนติเมตร

ความแตกต่างของความยาวขาทั้งสองข้าง ..... เซนติเมตร  ปกติ (< 2 ซม.)  ผิดปกติ

เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560



## ส่วนที่ 2

- |   | ใช่                      | ไม่ใช่                   |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. เด็กมีประวัติเกี่ยวกับ อาการแพ้เพปติคผิวหนัง   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. เด็กมีประวัติเกี่ยวกับปัญหาทางการได้ยิน  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. เด็กมีปัญหาทางการสายตา ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยแว่นสายตา หรือคอนแทคเลนส์                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. เด็กมีอาการปวดบริเวณ แขน ขา หรือหลัง   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. เด็กมีประวัติความผิดปกติ ของระบบประสาท เช่น อาการชัก อาการขาหรือกล้ามเนื้ออ่อนแรง                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. เด็กมีการจำกัดการเคลื่อนไหวตามข้อต่อบริเวณแขน ขา หรือหลัง หรือมีการผิดปกติของข้อต่ออย่างเห็นได้ชัด | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. ในวันที่ทำการทดสอบ เด็กรู้สึกไม่สบายหรือมีความเจ็บป่วย   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. ภายใน 24 ชั่วโมง เด็กได้รับยาที่ทำให้รู้สึกง่วง เช่น ยาคลายกล้ามเนื้อ ยาลดน้ำมูก เป็นต้น           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
 วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
 วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

สรุปผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ผ่านเกณฑ์       ไม่ผ่านเกณฑ์

.....  
 ผู้คัดกรอง

APPENDIX G  
SCREENING QUESTIONNAIRE FOR ADULTS

Participant no. ....

แบบบันทึกข้อมูลสำหรับผู้ใหญ่

ชื่อโครงการวิจัย ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่

ตอนต้น

Biomechanics of sit-to-stand and stand-to-sit in typical children aged

4-12 years and young adults

ส่วนที่ 1

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย .....

วัน/เดือน/ปี เกิด ..... อายุ ..... ปี ..... เดือน

เพศ  ชาย  หญิง

น้ำหนัก ..... กิโลกรัม ส่วนสูง ..... เซนติเมตร

ค่าดัชนีมวลกาย ..... กก./ม.<sup>2</sup>  น้ำหนักปกติ ( $\leq 22.9$  กก./ม.<sup>2</sup>)  น้ำหนักเกิน

ความยาวขา: ข้างซ้าย ..... เซนติเมตร ข้างขวา ..... เซนติเมตร

ความแตกต่างของความยาวขาทั้งสองข้าง ..... เซนติเมตร  ปกติ ( $< 2$  ซม.)  ผิดปกติ

เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560



## ส่วนที่ 2

- |   | ใช่                      | ไม่ใช่                   |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. มีประวัติเกี่ยวกับ อาการแพ้เห็ดติดผิวหนัง  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. มีประวัติเกี่ยวกับปัญหาทางการได้ยิน  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. มีปัญหาทางการสายตา ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยแว่นสายตา หรือคอนแทคเลนส์                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. มีอาการปวดบริเวณ แขน ขา หรือหลัง   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. มีประวัติความผิดปกติ ของระบบประสาท เช่น อาการชัก อาการขา หรือกล้ามเนื้ออ่อนแรง                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. มีการจำกัดการเคลื่อนไหวตามข้อต่อบริเวณแขน ขา หรือหลัง หรือมีการผิดปกติของข้อต่ออย่างเห็นได้ชัด | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. ในวันที่ทำการทดสอบ รู้สึกไม่สบายหรือมีความเจ็บป่วย   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. ภายใน 24 ชั่วโมง ท่านได้รับยาที่ทำให้รู้สึกง่วง เช่น ยาคลายกล้ามเนื้อ ยาลดน้ำมูก เป็นต้น       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันหมดอายุ..... 20 ก.ย. 2560

สรุปผลการคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ผ่านเกณฑ์                       ไม่ผ่านเกณฑ์

.....  
ผู้คัดกรอง



APPENDIX H  
DATA COLLECTION SHEET

Participant no. ....

แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร

โครงการวิจัยเรื่อง

(ภาษาไทย) ชีวกลศาสตร์ของการลุกขึ้นยืน และการลงนั่งในเด็กปกติอายุ 4-12 ปี และผู้ใหญ่ตอนต้น

(ภาษาอังกฤษ) Biomechanics of sit-to-stand and stand-to-sit in typical children aged 4-12 years and young adults

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย .....

เพศ  ชาย  หญิง อายุ.....ปี.....เดือน  
น้ำหนัก.....กก. ส่วนสูง.....ซม.

