

ปัจจัยของอายุ ลักษณะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อการทดสอบระยะทางการ
เอ้อมหลายทิศทางในเด็กปกติ อายุ 7 - 12 ปี



นางสาวเบญจพร หิรัญญาภินันท์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

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 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Factors of Age, Anthropometric Characteristics and Lower Extremity Strength on Multi-
Directional Reach Test in Typical Children Aged 7 - 12 Years

Miss Benjaporn Hirunyaphinun



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 2016

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	Factors of Age, Anthropometric Characteristics and Lower Extremity Strength on Multi-Directional Reach Test in Typical Children Aged 7 - 12 Years
By	Miss Benjaporn Hirunyaphinun
Field of Study	Physical Therapy
Thesis Advisor	Soontharee Taweetanalarp, 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
(Assistant Professor Sujitra Boonyong, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Soontharee Taweetanalarp, Ph.D.)

.....External Examiner
(Assistant Professor Saipin Prasertsukdee, Ph.D.)

5776668937 : MAJOR PHYSICAL THERAPY

KEYWORDS: TYPICAL CHILDREN / MULTI-DIRECTIONAL REACH TEST / ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTIC / LOWER EXTREMITY STRENGTH

BENJAPORN HIRUNYAPHINUN: Factors of Age, Anthropometric Characteristics and Lower Extremity Strength on Multi-Directional Reach Test in Typical Children Aged 7 - 12 Years. ADVISOR: SOONTHAREE TAWEETANALARP, Ph.D., 93 pp.

The purpose of this study was to investigate the associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the Multi-Directional Reach Test (MDRT). Sixty children with typical development, aged 7 to 12 years old, were categorized into each age group. Pearson correlation coefficient and Spearman rank correlation coefficient were conducted to examine the relationship between interesting variables (age, anthropometric characteristics and lower extremity strength) and the reach distances in forward, backward, leftward and rightward directions. The results of this study showed that multi-directional reach distances increased with age for all directions. Fair to moderate relationship ($r = 0.28 - 0.58$, $p\text{-value} < 0.05$) was found between age-anthropometric variables and scores of the MDRT. In addition, a fair relationship ($r = 0.27 - 0.49$, $p\text{-value} < 0.05$) was observed between lower extremity strength in several muscle groups and scores of the MDRT in each direction. The present study points out that knee flexor muscles significantly correlated best with the reach distances for all directions ($r = 0.28 - 0.49$, $p\text{-value} < 0.05$). These findings may be helpful for physical therapists to comprehend the effects of interesting variables which are clinically relevant on limits of stability in each direction. The MDRT is easy to assess problems in children with decreased limits of stability and also plan individualized programs for balance training in the specific direction.

Department: Physical Therapy

Student's Signature

Field of Study: Physical Therapy

Advisor's Signature

Academic Year: 2016

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincerest thank to my advisor, Soontharee Taweetanalarp (Ph.D.) for her valuable recommendations, guidance, encouragement and supporting until the thesis was accomplished.

I would like to express a great thank to my external examiner, Asst. Prof. Saipin Prasertsukdee (Ph.D.) and statistical consultant, Assoc. Prof. Somrat Lertmaharit for her valuable suggestions and advice.

I wish to thank Asst. Prof. Dannaovarad Chamonchant, Asst. Prof. Sujitra Boonyong (Ph.D.) and all teachers at Department of Physical Therapy, Chulalongkorn University, for teaching and giving me good suggestions.

I would like to thank school principals and all teachers at Sriwittayapaknam School and Nidhiprinya School for providing support and their facilities.

Many thanks for all participants and their parents who have dedicated themselves to participate in the study.

Special thankfulness is extended to my research assistants. Thanks Mr. Thananon Uapipatananukul, Miss Phitchaya Leevattananukool and Miss Sawika Promsorn for all the support.

I am indebted to all my friends who have supported and cheered me up in difficult time, and all postgraduate students in Department of Physical Therapy, Chulalongkorn University who spent a great time with me.

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 thankfulness to my beloved parents and special thanks to Miss Sathaporn Ngamukote and Mr. Wisarut Nanthasakpaisan for always being there for me.

CONTENTS

	Page
THAI ABSTRACT	iv
ENGLISH ABSTRACT	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	xi
LIST OF FIGURES	xii
CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
1.1 Background and rationale.....	1
1.2 Objective of the study	3
1.3 Hypothesis of the study.....	3
1.4 Scope of the study	3
1.5 Brief method	3
1.6 Advantage of the study.....	4
CHAPTER 2 LITERATURE REVIEW.....	5
2.1 Introduction.....	5
2.2 Postural control in typical children.....	5
2.2.1 Normal postural control.....	5
2.2.2 Development of postural control.....	8
2.2.3 The factors that influence on postural control.....	10
2.2.3.1 Age.....	10
2.2.3.2 Anthropometric characteristics.....	10
2.2.3.3 Muscle strength	10

	Page
2.3 Clinical balance assessments	11
2.3.1 Functional Reach Test	11
2.3.1.1 Test procedure.....	12
2.3.1.2 Psychometric properties	12
2.3.2 Multi-Directional Reach Test	13
2.3.2.1 Test Procedure.....	14
2.3.2.2 Psychometric properties	14
2.3.3 Pediatric Balance Scale.....	15
2.3.3.1 Test Procedure.....	15
2.3.3.2 Psychometric properties	15
2.3.4 Timed Up and Go	16
2.3.4.1 Test Procedure.....	16
2.3.4.2 Psychometric properties	16
2.4 Measurement of muscle strength.....	26
2.5 Conceptual framework.....	27
CHAPTER 3 MATERIALS AND METHOD	29
3.1 Introduction.....	29
3.2 Study design.....	29
3.3 Sample size	29
3.4 Participants	29
3.4.1 Inclusion criteria	30
3.4.2 Exclusion criteria	30
3.5 Screening tools	31

	Page
3.5.1 Screening questionnaire	31
3.5.2 Thai children's growth chart.....	31
3.6 Data collection tools.....	31
3.6.1 Personal data collection form	31
3.7 Instrumentations.....	31
3.7.1 The instrument for measuring MDRT.....	31
3.7.2 Hand-held dynamometer	32
3.7.3 Digital scale	32
3.7.4 Measuring tape	33
3.7.5 Footprint.....	33
3.8 The study outcomes	34
3.8.1 Independent variables.....	34
3.8.2 Dependent variables.....	35
3.9 Procedure.....	35
3.10 Data analysis	42
CHAPTER 4 RESULTS	43
4.1 Introduction.....	43
4.2 Subject characteristics.....	43
4.3 Multi-Directional Reach Test.....	43
4.4 Lower extremity strength values	43
4.5 Relationship between Multi-Directional Reach Test and interesting variables ..	48
CHAPTER 5 DISCUSSION.....	51
5.1 Introduction.....	51

	Page
5.2 Subject characteristics	51
5.3 Multi-Directional Reach Test.....	51
5.4 Lower extremity strength values	52
5.5 Relationship between MDRT and age-anthropometric characteristics	53
5.6 Relationship between MDRT and lower extremity strength	54
5.7 The clinical implications of the study	55
5.8 The limitations of the study and suggestions for further study	56
CHAPTER 6 CONCLUSION	57
REFERENCES	58
APPENDIX.....	64
APPENDIX A ETHICAL APPROVAL	65
APPENDIX B SAMPLE SIZE CALCULATION.....	66
APPENDIX C SCREENING QUESTIONNAIRE	67
APPENDIX D THAI CHILDREN’S GROWTH CHART.....	69
APPENDIX E PERSONAL DATA COLLECTION FORM.....	71
APPENDIX F RELIABILITY TESTING	74
APPENDIX G INFORMATION SHEET.....	78
APPENDIX H PARENT’S CONSENT FORM	87
APPENDIX I CHILDREN’S CONSENT FORM	90
APPENDIX J RELATIONSHIP BETWEEN ANTHROPOMETRIC VARIABLES	92
VITA.....	93

LIST OF TABLES

Table 2.1: The normative and critical values of Functional Reach Test in United States Children	18
Table 2.2: Summarize the effects of several factors on functional reach distances ...	18
Table 2.3: Normative values in Functional Reach Test and Lateral Reach Test.....	22
Table 2.4: Summarizes the focus, clinical utility, scale of measurement, and properties of Functional Reach Test (FRT), Multi-Directional Reach Test (MDRT), Timed Up and GO (TUG), and Pediatric Balance Scale (PBS)	23
Table 3.1: Details of age, anthropometrics and lower extremity strength.....	34
Table 3.2: Position, stabilization, and dynamometer placement for measured lower extremity strength.....	40
Table 4.1: Anthropometric characteristics of participants (n=60).....	45
Table 4.2: Multi-Directional Reach distances (n=60).....	46
Table 4.3: Lower extremity strength values (n=60).....	47
Table 4.4: Correlations between MDRT and interesting variables.....	50

LIST OF FIGURES

Figure 2.1: Conceptual framework of postural control	8
Figure 2.2: Framework of the study	28
Figure 3.1: The instrument for measuring MDRT	32
Figure 3.2: Hand-held dynamometer	32
Figure 3.3: Digital scale	33
Figure 3.4: Measuring tape	33
Figure 3.5: Footprint	34
Figure 3.6: Forward and backward reaching	37
Figure 3.7: Leftward reaching	37
Figure 3.8: Rightward reaching	38
Figure 3.9: Lower extremity strength testing	39