การตรวจร่างกาย

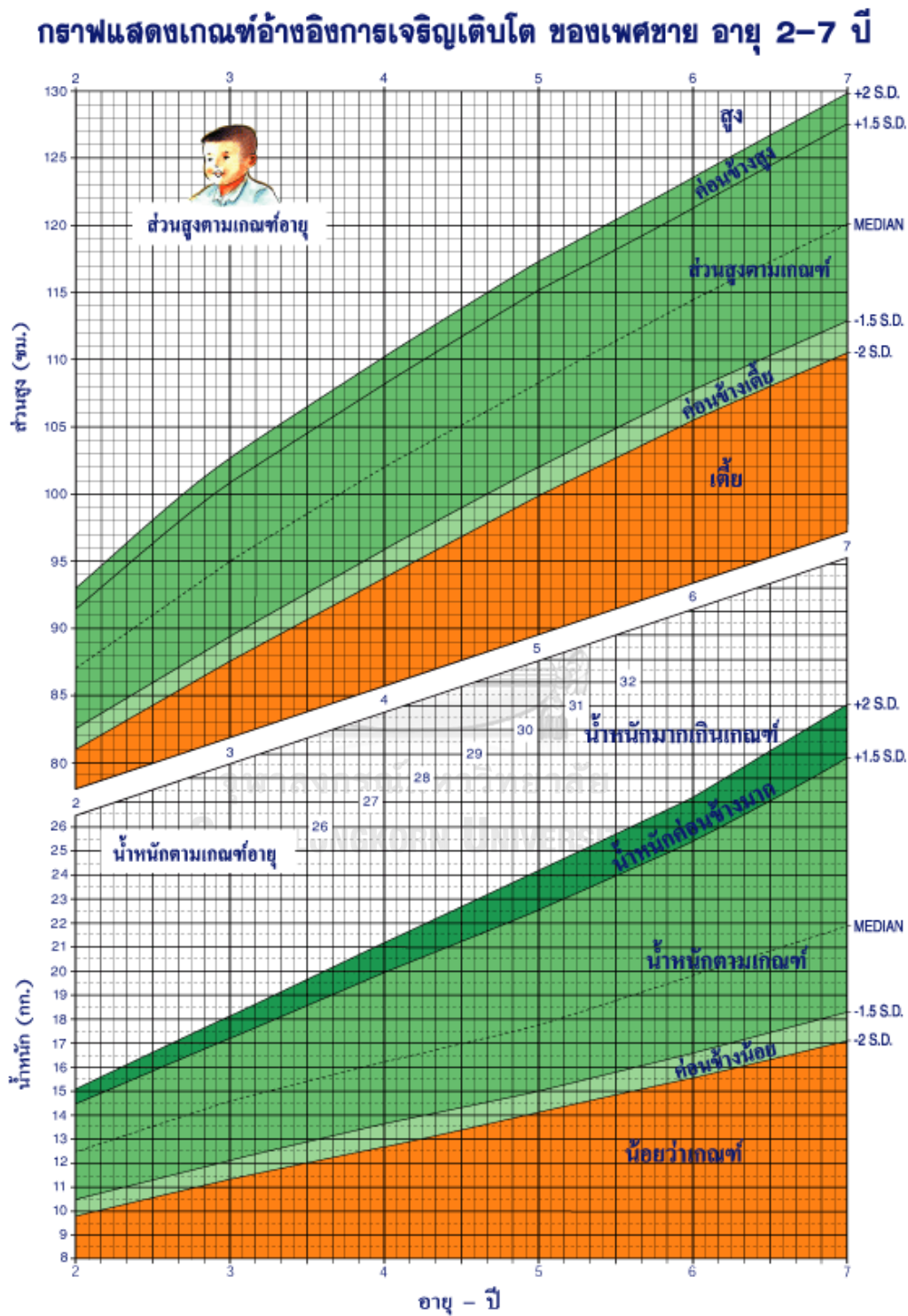
ค่า	ขวา (ซม.)	ซ้าย (ซม.)
1. Lower leg length for chair height (knee joint space to floor)		
2. Sitting height		
3. Upper leg length		
4. Lower leg length		
5. Foot length		
6. Foot width		
7. ASIS width		