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 Background and rationale

Postural control can be defined as the ability to maintain center of gravity (COG) relative to base of support (BOS) (Pollock et al., 2000; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). This ability is one of the essential fundamental skill for children (Hay & Redon, 1999; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). During stance with fixed feet position, the body can move around in all directions within limits of stability (LOS). LOS is defined as the greatest distance in any directions that a person can lean away from vertical midline with fixed BOS (Melzer et al., 2009). Postural control is achieved by the complex interactions of sensory, motor, as well as central nervous system (Allum et al., 1998; Horak et al., 1997; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). Many factors directly affect to the postural control performance such as development of sensory systems, coordination, anthropometric characteristics, and muscle strength (Ibrahim et al., 2013; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). Previous study reported that the lower extremity strength had a strong relationship with balance ability (Ibrahim et al., 2013), as well as a common factor associated with history of recurrent falls (Nevitt et al., 1989; Society et al., 2001; Tinetti et al., 1986)

Reach test is one of the performance-based tests in clinical balance assessments used to measure limits of stability. A greater reach distance represents a larger limits of stability and also indicates better dynamic balance ability (Liao & Lin, 2008). Functional Reach Test (FRT) was first developed by Duncan and colleagues in 1990 to measure limit of stability in forward direction (Duncan et al., 1990). The test was used for assessing dynamic balance ability and reaching performance in children. A child who has a lower reach distance than the critical values may be indicated as delay in the reaching skill (Donahoe et al., 1994). Previous studies have been found that several individual's factors in children associated with the reaching scores,

including age (Donahoe et al., 1994), height (Habib & Westcott, 1998; Volkman et al., 2007, 2009), weight (Norris et al., 2008), and upper extremity length (Butz et al., 2015). Thus, the variations of these factors will play essential roles in the reaching distances but there have been controversial. The FRT specifically measures LOS in forward direction. Thus, it is not covered all movement performances in daily living that were commonly used in several directions while performing an activity such as lateral leaning body to touch the target, backward leaning to avoid an object in front or reaching to pick up an object.

In 2001, Newton developed the Multi-Directional Reach Test (MDRT) to measure LOS in a more extended directions than FRT (Newton, 2001). This test was developed for measuring the LOS in four directions including forward, backward, leftward and rightward directions. MDRT is considered as a simple test to understand and perform and required only a yardstick or ruler to measure the score of reaching (Holbein-Jenny et al., 2005; Newton, 1997; Tantisuwat et al., 2014). It has been shown to be reliable (test-retest reliability, ICC = 0.66 to 0.83 and inter-rater reliability, ICC = 0.91 to 0.98) and valid (concurrent validities of MDRT with Timed Up and Go, $r = -0.26$ to -0.44 and Berg Balance Scale, $r = 0.53$ to 0.78) for measuring dynamic balance ability and LOS in anteroposterior and mediolateral directions (Holbein-Jenny et al., 2005; Newton, 2001). However, the study of the factors affecting multi-directional reach distances in each direction is not available in children. Therefore, this study aimed to investigate the associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the Multi-Directional Reach Test in typical children with 7 to 12 years old. These relationships were expected between interesting variables (age, anthropometric characteristics and lower extremity strength) and multi-directional reach distances, in order to provide comprehension of the effects of interesting variables, which are clinically relevant on LOS in each direction.

1.2 Objective of the study

- 1) To investigate the relationship of age with the multi-directional reach distances
- 2) To determine whether the interesting variables (anthropometric characteristics and lower extremity strength) would be correlated with multi-directional reach distance in each direction.

1.3 Hypothesis of the study

1. The multi-directional reach distances in all directions would be increased by age.
2. The interesting variables (age, anthropometric characteristics, and lower extremity strength) have associations with the reach distances in each direction.

1.4 Scope of the study

This study investigated the associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the multi-directional reach distances. This study was conducted in primary and secondary schools in Bangkok metropolitan region, Thailand.

1.5 Brief method

Typical children aged 7 to 12 years old who agreed to participate and received an allowance from their parents were invited to the study. All participants who met the criteria were assessed an anthropometric characteristics data by first investigator. After that, they were asked to perform the Multi-Directional Reach Test and lower extremity strength testing which conducted by second, third and fourth investigators. In this study, all outcomes were collected in thirty to forty-five minutes.

1.6 Advantage of the study

The results of this study would be able to explain the effects of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength on multi-directional reach distances in forward, rightward, leftward, and rightward directions. The researcher expected that these relationships could be helpful for physical therapists to comprehend the effects of interesting variables which clinically relevant on limits of stability in each direction.



CHAPTER 2

LITERATURE REVIEW

2.1 Introduction

The literatures were reviewed to support the study of associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the Multi-Directional Reach Test in typical children 7 to 12 years old. Basic knowledge and other important details are explained following the topics.

1. Postural control in typical children
 - Normal postural control
 - Development of postural control
 - The factors that influence on postural control
2. Clinical balance assessments
 - Functional Reach Test
 - Multi-Directional Reach Test
 - Pediatric Balance Scale
 - Timed Up and Go
3. Measurement of muscle strength

2.2 Postural control in typical children

2.2.1 Normal postural control

Postural control is operationally defined as an ability to maintain center of gravity (COG) relative to base of support (BOS), or more generally, within the limits of stability (LOS) (Alexander, 1994; Pollock et al., 2000; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). This ability was encompassed the acts of three categories of human activities including the performance to 1) maintain proper alignment relative to the limits of

stability, 2) achieve balance, meaning that the ability to anticipate postural transitions from one of body position to another, and 3) restore balance during received disturbances (Mancini & Horak, 2010; Pollock et al., 2000). The postural control is achieved by complex interactions of several body systems (Pollock et al., 2000; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). Seven components of postural control, based on the conceptual framework of Shumway-Cook and Woollacott, are consisted of musculoskeletal components, neuro-muscular synergies, internal representations, anticipatory mechanisms, adaptive mechanisms, individual sensory systems, and sensory strategies (Figure 2.1) (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). All of components contribute to an appropriate posture related to environment and task condition (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

The musculoskeletal components include biomechanics and muscle properties which are involved muscle strength, muscle length, and muscle flexibility (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). In children, changing of muscle strength with increasing age may be one of the important factors for improving balance ability. Ibrahim and coworker studied the association of postural control performance and muscle strength in children aged 6 to 10 years. This study found that the muscle strength was improved with increasing age. Overall stability index, represented the postural control performance, had a significant relationships with all muscle strength indexes ($r = 0.83$ to 0.91 , $P < 0.001$) included *trunk strength index* (summing up of trunk flexors and trunk extensors), *lower extremity strength index* (summing up of both sides: hip extensors, hip flexors, knee flexors, knee extensors, and ankle plantarflexors), *anti-gravity strength index* (summing up of trunk extensors and both sides hip extensors, knee extensors, and ankle plantarflexors), *pro-gravity strength index* (summing up of trunk flexors, and both sides hip flexors, knee flexors, and ankle dorsiflexors) and *total strength index* (summing up both sides of the eleven muscle groups). These relationships were indicated that postural control in standing position required strength both of the lower extremity and core stabilizer muscles based on their specific function (Ibrahim et al., 2013). Several studies suggested that

weakness of lower extremity muscles as a common factor associated with balance impairment in fallers (Nevitt et al., 1989; Society et al., 2001; Tinetti et al., 1986)

Neuro-muscular synergies are one of the components to regulate muscle tone for keeping the body position that collapsed from gravity force and controlling the pattern of movement to maintain proper alignment.

Internal representations or body schema, this system is used as the postural frame of reference for comparing sensory inputs, interpreting self-motion and calibrating motor actions. The developments of sensory and motor systems of postural control lead to improve an appropriate internal representation.

Anticipatory mechanisms are the processes to preprogram the force prior doing any tasks which bases on individual's experience. The anticipatory mechanisms are used to prevent a disturbance that perturbing or damaging to the system (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Adaptive mechanisms are the strategies of postural control used to perform against disturbances which may occurred from external or internal perturbations. The strategies or postural responses are varied from amplitudes, velocities, directions and environments during received perturbation (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). Ankle strategy commonly uses to response a small perturbation in situation of firm support surface (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). Hip strategy is used to response a larger, faster perturbation, and received perturbation during standing on unstable or small support surface such as balance beam (Horak & Nashner, 1986). Suspensory strategy is a mechanism to lower the body's COM toward the BOS by flexion at hip, knee, and ankle joints (Marjorie Hines Woollacott & Shumway-Cook, 1990) and stepping strategy is used to establish a new BOS under the body's COM when the ankle, hip and suspensory strategies are insufficient to recover the balance (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Individual sensory systems include visual, vestibular, and somatosensory systems. All systems are used to determine the body's position and orientate the body's movement in space relative to gravity and environment (Shumway-Cook &

Woollacott, 2012). The proportions of sensory systems during quiet stance on stable and firm support surface are required 10% from the vestibular system, 20% from the visual system, and 70% from the somatosensory system (Horak, 2006). These proportions or sensory strategies are varied from age, tasks, and environments which depended on the accuracy in each system (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