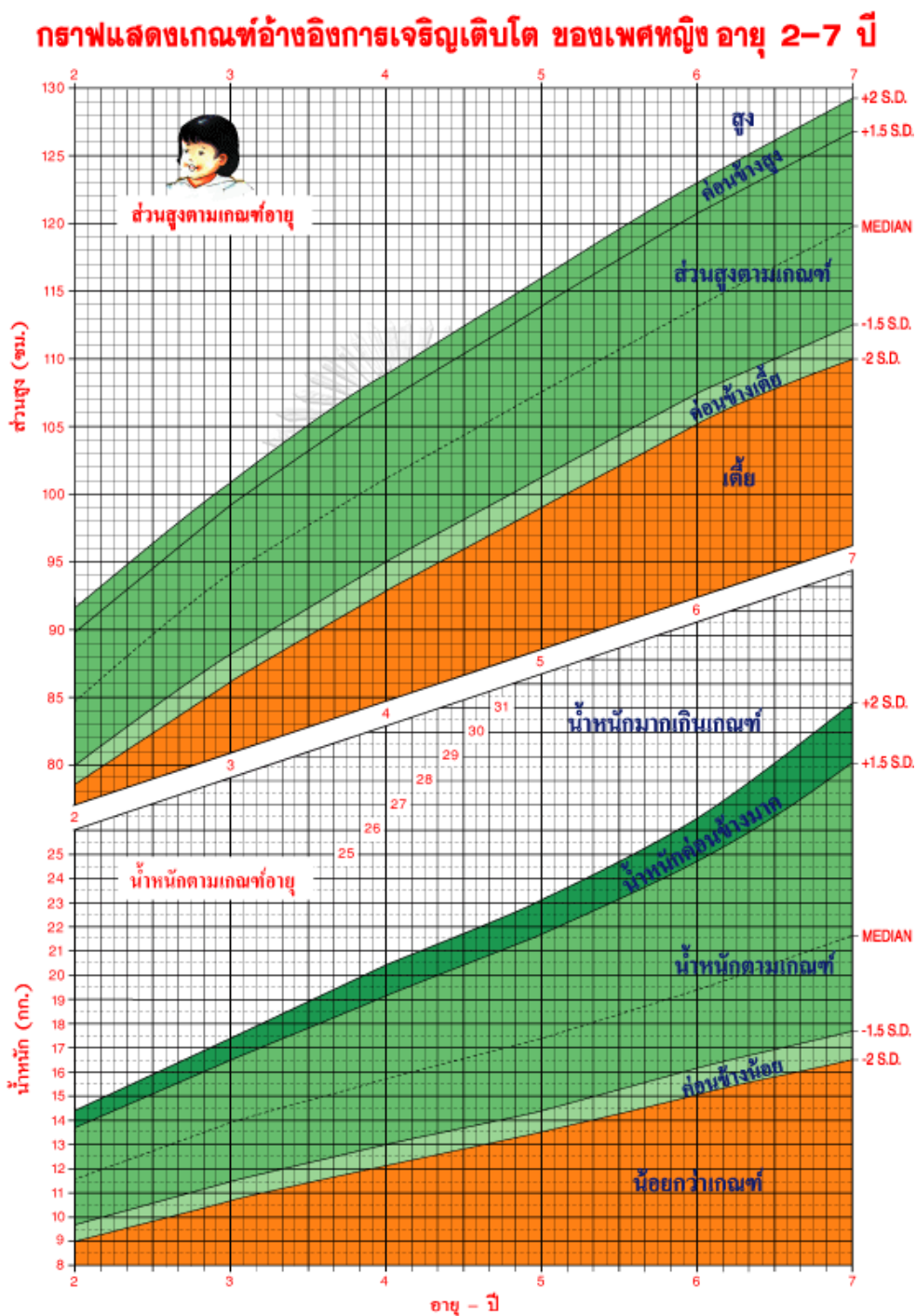
เลขที่โครงการวิจัย..... 107-1/59  
วันที่รับรอง..... 21 ก.ย. 2559  
วันทบทวนอายุ..... 20 ก.ย. 2560

APPENDIX I  
THAI CHILDREN'S GROWTH CHART

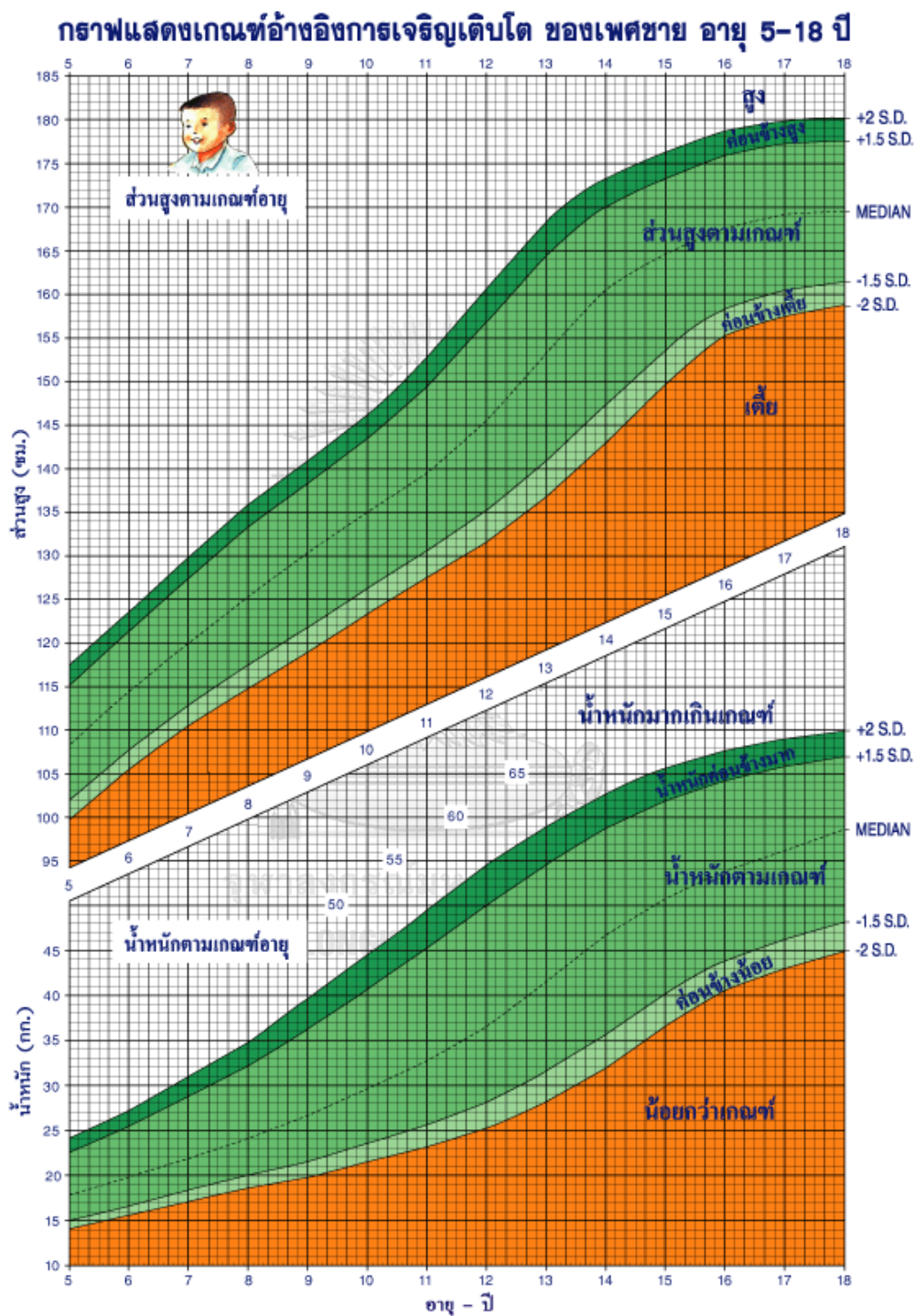
The Thai children's growth chart boys aged between 2-7 years old was developed by Department of Health, the Thai Ministry of Public Health