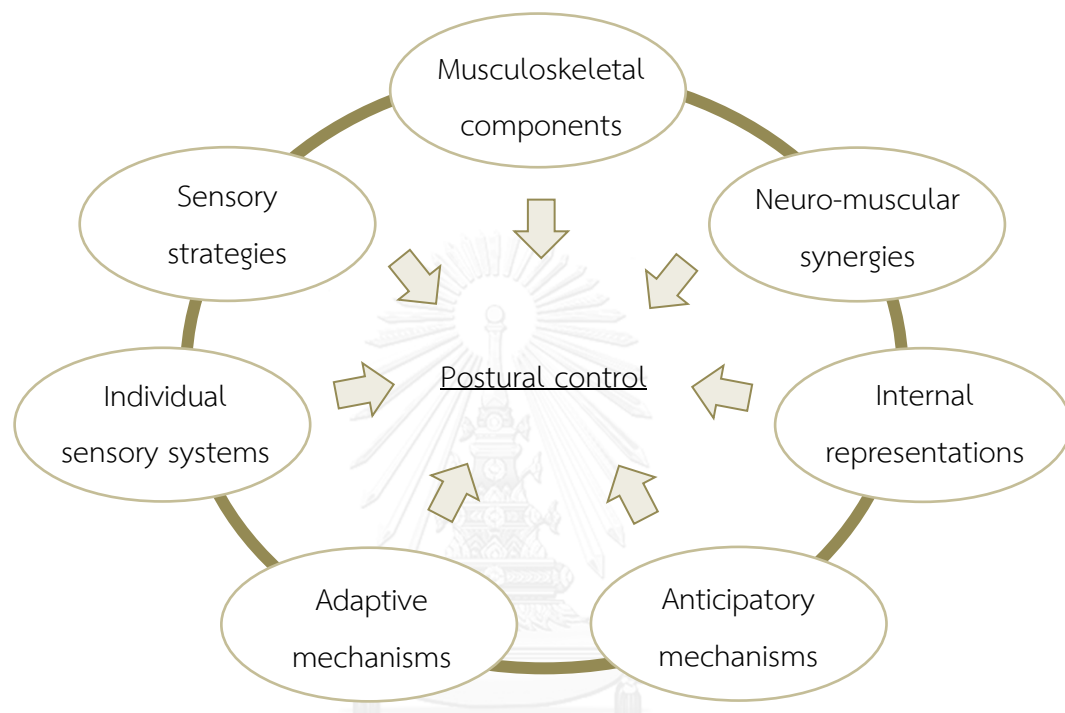


Figure 2.1: Conceptual framework of postural control
(Modified from Shumway-Cook and Woollacott, 2012)

2.2.2 Development of postural control

Development of postural control is a complex processes which involved the maturity of several systems (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). The ability to independent stance in children was achieved in the first year of life and more stable control with their increasing age (Rival et al., 2005). Indeed, the maturity level of postural control in standing position is unable to specific by age (Rival et al., 2005). However, there are many criteria used to characterize the adult-like balance patterns such as the decreasing magnitude and frequency of postural sway (Rival et al., 2005),

the consistency of strategy and reactive pattern, and the ability of reweight response from multisensory inputs (Rival et al., 2005; Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

Both of the amplitude and the frequency of postural sway in children were decreased with increasing age (Kirshenbaum et al., 2001). Previous study showed that the spontaneous sway during quite stance in older children had a shorter excursion and more accurate control than younger children (Riach & Starkes, 1994). Therefore, the ability to control balance in children was more stable control with their increasing age and also in the results from muscle activity to reactive control balance. The refinement of muscle activity during reactive balance in children aged 7 to 10 years old were found that there are no significant differences in variability, onset latency, and temporal coordination of the muscles within leg synergies between the children in this age group and adult (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). In addition, the development of adaptive performance in children aged 7 to 10 years begin to show the consistency of strategy control with high level of abdominal muscle activity (Roncesvalles et al., 2004; Marjorie H Woollacott et al., 1998).

Kirshenbaum and coworker suggested that the adult-like balance patterns begin to emerge around the age of 7 to 8 years old which called transition period (Kirshenbaum et al., 2001). These patterns are included two main developmental changes; a refinement of muscles activity and improvement of strategies in feedback-based to control balance (Hatzitaki et al., 2002; H. G. Williams et al., 1983). In transition period, the strategies of feedback-based change from visual dependent to multisensory inputs which more adapted from multi-sensory (somatosensory and vestibular system) to control balance when one (or more) of these sense is an inaccuracy.

2.2.3 The factors that influence on postural control

2.2.3.1 Age

The postural control in children improved with increasing age due to the maturity from all systems such as neuromuscular responses, sensory strategies that organized from multiple sensory, anticipatory mechanisms and adaptive capacity that used to response balance perturbation. Previous study found that younger children present a hip-dominated response with minimal abdominal activity to the external perturbation. Until the children reach 7 to 10 years of age, they began to show the consistency of strategy that used to control balance with high level of abdominal muscle activity. Moreover, changing of the anthropometric characteristics and muscle strength may be affected to the balance ability (Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

2.2.3.2 Anthropometric characteristics

The anthropometric characteristics are one of the essential factors which affected to the balance ability. The difference of body proportions in children directly affect to the location of body's COM. In children, the location of the body's COM was higher than adult which stay around T12 level, as compared with L5-S1 level in adult. Therefore, the children show more difficult to control balance and also perform with faster rate sway (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). However, after 7 years of age, there is no correlation between the structural growth of the human body (age, height, body mass) and body sway during quite stance (Lebiedowska & Syczewska, 2000; Shumway-Cook & Woollacott, 2012).

2.2.3.3 Muscle strength

The muscle strength is a one of musculoskeletal components to control balance, based on the conceptual framework of postural control (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). In standing position, the strength both of the core stabilizer and peripheral muscles are required to control postural stability (Ibrahim et al., 2013). In generally, the postural stability composes of multiple directions, including anteroposterior, mediolateral, and multidirectional plans. The muscle

strength and muscle response patterns are differently required in each direction of postural stability. In anteroposterior stability, this direction was primarily used the muscles around the ankle joint (gastrocnemius, tibialis anterior), followed by activation of the quadriceps or hamstring muscles, and abdominal muscles to response disturbance, called the distal to proximal response pattern. In contrast to the mediolateral plan, the muscle responses pattern was reversed from proximal to distal response which primarily used muscles around the hip joint. Several studies found that the hip abductor muscles (gluteus medius and tensor fascia latae) and adductor muscles were mostly used to control balance in mediolateral sway (Day et al., 1993; Shumway-Cook & Woollacott, 2012; Winter et al., 1996). Furthermore, not only the muscle strength was important for the ability to control balance but also this outcome was able to reflect the health status and the physical fitness. Decreasing of the muscle strength can lead to functional or activity limitations (Takken et al., 2003).

2.3 Clinical balance assessments

The clinical balance assessments are helpful to document balance status. In presently, there are many clinical balance assessments that easily used to measure balance performance and identify balance problems in children.

2.3.1 Functional Reach Test

The Functional Reach Test (FRT) is a performance-based test which defined as the ability to maximal forward reach beyond arm's length with fixed the base of support (Bartlett & Birmingham, 2003; Duncan et al., 1990). This test was first developed by Duncan and colleagues in 1990 to measure the limit of stability in forward direction and predict the risk of fall in elderly (Duncan et al., 1990). During performing the FRT, the ability of reaching, weight shifting to forward direction and also the coordination of several systems to control balance which including anticipatory mechanism, sensory systems, muscle strength and biomechanics were required (Donahoe et al., 1994; Habib & Westcott, 1998).

2.3.1.1 Test procedure

The FRT was performed by placing a yardstick or tape measure parallel to the floor at individual's shoulder height level. The subject was asked to stand with comfortable feet apart, an approximate shoulder width. The feet position was traced on a piece of paper to ensure that this position would not change. After that the subject was instructed to make a fist, forward flex the dominant arm to 90 degrees and reach as far forward as possible without losing balance or taking a step. The difference of distance between pre- and post-reaching at 3rd metacarpal was used as an individual's reach score. The FRT usually performed in three trials and the results are averaged (Duncan et al., 1990). In 2007, Volkman and colleagues investigated the methods to improve reliability of FRT in children. This study reported that reference point for measuring the score of reaching should be changed from 3rd metacarpal to fingertip because the fingertip was more consistency and simple to lay the ruler in perpendicular fashion at the end points of pre- and post-reaching positions than used the 3rd metacarpal as a reference point (Volkman et al., 2007).

2.3.1.2 Psychometric properties

The advantages of FRT are quantitative, relevant to the varieties of functional activity, cost-effective, and simple to understand and perform (Donahoe et al., 1994; Duncan et al., 1990). The FRT is a reliable and valid tool for measuring the limit of stability in forward direction. Good intrarater (ICC = 0.87 to 0.97) and interrater reliability (ICC = 0.98) and moderate test-retest reliability (ICC = 0.64 to 0.75) were found in the FRT (Donahoe et al., 1994) and also showed good to excellent construct validity ($r = 0.77$) with laboratory test, limit of stability in forward direction. (Bartlett & Birmingham, 2003).