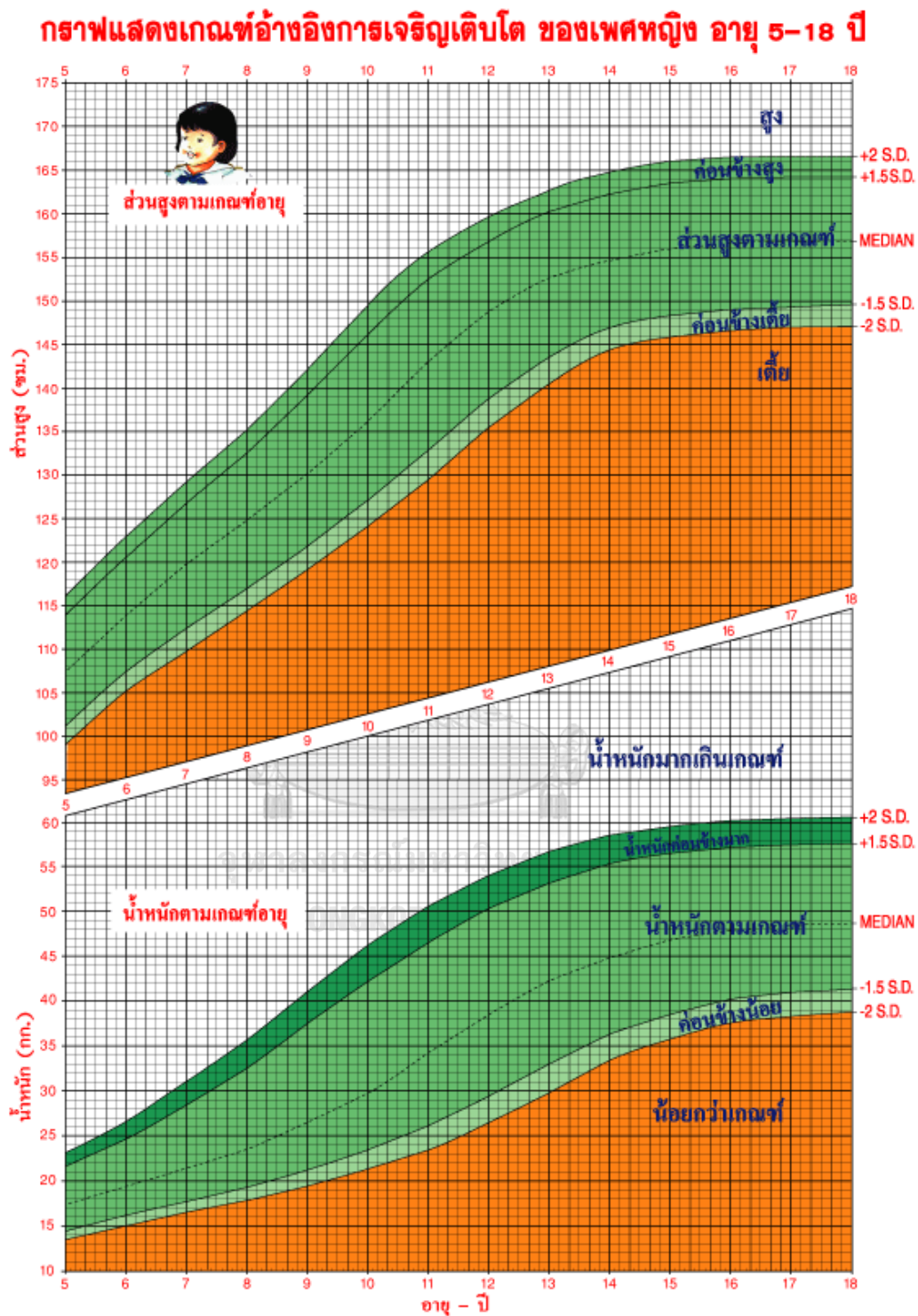
The Thai children's growth chart girls aged between 2-7 years old was developed by Department of Health, the Thai Ministry of Public Health