As a general guideline suggested (Portney & Watkins, 2009), the intraclass correlation coefficients (ICC) for reliability testing were indicated good reliability when coefficient greater than 0.75. The coefficient ranged from 0.50 to 0.75 is represented moderate reliability and poor reliability is obtained when coefficient less than 0.50. For the

correlation coefficient (r), this value represents the strength of association. Good to excellent relationship is indicated when a coefficient greater than 0.75, moderate to good relationship is obtained in r ranged from 0.51 to 0.75, 0.25 to 0.50 indicated fair relationship and less than 0.25 indicated little to no relationship.

2.3.1.3 Normative values and influence of several factors on FRT

In the children, FRT was adapted to measure the reaching performance (Donahoe et al., 1994). Doenahoe and colleagues conducted the study to investigate normative values in children of the United States which aged 5 to 15 years old. The normative and critical values of FRT were described by 95%CI and 1.96 SD below the mean, as showed in Table 2.1. If the score of reach is lower than the critical value in their age range, a child may be indicated to delay in the reaching skill (Donahoe et al., 1994). Several studies investigated the effects of demographic and anthropometric characteristics factors on forward reach distance which are summarized in Table 2.2. From the literatures finding, the effects of these variables on reach distance that reflected to the balance ability remain unclear.

The limitation of the FRT is able to measure only forward direction that it is not covers all movement performances in daily living. Therefore, the Multi-Directional Reach Test (MDRT) was developed by Newton in 2001 for assessing the limits of stability in anteroposterior and mediolateral directions (Newton, 2001).

2.3.2 Multi-Directional Reach Test

The Multi-Directional Reach Test (MDRT) was developed to assess limits of stability in four directions, including forward, backward, leftward and rightward directions (Newton, 2001). The directions were extended from FRT which aimed to measure the limits of stability cover all directions of the movement performances in daily living. Moreover, this test was used to screen risk of fall in elderly (Duncan et al., 1990; Newton, 2001).

2.3.2.1 Test Procedure

The procedures of MDRT are similar to the FRT, the subject was asked to reach as far as possible with fixed base of support in standing position. Prior testing, the yardstick or tape measure was horizontally placed to the floor at individual's shoulder height level. The starting position in forward and backward directions was set at 90 degrees of shoulder flexion. In rightward and leftward directions, the subject was asked to raise their arm in 90 degrees of abductions. After that the subject was instructed to reach as far (direction given) as possible without moving the feet or taking a step and try to keep the hand along the yardstick. The subject was allowed to use their typical strategies to accomplish the tasks. Differentiation between the starting and the ending positions of index fingertip was represented the reach score in each direction (Newton, 2001).

2.3.2.2 Psychometric properties

The MDRT is a valid (moderate to good concurrent validity with Berg Balance Scale (BBS), $r = 0.53$ to 0.78 , fair to moderate concurrent validity with Activities-specific Balance Confidence Scale (ABC), $r = 0.41$ to 0.59 and fair relationship with scores of Timed Up and Go (TUG), $r = -0.26$ to -0.44) (Holbein-Jenny et al., 2005; Newton, 2001) and reliable tool (moderate to good test-retest reliability, ICC = 0.66 to 0.83 and good inter-rater reliability, ICC = 0.91 to 0.98) for measuring the dynamic balance ability and LOS in anteroposterior and mediolateral directions (Holbein-Jenny et al., 2005).

The MDRT was widely used in the elderly population (Holbein-Jenny et al., 2005; Newton, 1997, 2001; Tantisuwat et al., 2014). However, based on a review of current literatures, the study about normative values and factors that affect to the reach distances in MDRT are not available in children, especially in the backward direction. In 2011, Deshmukh and colleagues established the normative values of FRT and Lateral Reach Test (LRT) in Indian school-age children (Deshmukh et al., 2011) which are presented in Table 2.3.

The forward reach distances in Indian children aged 6 to 12 years old that proposed by Desmukh and colleagues were ranged from 22.7 cm to 37 cm as showed in Table 2.3 (Desmukh et al., 2011). When these scores were compared with the results of Donahoe and colleagues that conducted the FRT in the United States children for similar age group (Donahoe et al., 1994), it was found that the forward reach distances in the Indian children showed higher mean values than United States children. This result may be due to the variation in growth spurt or difference of environmental factors and life-styles that occurred among children from different counties.

2.3.3 Pediatric Balance Scale

Pediatric Balance Scale (PBS) is modified from Berg Balance Scale (BBS) which aimed to measure balance ability in school-age children with mild to moderate motor impairment. This test is considered to be the gold standard for balance measurement (Franjoine et al., 2003; Langley & Mackintosh, 2007).

2.3.3.1 Test Procedure

The PBS is used to measure the performances in the aspect of ability to perform tasks in daily living consisted of static and dynamic balance tasks within fourteen items. The fourteen items are included sitting to standing, standing to sitting, transfers, standing unsupported, sitting unsupported, standing with eyes closed, standing with feet together, standing with one foot in front, standing on one foot, turning 360 degrees, turning to look behind, retrieving object from floor, placing alternate foot on stool, reaching forward with outstretched arm. The total score is fifty-six, in each item scored from zero to four, zero point represents an inability to perform the task and four point represents the task was correctly performed with independent (Franjoine et al., 2003).

2.3.3.2 Psychometric properties

The PBS is considered a reliable (good test-retest reliability, ICC = 0.99 and inter-rater reliability, ICC = 0.99) (Franjoine et al., 2003) and valid tool for

measuring balance ability (moderate to good convergent validity with Pediatric Evaluation of Disability Inventory (PEDI), $r = 0.64$ to 0.71 and good to excellent convergent validity with Gross Motor Function Measure (GMFM-88), $r = 0.93$) (Yi et al., 2012). However, this measurement requires many equipment and timing to assess.

2.3.4 Timed Up and Go

The Timed Up and Go (TUG) is an assessment that recorded the duration during performed function mobility tasks. This test reflects a basic mobility skills in daily living, included sitting to standing, walking a short distance, turning, and sitting down (Podsiadlo & Richardson, 1991).

2.3.4.1 Test Procedure

The functional mobility tasks that performed in TUG test are consisted of sit to stand, walk a short distance (3 meters), turn, and sit down. The subject was asked to perform these tasks as fast as possible without running. Duration that subject used to perform was recorded in a unit of seconds.

2.3.4.2 Psychometric properties

The TUG is a valid (moderate to good concurrent validity with gait speed, $r = -0.55$, Berg Balance Scale (BBS), $r = -0.72$ and fair relationship with scores of MDRT, $r = -0.26$ to -0.44) (Newton, 2001; Podsiadlo & Richardson, 1991) and reliable assessment tool (good test-retest, ICC = 0.83 and inter-rater reliability, ICC = 0.81 to 0.89) (Habib et al., 1999; E. N. Williams et al., 2005) for determining the dynamic balance ability.

In presently, there are many clinical balance assessments used to measure the balance ability. The properties of measurement tool are one of the factors that should be concerned for selecting the measurement (Saether et al., 2013). These properties such as reliability, validity and Minimal Clinically Important Difference (MCID) are helpful the assessor ensured that the results of the test able to accurately

reflect balance performance. Also the criteria to categorize the clinical balance assessment including domain of International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), primary purpose of the test, and functional goals of the balance assessment are helpful for choosing the appropriate balance assessment (Saether et al., 2013). Functional goals of the balance assessment are associated with three broad categories of human activities which consisted of maintain, achieve, and restore balance (Saether et al., 2013). Table 2.4 represents the focus of balance assessment included type of balance which categorized by functional goals of assessment, ICF domain, and primary propose of the test, clinical utility, scale of measurement, and properties of the clinical balance assessment included reliability, validity, and Minimal Clinically Important Difference (MCID) of Functional Reach Test (FRT), Multi-Directional Reach Test (MDRT), Timed Up and Go (TUG), and Pediatric Balance Scale (PBS).



Table 2.1: The normative and critical values of Functional Reach Test in United States Children

Age (year)	Reach scores (cm)	Critical values (cm)
5 - 6	16.79 – 24.91	16.79
7 - 8	20.56 – 27.96	20.57
9 - 10	25.56 – 31.64	25.56
11 - 12	29.68 – 36.18	29.68
13 - 15	29.58 – 36.08	29.58

Table 2.2: Summarize the effects of several factors on functional reach distances

Author [Year]	Participants	Factors	% Variance of reach distances	Results
Donahoe et al.[1994]	116 typical children	age, height, weight, arm	38%	Age was a significant predictor for the
(Donahoe et al., 1994)	aged between 5 to 15 years.	length, and gender		reach distances, and the other variables included weight, gender, and arm length did not significant.

Author [Year]	Participants	Factors	% Variance of reach distances	Results
Habib and Westcott [1998] (Habib & Westcott, 1998)	180 typical children aged between 5 to 13 years.	age, height, weight, and base of support	32%	Height, weight, and base of support accounted for 15% and age alone accounted only for 17% of variance in functional reach scores. When all subjects were considered between age ranges, height was a significant predictor for the mean of functional reach distances in children aged 5 to 7 years. In the children between aged 8 to 10 years, BOS (length between right and left foot) was significant in predicting mean of functional reach distances.
Norris et al. [2008] (Norris et al., 2008)	121 typical children aged between 3 to 5 years.	age, height, and weight	34%	- Weight was a significant predictor for functional reach distances in children aged 3 to 4 years.