The Thai children's growth chart boys aged between 5-18 years old was developed by Department of Health, the Thai Ministry of Public Health



The Thai children's growth chart for girls aged between 5-18 years old was developed by Department of Health, the Thai Ministry of Public Health



APPENDIX J  
SAMPLE SIZE CALCULATION

The sample size was calculated by G\*Power version 3.1.9.2. The calculation of sample size based on the result from the pilot study. The power ( $1-\beta$  err prob) was set at 80%. The alpha (err prob) was set at 0.05. The effect size was calculated from mean of each independent variable. The independent variable of sit-to-stand and stand-to-sit movement was described as followed:

**Table j.1** Sample size of the study in each parameter

Independent variable	Effect size	Total sample size
<b>Sit-to-stand movement</b>		
- Total time of movement	0.225	36
- The hip joint angular position: the point at maximal hip flexion	11.525	84
- The ankle joint angular position: the point at maximal ankle dorsiflexion	6.354	36
- The peak hip flexion angular velocity	27.429	80
- The peak hip extension angular velocity	65.568	36
- The peak knee extension angular velocity	53.920	32
- The peak ankle dorsiflexion angular velocity	52.929	40
- The peak ankle plantarflexion angular velocity	46.678	88

**Stand-to-sit movement**

Independent variable	Effect size	Total sample size
- Total time of movement	0.2153	48
- The hip joint angular position: the point at maximal hip flexion	11.197	120
- The ankle joint angular position: the point at maximal ankle dorsiflexion	6.874	40
- The peak hip flexion angular velocity	46.089	32
- The peak hip extension angular velocity	40.964	92
- The peak knee flexion angular velocity	42.156	60
- The peak knee extension angular velocity	32.877	56
- The peak ankle dorsiflexion angular velocity	16.158	88
- The peak ankle plantarflexion angular velocity	29.287	36

## APPENDIX K

## RELIABILITY



การประชุมวิชาการแสดงผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 2560  
วันที่ 10 มีนาคม 2560 ณ อาคารศูนย์ สรสมิณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

MMP19

**Reliability of Three-dimensional Kinematic Measurement during Sit-to-stand  
in Healthy Young Adults and Typical Children**

**ความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่านั่งลุกขึ้นยืน ด้วยเครื่องวิเคราะห์  
การเคลื่อนไหว 3 มิติ ในผู้ใหญ่ตอนต้น และเด็กปกติ**

Potjanun Mapaisansin (พจนันท์ มาไพศาลสิน)\* Duangpom Suriya-amarit (ดวงพร สุริยาอมฤตย์)\*\*

Dr.Sujitra Boonyong (ดร.สุจิตรา บุญหยง)\*\*\*

## ABSTRACT

The motion analysis system was a famous system to assess kinematic movement. However, the errors can influence from variability of people during repeatedly performed movement analysis, placement of markers, and movement of markers over the skin. Therefore, this study aimed to standardize the motion analysis protocol and determine the inter- and intra-tester reliability of three dimensional kinematic measurement of sit-to-stand (STS) in healthy young adults and inter-tester reliability in typical children. A motion analysis system was used to assess kinematic data of peak hip, knee, and ankle motion during STS movement for analyzing reliability. The intra-class correlation coefficient (ICC) was calculated the reliability. The result showed that all variables were good reliability for inter- and intra-tester reliability in both groups. This protocol was feasible analysis of three-dimensional motion of STS with minimize errors.

## บทคัดย่อ

เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ เป็นที่นิยมอย่างมากในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว แต่อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายของการเคลื่อนไหว ตำแหน่งการติดจุดสะท้อนแสง และการเคลื่อนไหวของจุดสะท้อนแสงบนผิวหนัง สามารถทำให้เกิดข้อผิดพลาดในขณะเก็บข้อมูลได้ ดังนั้น ในการศึกษาที่ต้องการสร้างมาตรฐานของวิธีการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ และการศึกษาความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน ความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมิน ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่านั่งลุกขึ้นยืนของผู้ใหญ่ตอนต้น และการศึกษาความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ประเมินในเด็กปกติ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ (Motion analysis system) ในการหาค่าสูงสุดของมุมข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หาค่าความน่าเชื่อถือ ผลการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน และระหว่างผู้ประเมินทุกค่าตัวแปรอยู่ในเกณฑ์ดี ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติสามารถใช้วิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่านั่งลุกขึ้นยืน โดยเกิดความคลาดเคลื่อนของการวัดในระดับต่ำ