Author [Year]	Participants	Factors	% Variance of reach distances	Results
Deshmukh et al. [2011] (Deshmukh et al., 2011)	350 typical children aged between 6 to 12 years.	age, gender, height, weight, upper and lower extremity length, and base of support	38% which included only LRT score to predict the FRT scores	<ul style="list-style-type: none"> - No anthropometric characteristics factors were a significant predictor in children aged 5 years old. - The functional reach distances were significantly affected by height only in girl children. - Upper and lower extremity lengths were highly significant correlated with the functional reach distances among girls but not among boys, and these variables did not contribute to the lateral reach distances in either gender. - Weight did not affect to the functional and lateral reach distances in either gender.

Author [Year]	Participants	Factors	% Variance of reach distances	Results
Butz et al. [2015] (Butz et al., 2015)	160 typical children aged between 5 to 12 years.	age, height, weight, arm length, and foot length	46.9%	- Base of support was correlated with functional reach distances in girl aged 8 and 9 year-old and also in boy aged 9, 10, and 11 year-old. Arm length was the strongest predictor of functional reach distances.

Table 2.3: Normative values in Functional Reach Test and Lateral Reach Test

Test	Age (year)	Gender	Mean \pm SD (cm)	Test	Mean \pm SD (cm)
Functional Reach Test	6	Female	22.7 \pm 3.0	Lateral Reach Test	16.3 \pm 2.3
		Male	25.3 \pm 4.5		16.7 \pm 2.3
	7	Female	26.1 \pm 3.9		18.6 \pm 2.4
		Male	28.9 \pm 3.3		22.1 \pm 1.2
	8	Female	28.9 \pm 3.3		22.2 \pm 2.6
		Male	28.7 \pm 2.8		18.8 \pm 1.7
	9	Female	29.7 \pm 4.3		19.7 \pm 2.8
		Male	31.4 \pm 4.3		19.2 \pm 2.3
	10	Female	31.5 \pm 3.6		19.6 \pm 1.9
		Male	32.2 \pm 5.1		21.6 \pm 4.5
	11	Female	31.8 \pm 2.7		21.0 \pm 2.1
		Male	32.2 \pm 3.0		21.2 \pm 1.9
	12	Female	37.0 \pm 4.4		21.5 \pm 2.9
		Male	34.1 \pm 4.0		22.5 \pm 3.3

Table 2.4: Summarizes the focus, clinical utility, scale of measurement, and properties of Functional Reach Test (FRT), Multi-Directional Reach Test (MDRT), Timed Up and GO (TUG), and Pediatric Balance Scale (PBS)

	FRT	MDRT	TUG	PBS
Type of balance	achieve	achieve	achieve	Maintain + achieve
ICF domain	activity limitation	activity limitation	activity limitation	activity limitation
Primary purpose	evaluate + discriminate	evaluate + discriminate	evaluate + discriminate	evaluate + discriminate
Time to administer	3 minutes	Less than 5 minutes	Less than 5 minutes	Less than 15 minutes
Equipment	- yardstick - level	- yardstick - level	- walk way 3 meters - adjustable chair with armrest	- adjustable bench - chair with back supported and arm rest
Clinical utility			- tape measure - stopwatch	rest - stopwatch - masking tape - a step stool, 6 inches in height

	FRT	MDRT	TUG	PBS
				- chalkboard eraser - yardstick - a small level
Scale	Number of items 1	4	1	14
	ratio scale	ratio scale	ratio scale	ordinal scale
Reliability	Test-retest ICC = 0.54 to 0.88	ICC = 0.66 to 0.83	ICC = 0.83	ICC = 0.99
	Inter-rater ICC = 0.50 to 0.93	ICC = 0.91 to 0.98	ICC = 0.81 to 0.89	ICC = 0.99
Validity	Good to excellent construct validity with laboratory test of steadiness during standing (r = -0.79), anteroposterior limits of stability (r = 0.77), and GMFCS level (r = -0.88)	- Moderate to good concurrent validity with BBS (r = 0.53 to 0.78) - Fair to moderate concurrent validity with ABC scale (r = 0.41 to 0.59)	Moderate to good concurrent validity with BBS (r = -0.72) and gait speed (r = -0.55)	Good to excellent convergent validity with GMFM-88 total score (r = 0.93) and moderate to good with PEDI (r = 0.64 to 0.71)

FRT	MDRT	TUG	PBS
-----	------	-----	-----

- Fair relationship with scores of TUG (r = -0.26 to -0.44)

	?	?	In children with CP
A change of 5 cm or more (2-arm, toe-to-finger method)			
Minimally Clinically Important Difference (MCID)			- PBS total = 5.83 - PBS-static = 2.92 - PBS-dynamic = 2.92

Abbreviations: ICF, International Classification of Functioning, Disability and Health; ICC, Intraclass correlation coefficient; BBS, Berg Balance Scale; ABC scale, Activities-Specific Balance Confidence scale; GMFM-88, Gross Motor Function Measure; PEDI, Pediatric Evaluation of Disability Inventory; GMFCS, Gross Motor Function Classification System; CP, Cerebral Palsy; ?, Represent no evidence in children population.

References; FRT: (Bartlett & Birmingham, 2003; Saether et al., 2013; Volkman et al., 2007), MDRT: (Holbein-Jenny et al., 2005; Newton, 2001; Saether et al., 2013), TUG: (Habib et al., 1999; Podsiadlo & Richardson, 1991; Saether et al., 2013; E. N. Williams et al., 2005) and PBS: (Chen et al., 2013; Franjoine et al., 2003; Saether et al., 2013; Yi et al., 2012)

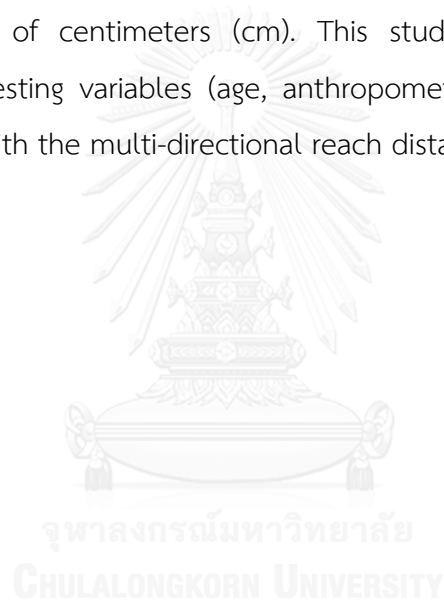
2.4 Measurement of muscle strength

The muscle strength testing is performed with various methods which able to perform with or without equipment (Jones & Stratton, 2000). In clinical setting, the manual muscle testing (MMT) is the most common method for measuring muscle strength (Eek et al., 2006). However, this method is prone to assessor bias because the MMT grades are relied upon the assessor's judgment the magnitude of force to the subject. Previous studies have been found that the sensitivity to detect muscle strength between grade 4 and 5 was poor (Aitkens et al., 1989; Schwartz et al., 1992) and also in Schwartz and colleagues reported that MMT does not sufficiently quantify muscle strength, especially for grades 3+ to 5 (Schwartz et al., 1992). Therefore, the quantitative measurement tool is required for measuring muscle strength.

A hand-held dynamometer (HHD) is a battery-operated and portable device which able to record force in newtons and pounds. HHD is a reliable and valid tool for assessing muscle force in adults and children (Macfarlane et al., 2008). The HHD method is divided into the make test and break test techniques. In the make test techniques, the assessor holds the dynamometer stationary while the subject exerts a maximum force against it (Berry et al., 2004; Eek et al., 2006; Seagraves & Horvat, 1995). In the break test technique, this technique characterizes as the assessor holds the dynamometer and applies force against until overcomes the maximum subject's muscle force (Eek et al., 2006; Seagraves & Horvat, 1995). Previous studies have been reported that the break test technique produces higher muscle force values than the make test technique (Bohannon, 1988; Jones & Stratton, 2000; Seagraves & Horvat, 1995) and also suggested that it is more valid to represent the muscle strength (Ibrahim et al., 2013; Jones & Stratton, 2000). Moreover, this technique is a reliable method (ICC = 0.75 to 0.93) (Stratford & Balsor, 1994).

2.5 Conceptual framework

This study focuses on the associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the multi-directional reach distances in each direction. Figure 2.2 showed the conceptual framework of the study which could be described as follows: The variables of interest were age, anthropometric characteristics, and lower extremity strength. All of variables had an effect on dynamic balance ability in the children. Considering about the aspects of clinical balance assessment, the Multi-Directional Reach Test was used to measure limits of stability in forward, backward, leftward, and rightward directions. The results of this test were described as a reach distances in a unit of centimeters (cm). This study aimed to investigate the associations of interesting variables (age, anthropometric characteristics and lower extremity strength) with the multi-directional reach distances in each direction.



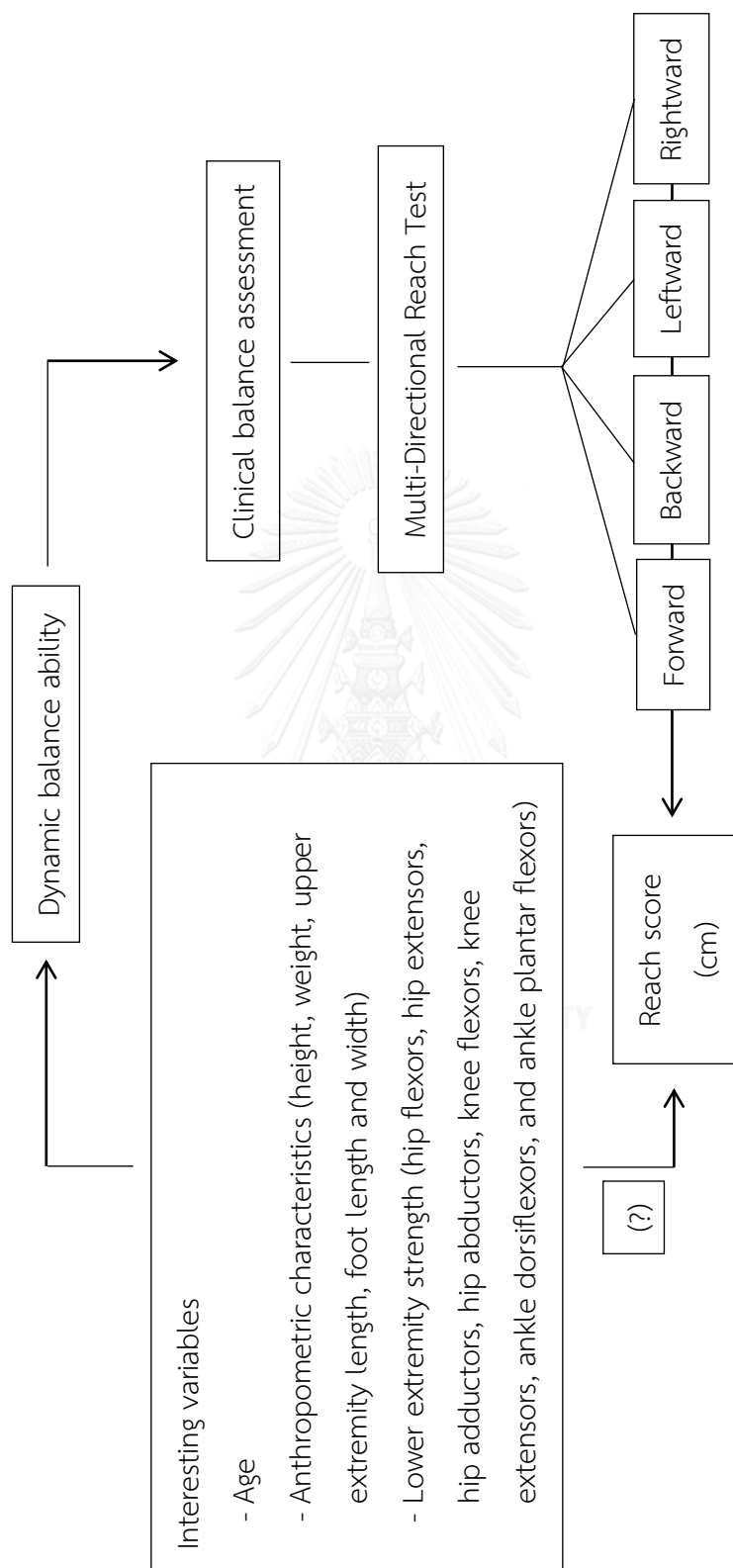


Figure 2.2: Framework of the study

CHAPTER 3

MATERIALS AND METHOD

3.1 Introduction

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

3.2 Study design

A cross-sectional study was used to describe the associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the reach distances in four directions. The study protocol was approved by Ethic Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University (Appendix A).

3.3 Sample size

Sixty children who were eligible based on criteria participated in this study. The number of participant was calculated by G*Power program version 3.1.9.2 based on results from pilot study (Appendix B).

3.4 Participants

Sixty children with typical development, aged between 7 to 12 years old were recruited from Sriwittayapaknam School and Nidhipriya School. These schools were selected from primary and secondary schools in Bangkok metropolitan region by convenience sampling technique. The children were categorized into 6 age-subgroups from the age of 7 years to 12 years which is defined at 6 months interval (± 3 months) (Alvarez et al., 2008). All participants met the following criteria.

3.4.1 Inclusion criteria

1. Aged between 7 to 12 years old
2. Had an age appropriate height and weight, based on Thai children's growth chart (Department of health, 1999).
3. Used the right hand as limb dominance.
4. Able to understand and follow command.

3.4.2 Exclusion criteria

1. Had a history of musculoskeletal problems which affected 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.
2. Had a history of neurological problems such as seizure.
3. Had visual problems that unable to correct by eyeglasses or contact lens.
4. Received the medication that having the sedative effect or effect on postural control ability within 24 hours prior to testing.
5. Unable to complete the task.

The purposive sampling technique was used for selecting participants who eligible based on criteria. The children who agreed to participate and their parent allowed were invited to the study.

3.5 Screening tools

3.5.1 Screening questionnaire

The screening questionnaire was used to screen eligibility of participants. It was created by a researcher. This questionnaire consisted of three parts: the demographics part (birthday, age, gender and health condition), the screening part which based on criteria and the physical activity part (Appendix C). All information in this questionnaire was replied by parent of children.

3.5.2 Thai children's growth chart

The Thai children's growth chart was developed by Ministry of Public Health (Thailand) in 1999 (Department of health, 1999). This chart was used to screen height and weight of the children according to their age range and gender. (Appendix D).

3.6 Data collection tools

3.6.1 Personal data collection form

The personal data collection form was created to collect the data of participants included 1) demographics and anthropometric characteristics data, 2) eligibility of participants which considered the information both of the screening questionnaire from their parent and physical examination by investigator, 3) the multi-directional reach distances and 4) lower extremity strength values. (Appendix E).

3.7 Instrumentations

3.7.1 The instrument for measuring MDRT

An adjustable clothes rail was adapted to be the instrument for measuring MDRT (Figure 3.1). Reach distance was measured by an aluminum ruler that affixed

to the clothes rail. To ensure that the ruler horizontally placed to the floor, the bubble level was used.

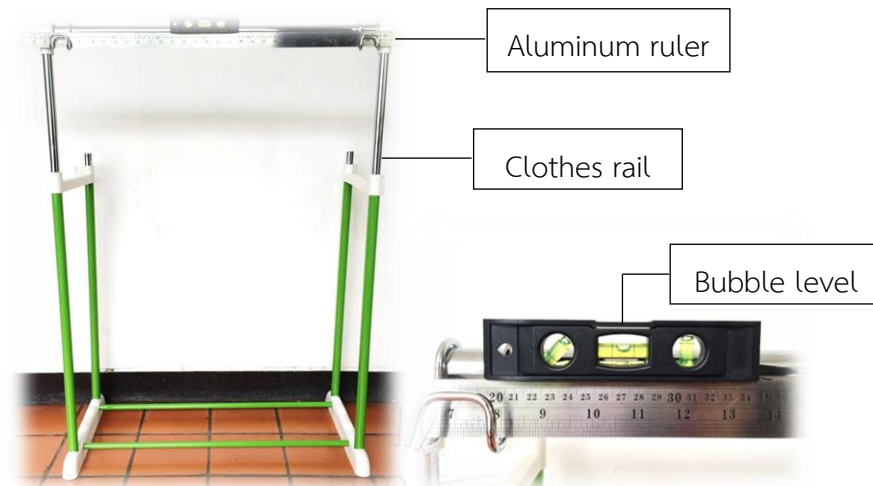


Figure 3.1: The instrument for measuring MDRT

3.7.2 Hand-held dynamometer

The hand-held dynamometer, model 01165 Lafayette manual muscle test system, Lafayette Instrument Company, Lafayette, USA (Figure 3.2) was used for measuring the lower extremity strength values.



Figure 3.2: Hand-held dynamometer

3.7.3 Digital scale

The digital scale (Figure 3.3) was used to measure the participants' weight in a unit of kilograms. Test-retest reliability was evaluated with intraclass correlation

coefficient in 5 healthy young adults before collecting the data. This value showed good test-retest reliability (ICC 3, 1 = 1.00) (Appendix F).



Figure 3.3: Digital scale

3.7.4 Measuring tape

The measuring tape (Figure 3.4) was used to measure the participants' height, upper extremity length and lower extremity length in a unit of centimeters.



Figure 3.4: Measuring tape

3.7.5 Footprint

The footprint (Figure 3.5) was collected for measuring the participants' foot width and foot length in a unit of centimeters.



Figure 3.5: Footprint

3.8 The study outcomes

3.8.1 Independent variables

Independent variables of this study consisted of age, anthropometrics and lower extremity strength as showed in Table 3.1.

Table 3.1: Details of age, anthropometrics and lower extremity strength

No.	Independent variables	Unit
1.	Age	Years
2.	Anthropometrics	
	- Height	Centimeters (cm)
	- Weight	Kilograms (kg)
	- Upper extremity length	Centimeters (cm)
	- Foot length	Centimeters (cm)
	- Foot width	Centimeters (cm)
3.	Lower extremity strength	
	- Hip muscles (flexors, extensors, adductors, abductors)	Newton (N)
	- Knee muscles (flexors, extensors)	
	- Ankle muscles (dorsiflexors, plantarflexors)	

3.8.2 Dependent variables

The dependent variables of this study were multi-directional reach distances in each direction, including forward, backward, leftward, and rightward directions.