**Keywords:** Reliability, Sit-to-stand, Motion analysis

**คำสำคัญ:** การหาความน่าเชื่อถือ นั่งลุกขึ้นยืน เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 3 มิติ

\* Student, Master of Science Program in Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University

\*\* Student, Doctor of Philosophy Program in Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University

\*\*\* Assistant Professor, Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University





### Introduction

Over the years, three-dimensional motion analysis has become the most tools for both research and clinical assessment to describe kinematics of movement. However, the errors of motion analysis can influence by two main factors (Hopkins, 2000; Tsushima et al., 2003). The first factor is variability of people during repeatedly performed movement analysis. The second factor may occur in a part of measurement such as placement of markers across sessions (intra-tester) and across testers (inter-tester); movement of markers over the skin; and accuracy of motion analysis system (Hopkins, 2000; Tsushima et al., 2003; Stagni et al., 2005; Benoit et al., 2006; Peters et al., 2010). The errors caused by the second factor could be minimized by training the researcher and conducting inter- and intra-tester reliability test. For several studies, they have been investigated the reliability of kinematic data from three-dimensional motion analysis in various movements such as walking, running, etc. (Kadaba et al., 1989; Ferber et al., 2002; Tsushima et al., 2003; Collins et al., 2009).

Previous studies have showed that the movement of markers over the skin was affected by the tasks. The marker movement was greater in sit-to-stand and stand-to-sit tasks than stair climbing or step up/down movement (Stagni et al., 2005). Accordingly, for using the motion analysis system in sit-to stand (STS) movement in our further study, the motion analysis protocol has been developed. Hence, the inter- and intra-tester reliability three dimensional kinematic measurement should be determined to minimized errors associated with marker placement methods and procedure before performing the study. Therefore, the purpose of this study was to standardize the motion analysis protocol and determine the inter- and intra-tester reliability of three dimensional kinematic measures of STS movement in healthy young adults. After the reliabilities in healthy young adults were met the good level, the inter-tester reliability in typical children during STS movement was further evaluated.

### Objectives of the study

To standardize the motion analysis protocol and determine the inter- and intra-tester reliability of three dimensional kinematic measures of STS movement in healthy young adults.

To standardize the motion analysis protocol and determine the inter-tester reliability of three dimensional kinematic measures of STS movement in typical children.

### Methodology

This study was cross-sectional study design. All study protocols were approved by the Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University. The study procedure was fully explained to the participants. Then, the informed consent was obtained from them. All test in this study were carried out at the Motor Control and Motion Analysis Laboratory, department of Physical therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.



### Participants

A convenience sample of ten healthy young adults (5 females and 5 males) and ten typical children (6 females and 4 males) participated in this study (Collins et al., 2009). In young adult participants, Body mass index (BMI) were normal ( $\leq 23 \text{ kg/m}^2$ ) (World Health Organization [WHO], 2000). Their mean age, body weight and body height were  $25.4 \pm 3.89$  years,  $56.03 \pm 4.17$  kg and  $166.75 \pm 7.15$  cm, respectively. For typical children, their weight and height were appropriated with aged (Bureau of nutrition, department of health, ministry of public health, 1999). Their mean age, body weight and body height were  $7 \pm 1.89$  years,  $24.57 \pm 6.07$  kg and  $124.21 \pm 13.38$  cm, respectively. None of participants had a history of obvious musculoskeletal, neurological or any visual problem which affected ability to complete the STS task.

### Instrument

Motion analysis system (Motion Analysis Corp., Santa Rosa, CA) and Cortex software version 2.6.2 were used to capture the STS movement. The motion analysis consists of eight Raptor E cameras with frame rate at 120 Hz and speed shutter 1/1000 sec.

### Procedures

In healthy adult group, the test composed of 4 sessions with the same protocol conducted by tester 1 and tester 2, respectively. Both testers were physical therapists and be well trained the whole process of the three dimensional motion analysis of STS movement. Participants were required to wear tank top, shorts and swim cap. Each session started with marker placement. Twenty-nine reflective markers were attached on the body landmark of each participant by the tester. The positions of all reflective markers were described as Helen Hays marker set model including top, front and back of the head, bilateral tips of acromion process, bilateral lateral epicondyles of humerus, bilateral center between styloid process of radius and ulna, right scapular, bilateral anterior superior iliac spines (ASIS), superior aspect at L5 sacral interface, bilateral thighs, bilateral lateral femoral condyles, bilateral shanks, bilateral lateral malleoli, bilateral posterior calcaneus, bilateral center of foot between 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> metatarsals, bilateral median malleoli and bilateral medial femoral condyles (Orthotrack, 2009).

The participants were required to sit on adjustable height bench with arms crossed and feet shoulder width apart placed on the floor (Khemlani et al., 1999; Gillette, Stevermer, 2012). The height of bench was set at 100% of participant's lower leg length. The seat depth was set at 25% of participant's thigh length (Khemlani et al., 1999). Then, the participants were instructed to stand up from the chair with self-selected speed and did not allow to move their feet. After standing up, participants had to stand still for 5 seconds and then sit down. The three successful trials were collected. All markers were removed when finishing the data collection. In the 2<sup>nd</sup> session, the tester 2 repeated the whole process again after thirty minutes breaks within the same day. The 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> sessions were conducted in an identical manner for the same participant on the other day within one week.

After the inter- and intra-tester reliability in adult population was achieved a good level, the 1st and 2<sup>nd</sup> sessions were performed again in typical children group by tester 1 and tester 2, respectively.



#### Data processing and data analysis

The fourth order Butterworth digital filter at cut of frequency 6 Hz was filtered the kinematic data. The peak of hip flexion-extension, knee flexion-extension and ankle dorsiflexion-plantarflexion were computed for all further analyses. Two-way random intra-class correlation coefficient (ICC) was used to evaluate inter-tester reliability. Two-way mixed intra-class correlation coefficient was used to evaluate intra-tester reliability. The ICC values were interpreted as follows: the values less than 0.25 indicated no reliability, 0.25-0.50 indicated fair reliability, 0.51-0.75 indicated good reliability, and more than 0.75 indicated high reliability.

#### Results

The mean and standard deviation (SD) for peak hip, knee, and ankle motion in healthy young adults and typical children were presented on table 1 and table 3 respectively. For the result of inter-tester reliability in healthy adults and typical children were presented in table 2 and table 3 respectively. All joint angle motions, the inter-tester reliability showed that no systemic differences ( $p > 0.05$ ). The adult group, the ICC<sub>(2,3)</sub> values data were between 0.86 and 0.98 as presented in table 2. The typical children group, the ICC<sub>(2,3)</sub> values data were between 0.80 and 0.95 as presented in table 3.

For the intra-tester reliability, All joint angle motion were showed that no systemic differences ( $p > 0.05$ ). The adult group, the tester 1, the ICC<sub>(3,3)</sub> values data were between 0.83 and 0.96. The tester 2, the ICC<sub>(3,3)</sub> values data were between 0.85 and 0.96 as presented in table 2.

**Table 1** Mean  $\pm$  SD of peak hip, knee, and ankle motion in sagittal plane in healthy young adults.

Joint angle motion	Tester 1		Tester 2	
	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2
Peak hip flexion (°)	82.87 $\pm$ 9.50	83.58 $\pm$ 9.42	82.93 $\pm$ 9.10	84.7 $\pm$ 8.63
Peak hip extension (°)	6.95 $\pm$ 4.75	6.86 $\pm$ 5.05	7.23 $\pm$ 5.73	8.12 $\pm$ 4.74
Peak knee flexion (°)	82.55 $\pm$ 3.66	81.82 $\pm$ 3.14	83.18 $\pm$ 3.39	83.62 $\pm$ 3.67
Peak knee extension (°)	-5.41 $\pm$ 2.79	-5.96 $\pm$ 3.65	-4.43 $\pm$ 3.54	-4.18 $\pm$ 3.13
Peak ankle dorsiflexion (°)	83.58 $\pm$ 2.42	83.62 $\pm$ 2.29	82.64 $\pm$ 2.62	83.82 $\pm$ 2.93
Peak ankle plantarflexion (°)	100.48 $\pm$ 2.56	100.61 $\pm$ 3.37	99.50 $\pm$ 2.29	100.73 $\pm$ 2.94



**Table 2** Intra-class correlation coefficient of intra-tester reliability and inter-tester reliability in healthy young adults.

Joint angle motion	Intra-tester reliability				Inter-tester reliability	
	Tester 1		Tester 2		ICC (2,3)	P-value
	ICC (3,3)	P-value	ICC (3,3)	P-value		
Peak hip flexion	0.96	0.535	0.96	0.130	0.98	0.926
Peak hip extension	0.95	0.890	0.94	0.255	0.96	0.686
Peak knee flexion	0.83	0.396	0.85	0.590	0.94	0.228
Peak knee extension	0.88	0.428	0.95	0.575	0.90	0.111
Peak ankle dorsiflexion	0.85	0.935	0.96	0.070	0.86	0.068
Peak ankle plantarflexion	0.89	0.824	0.94	0.120	0.90	0.051

**Table 3** Mean  $\pm$  SD and Intra-class correlation coefficient of inter-tester reliability in peak hip, knee, and ankle motion in sagittal plane in typical children.