3.9 Procedure

At the beginning, an investigator screened the participants, based on the criteria. The children who interested to participate and had eligibility criteria were recruited to the study. All children's parents received an introduction letter as well as an information sheet (Appendix G), parent's consent form (Appendix H) and screening questionnaire (Appendix C). The children who agreed to participate, passed the screening tests (screening questionnaire and physical assessment), received an allowance from their parent and returned the signed consent form were invited to participate in the study. The children's informed consent (Appendix I) was signed prior data collection.

The first investigator who is a physical therapist collected the anthropometrics data including 1) height, measured in standing position by a measuring tape that vertically attached on the wall, 2) weight, measured by a digital scale in a unit of kilograms, 3) upper extremity length, measured by a measuring tape in a unit of centimeters from an acromion process to a middle fingertip in supine lying position with the shoulder in neutral, elbow extended, forearm pronated, wrist in neutral, and finger extended (Deshmukh et al., 2011) and 4) footprints, collected in both feet to measure foot length and foot width. Foot length was measured from the most anterior of toe position to the most posterior of heel position and foot width also measured from the most medial edge to lateral edge of the foot. The intrarater and interrater reliability were evaluated before collecting data. Intraclass correlation coefficients, ICC (3, 1) showed good intrarater and interrater reliability for anthropometric characteristics testing (0.962 to 0.999 and 0.952 to 0.998, respectively) (Appendix F). The Multi-Directional Reach Test (MDRT) and lower extremity strength testing were assessed after completely collected the anthropometric characteristics data. The

children were asked to perform MDRT prior lower extremity strength testing to avoid any fatigue.

The Multi-Directional Reach Test (MDRT) was assessed in four directions. The computer generated random numbers were used to generate the orders of directions that asked to perform. At the beginning, all children were instructed to stand barefoot on a piece of paper adhered to the floor using tapes. Stance width was set at an approximate shoulder width apart. To ensure the base of support during reaching remained equal in all directions, feet position was traced on the paper. The procedure of MDRT was demonstrated before testing by the second investigator. The practice trials was allowed until the children understood a test procedure and able to correctly perform. Starting positions in each direction were set as the following.

Forward and backward directions; the children were instructed to raise their right arm at 90 degrees of shoulder flexion with the elbow extended, forearm pronated, wrist in neutral and finger extended (Figure 3.6).

Leftward and rightward directions; the children were instructed to raise their shoulder at 90 degrees of abduction with the elbow extended, forearm pronated, wrist in neutral and finger extended (Figure 3.7 and 3.8).

The level of aluminum ruler was set at acromion process's height before testing. The children were received standardized instruction to reach as far (direction given) as possible without losing balance and not to touch the ruler. Both of the movement strategies that used to perform and scores of reach were recorded. At the end points of pre- and post-reaching, the participants' hand was held to keep it stable after that the investigator used the ruler to lay in perpendicular fashion at middle fingertip. The difference of distances between middle fingertips at pre- and post- reaching was

used as a reach score. The trial was discarded and repeated in case of losing balance, taking a step or touching the ruler during testing. An average of three trials that correctly performed was used to analysis. The interval between trials was set at five seconds and one-minute was given between directions to correct the starting position. All children were closely observed and monitored by investigators to prevent falling during testing. Prior collecting the MDRT, the intrarater reliability was assessed with intraclass correlation coefficient (ICC 3, 3) in 5 children. This value was found good intrarater reliability (0.888 to 0.970) (Appendix F).



Figure 3.6: Forward and backward reaching



Figure 3.7: Leftward reaching



Figure 3.8: Rightward reaching

The lower extremity strength testing was conducted with assistance by another physical therapist to prevent substitution and compensation when performing the movements. All strength in eight muscle groups were collected by hand-held dynamometry (HHD), included 1) hip flexors, 2) hip extensors 3) hip adductors, 4) hip abductors, 5) knee flexors, 6) knee extensors, 7) ankle dorsiflexors and 8) ankle plantarflexors. Break test technique was used to collect the strength values in bilaterally. Procedure of testing followed by Ibrahim et al (Ibrahim et al., 2013), and Eak et al (Eek et al., 2006) which showed in Figure 3.9 and described in Table 3.2. Prior testing, the children were received an explanation of testing procedure and practiced with submaximal force until the children were able to correctly perform. Standardized instruction was given to all children, hold the testing position and do not let me push your leg. Thirty seconds interval was given between trials to set the testing position, an average value used to analysis. Intrarater reliability was evaluated with intraclass correlation coefficient (ICC 3, 3) in 5 children before collecting the data. ICC (3, 3) was found good intrarater reliability (0.925 to 0.994) (Appendix F).



Figure 3.9: Lower extremity strength testing

Table 3.2: Position, stabilization, and dynamometer placement for measured lower extremity strength

No.	Muscle groups	Testing position	Stabilization	Dynamometer placement
1.	Hip flexors (HF)	Supine, hip and knee flexed 90°	Hold on bench	Mid-point on the anterior side of the distal femur (10 cm above base of patella)
2.	Hip extensors (HE)	Supine, hip and knee flexed 90°	Hold on bench	Mid-point on the posterior side of the distal femur (same level as HF)
3.	Hip adductors (HAD)	Supine, hip and knee extended	Hold on bench and stabilize the other leg	Medial side of the distal femur (same level as HF)
4.	Hip abductors (HAB)	Supine, hip and knee extended	Hold on bench and stabilize the other leg	Lateral side of the distal femur (same level as HF)
5.	Knee flexors (KF)	Sitting, hip and knee flexed 90°	Hold on bench	Posterior side of the distal tibia (10 cm above lateral malleolus)
6.	Knee extensors (KE)	Sitting, hip and knee flexed 90°	Hold on bench	Anterior side of the distal tibia (same level of KF)

No.	Muscle groups	Testing position	Stabilization	Dynamometer placement
7.	Ankle dorsiflexors (AD)	Supine, hip, knee extended and ankle in neutral position	Hold on bench	Dorsum of foot proximal to the metatarsophalangeal joint
8.	Ankle plantarflexors (AP)	Supine, hip, knee extended and ankle in neutral position	Hold on bench	Sole of foot proximal to the metatarsophalangeal joint



3.10 Data analysis

The statistical analysis was performed with IBM SPSS Statistics version 22 for Windows. The normality of data distribution was defined by using the Kolmogorov-Smirnov test. Descriptive statistics were calculated for subject characteristics, multi-directional reach distances, and lower extremity strength values. Pearson correlation coefficient was conducted to examine the relationship between MDRT and age-anthropometric characteristics. Spearman rank correlation coefficient was used to investigate the relationship between MDRT and lower extremity strength when the data were non-normal distribution. For this study, correlation coefficient less than 0.25 indicated little to no relationship, 0.25 to 0.50 indicated fair relationship, 0.51 to 0.75 indicated moderate to good relationship and greater than 0.75 indicated good to excellent relationship (Portney & Watkins, 2009). The statistical significance was considered at p-value less than 0.05.

CHAPTER 4

RESULTS

4.1 Introduction

This study was to investigate the associations of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength with the Multi-directional React Test in typical children aged between 7 to 12 years old. This study was conducted over a 6-month period from July 2016 – January 2017. The results of this study were showed in this chapter.

4.2 Subject characteristics

Sixty children were divided into 6 age-subgroups. The anthropometric characteristics of participants including gender, height, weight, upper extremity length (both sides), foot length and foot width were presented in Table 4.1. It was observed that all variables steadily increased with each year of age.

4.3 Multi-Directional Reach Test

The multi-directional reach distances were described by using mean, standard deviation and 95% confidence interval as showed in Table 4.2. The normal values of multi-directional reach distances ranged from 10.0 to 16.3 cm in forward direction, 6.3 to 10.3 cm in backward direction, 8.5 to 11.4 cm in leftward direction and 9.0 to 12.5 cm in rightward direction. The reach distances in all directions seemed to improve with increasing age, except for children aged 8 years old who had a tendency to score the MDRT higher than children aged 9 years old in all directions.

4.4 Lower extremity strength values

The values of lower extremity strength were presented in Table 4.3. These values tended to increase with age in all muscle groups, except for the strength values of

hip extensors, hip abductors, knee extensors and ankle plantarflexors in children 7 years old. It seemed the strength values in these muscle groups were greater than children with 8 years old. The highest values of all muscle strength were found in the oldest children and the highest force values in each year of age were found in the plantarflexion force.

For this study, the hand-held dynamometer was able to collect the highest force at 554 newtons. But some children in 10, 11, and 12 years of age produced the plantarflexion force more than 554 newtons which were unable to collect by this hand-held dynamometer. Therefore, these values were excluded from statistical analysis (2 values from 10-years, 1 value from 11-years, and 3 values from 12-years).



Table 4.1: Anthropometric characteristics of participants (n=60)

Age, year	n (male/female)	mean (SD)					
		Height, cm	Weight, kg	Lt. UE length, cm	Rt. UE length, cm	Foot length, cm	Foot width, cm
7	8 (7/1)	119.9 (3.2)	22.6 (2.3)	53.1 (2.5)	53.3 (2.4)	18.2 (0.4)	7.0 (0.4)
8	11 (4/7)	126.4 (3.5)	25.5 (2.6)	56.0 (2.7)	55.9 (2.8)	19.3 (0.7)	7.3 (0.3)
9	8 (6/2)	131.7 (5.9)	28.1 (3.6)	59.1 (3.1)	59.3 (3.0)	19.5 (0.8)	7.5 (0.6)
10	9 (3/6)	137.7 (5.9)	32.3 (4.7)	61.6 (3.7)	61.4 (3.5)	20.6 (0.8)	7.9 (0.4)
11	13 (8/5)	142.6 (5.4)	35.5 (4.0)	63.9 (2.4)	63.9 (2.5)	21.3 (0.9)	8.0 (0.6)
12	11 (6/5)	148.4 (5.6)	41.2 (6.0)	67.5 (3.1)	67.6 (3.3)	22.4 (0.9)	8.4 (0.5)

Abbreviation: SD, Standard deviation; n, Number of participants; cm, Centimeters; kg, Kilograms; Lt., Left side; Rt., Right side
UE, Upper extremity

Table 4.2: Multi-Directional Reach distances (n=60)

Age, year	Forward		Backward		Leftward		Rightward	
	mean (SD)	95%CI	mean (SD)	95%CI	mean (SD)	95%CI	mean (SD)	95%CI
7	10.0 (2.3)	8.1-12.0	6.3 (1.4)	5.1-7.4	8.5 (2.0)	6.8-10.2	9.0 (1.3)	7.9-10.1
8	13.7 (3.5)	11.3-16.0	8.2 (2.2)	6.7-9.7	9.6 (2.2)	8.1-11.1	10.0 (2.2)	8.5-11.5
9	11.1 (3.1)	8.5-13.7	6.6 (1.9)	5.1-8.2	9.4 (2.4)	7.4-11.4	9.3 (2.1)	7.5-11.0
10	12.5 (3.2)	10.1-15.0	9.9 (2.6)	7.9-11.8	10.3 (2.1)	8.7-11.9	11.1 (2.6)	9.0-13.1
11	14.3 (4.6)	11.6-17.1	8.5 (2.2)	7.2-9.8	10.4 (2.0)	9.1-11.6	11.0 (2.0)	9.8-12.2
12	16.3 (4.3)	13.4-19.2	10.3 (2.5)	8.6-12.1	11.4 (2.4)	9.8-13.0	12.5 (2.0)	11.2-13.9

Note: values are presented in a unit of centimeters.

Abbreviations: SD, Standard deviation; CI, Confident interval

Table 4.3: Lower extremity strength values (n=60)

Age, year	mean (SD)									
	HF	HE	HAD	HAB	KF	KE	AD	AP*		
7	115.4 (13.1)	247.8 (54.3)	95.0 (19.8)	123.2 (18.4)	97.6 (13.2)	137.0 (20.0)	135.7 (11.4)	391.6 (71.1)		
8	120.3 (24.1)	222.3 (34.6)	96.3 (22.7)	101.4 (18.7)	102.1 (15.7)	133.5 (27.0)	141.4 (27.4)	341.6 (67.3)		
9	125.9 (23.3)	251.0 (88.5)	120.6 (24.5)	142.4 (39.9)	119.0 (21.1)	156.3 (36.9)	162.9 (23.0)	386.9 (113.6)		
10	149.8 (16.5)	288.1 (46.5)	143.9 (27.0)	162.7 (33.2)	138.8 (21.1)	204.1 (51.3)	182.5 (31.8)	450.8 (75.8)		
11	161.7 (28.7)	291.7 (73.8)	140.7 (36.9)	169.0 (28.8)	147.8 (30.3)	208.1 (49.0)	204.3 (36.1)	462.8 (99.2)		
12	168.4 (25.8)	306.2 (50.4)	157.6 (37.7)	179.3 (36.7)	172.1 (46.6)	255.0 (101.1)	223.3 (32.0)	495.1 (68.8)		

Note: Values are presented in a unit of newtons.

Abbreviations: SD, Standard deviation; HF, Hip flexors; HE, Hip extensors; HAD, Hip adductors; HAB Hip abductors; KF, Knee flexors
KE, Knee extensors; AD, Ankle dorsiflexors; AP, Ankle plantarflexors

* Means of plantarflexion force were excluded; 2 values from 10 year-group, 1 value from 11 year-group and 3 values from 12 year-group

4.5 Relationship between Multi-Directional Reach Test and interesting variables

The relationship between multi-directional reach distances in each direction and interesting variables were defined by correlation coefficients (r), as showed in Table 4.4. Fair to moderate the positive relationship ($r = 0.28$ to 0.58 , p -value < 0.05) was found between the multi-directional reach distances and age-anthropometric variables, except for the relationship between weight variable and forward reach distance ($r = 0.25$, p -value > 0.05).

In forward direction, fair relationship was observed between the reach distance and age ($r = 0.40$, p -value < 0.01), height ($r = 0.36$, p -value < 0.01), upper extremity length ($r = 0.39$, p -value < 0.01), foot length ($r = 0.37$, p -value < 0.01) and foot width ($r = 0.39$, p -value < 0.01). The backward reach distance showed a moderate correlation with upper extremity length ($r = 0.51$, p -value < 0.01) and foot length ($r = 0.54$, p -value < 0.01) and also fair relationship was found between backward reach distance and age ($r = 0.44$, p -value < 0.01), height ($r = 0.47$, p -value < 0.01), weight ($r = 0.34$, p -value < 0.01) and foot width ($r = 0.40$, p -value < 0.01). Fair relationship was observed between the reach distance in leftward direction and age ($r = 0.37$, p -value < 0.01), height ($r = 0.31$, p -value < 0.05), weight ($r = 0.28$, p -value < 0.05), upper extremity length ($r = 0.35$, p -value < 0.05), foot length ($r = 0.33$, p -value < 0.05) and foot width ($r = 0.43$, p -value < 0.01). In rightward direction, the reach distance showed a moderate relationship with height ($r = 0.52$, p -value < 0.01), upper extremity length ($r = 0.58$, p -value < 0.01) and foot length ($r = 0.50$, p -value < 0.01) and also showed fair relationship with age ($r = 0.47$, p -value < 0.01), weight ($r = 0.44$, p -value < 0.01) and foot width ($r = 0.42$, p -value < 0.01).

The relationship between scores of the MDRT in each direction and lower extremity strength values were found a fair positive correlation. In forward direction, the reach distance showed fair relationship with hip flexors ($r = 0.34$, p -value < 0.01), knee flexors ($r = 0.34$, p -value < 0.01), knee extensors ($r = 0.28$, p -value < 0.05) and ankle

dorsiflexors ($r = 0.31$, $p\text{-value} < 0.05$). Fair relationship was observed between the reach distance in backward direction and hip flexors ($r = 0.38$, $p\text{-value} < 0.01$), hip adductors ($r = 0.31$, $p\text{-value} < 0.05$), hip abductors ($r = 0.28$, $p\text{-value} < 0.05$), knee flexors ($r = 0.43$, $p\text{-value} < 0.01$) and ankle dorsiflexors ($r = 0.42$, $p\text{-value} < 0.01$). Additionally, fair relationship was found between rightward reach distance and hip flexors ($r = 0.43$, $p\text{-value} < 0.05$), hip adductors ($r = 0.39$, $p\text{-value} < 0.01$), hip abductors ($r = 0.39$, $p\text{-value} < 0.01$), knee flexors ($r = 0.49$, $p\text{-value} < 0.01$), knee extensors ($r = 0.41$, $p\text{-value} < 0.01$) and ankle dorsiflexors ($r = 0.46$, $p\text{-value} < 0.01$). In leftward direction, the reach distance showed a fair correlation with hip flexors ($r = 0.27$, $p\text{-value} < 0.05$) and knee flexors ($r = 0.28$, $p\text{-value} < 0.05$). The results of all associations of the lower extremity strength with scores of the MDRT showed that knee flexor muscles significantly correlated best with multi-directional reach distances for all directions ($r = 0.28$ to 0.49 , $p\text{-value} < 0.05$). In addition, the hip flexor muscles also correlated best with the forward reach distance ($r = 0.34$, $p\text{-value} < 0.01$).

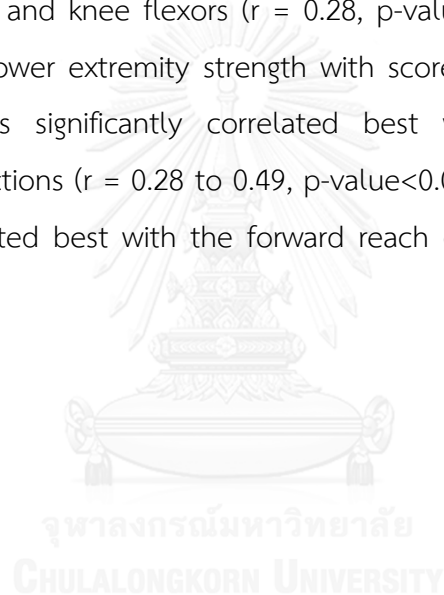


Table 4.4: Correlations between MDRT and interesting variables

Variables	Multi-Directional Reach Test			
	Forward	Backward	Leftward	Rightward
Age¹	0.40 ^{**}	0.44 ^{**}	0.37 ^{**}	0.47 ^{**}
Anthropometric characteristics¹				
Height	0.36 ^{**}	0.47 ^{**}	0.31 [*]	0.52 ^{**}
Weight	0.25	0.34 ^{**}	0.28 [*]	0.44 ^{**}
Upper extremity length	0.39 ^{**}	0.51 ^{**}	0.35 [*]	0.58 ^{**}
Foot length	0.37 