Joint angle motion	Typical children		Inter-tester reliability	
	Tester 1 (°)	Tester 2 (°)	ICC (2,3)	P value
Peak hip flexion	88.19 $\pm$ 10.29	88.85 $\pm$ 11.51	0.95	0.674
Peak hip extension	9.48 $\pm$ 8.32	10.97 $\pm$ 6.10	0.80	0.460
Peak knee flexion	78.54 $\pm$ 5.04	78.89 $\pm$ 4.99	0.88	0.754
Peak knee extension	-6.53 $\pm$ 8.60	-5.35 $\pm$ 6.30	0.88	0.476
Peak ankle dorsiflexion	88.36 $\pm$ 5.57	88.15 $\pm$ 5.07	0.85	0.868
Peak ankle plantarflexion	102.68 $\pm$ 4.17	102.20 $\pm$ 3.54	0.82	0.634

#### Discussion and Conclusions

The purpose of this study was to standardize the motion analysis protocol and determine the inter- and intra-tester reliability of three dimensional kinematic measures of STS movement in healthy young adults. Moreover, this study was determining the inter-tester reliability in typical children during STS movement. From the results of present study, the inter- and intra-tester reliability of peak hip, knee, and ankle joint motions were good when measuring in young adult populations. Therefore, this protocol was acceptable for analysis of three dimensional motion of STS with minimized errors. Then, we tested the inter-tester reliability in typical children. The results were good reliability as well. Other investigators have reported similar results during running and walking in adults. Reed et al. reported good intra-tester reliability in running movement when measuring peak hip, knee, and ankle motions in sagittal plane (Ferber et al., 2002). In walking movement, Kadaba et al (1989) reported that the intra-tester reliability were good level of joint angle motion in sagittal plane. In addition, Tsushima et al. (2003) reported good inter- and intra-tester reliability of joint angle motion in sagittal plane.



In this study, inter- and intra-tester reliability in healthy young adults were good reliable. Meanwhile, in typical children, inter-tester reliability was good level as well. Previously, no known study reported the reliability of STS movement in children and adult population. Since children were different from adults such as the shorter period of attention, the variability of movement across the trials, and the body anthropometrics (Cahill et al., 1999). Therefore, a highly trained physical therapist to perform the whole the process of three dimensional motion of STS in this study could minimize error associated with data collection. This finding supported that the protocol was suitable for analysis of three dimensional motion of STS with minimize errors in young healthy adult and typical children population. In addition, the motion analysis system gives the kinematic information of STS movement. The peak values of joint angle motion in sagittal plane were feasible analysis of three-dimensional motion of STS with minimize errors.

#### Acknowledgements

The authors would like to thank Vasapol Teravanapant for his advice with developing of adjustable chair. Furthermore, the authors would like to thank Kitiphong Kanjanathanalert and Nalin Khumlee for their assistance data collection. Finally, the authors would like to special thanks to the subject of this study.

#### References

- Benoit DL, Ramsey DK, Lamontagne M, Xu L, Wretenberg P, Renström P. Effect of skin movement artifact on knee kinematics during gait and cutting motions measured in vivo. *Gait & posture* 2006; 24(2): 152-64.
- Cahill BM, Carr JH, Adams R. Inter-segmental co-ordination in sit-to-stand: an age cross-sectional study. *Physiotherapy Research International* 1999; 4(1): 12-27.
- Collins TD, Ghousayni SN, Ewins D, Kent JA. A six degrees-of-freedom marker set for gait analysis: repeatability and comparison with a modified Helen Hayes set. *Gait & posture* 2009; 30(2): 173-80.
- Ferber R, Davis IM, Williams D, Laughton C. A comparison of within-and between-day reliability of discrete 3D lower extremity variables in runners. *Journal of Orthopaedic Research* 2002; 20(6): 1139-45.
- Gillette JC, Stevermer CA. The effects of symmetric and asymmetric foot placements on sit-to-stand joint moments. *Gait & posture* 2012; 35(1): 78-82.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine* 2000; 30(1): 1-15.
- Kadaba M, Ramakrishnan H, Wootten M, Gainey J, Gorton G, Cochran G. Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research* 1989; 7(6): 849-60.
- Khemlani M, Carr J, Crosbie W. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clinical Biomechanics* 1999; 14(4): 236-46.
- World Health Organization. *The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment*. Sydney: Health Communications Australia; 2000.
- Orthotrack. version 6.6 reference manual. Santa Rosa, CA: Motion Analysis Corporation; 2009.



การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 2560  
วันที่ 10 มีนาคม 2560 ณ อาคารศูนย์ สรสนุ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**MMP19-7**

- Peters A, Galna B, Sangeux M, Morris M, Baker R. Quantification of soft tissue artifact in lower limb human motion analysis: a systematic review. *Gait & posture* 2010; 31(1): 1-8.
- Stagni R, Fantozzi S, Cappello A, Leardini A. Quantification of soft tissue artefact in motion analysis by combining 3D fluoroscopy and stereophotogrammetry: a study on two subjects. *Clinical Biomechanics* 2005; 20(3): 320-29.
- Tsushima H, Morris ME, McGinley J. Test-retest reliability and inter-tester reliability of kinematic data from a three-dimensional gait analysis system. *Journal of the Japanese Physical Therapy Association* 2003; 6(1): 9-17.
- Bureau of nutrition, department of health, ministry of public health. The development of thai children aged between 0-18 years [online] 1999 [cited 2016 Jan 8]. Available from: <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=1&id=315>.

## VITA

Miss Potjanun Mapaisansin was born on November 5, 1991 in Bangkok, Thailand. In 2013, she graduated with a Bachelor's degree in Physical Therapy from Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University. In August 2014, she enrolled in a Master degree in Pediatric Physical Therapy at Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University.

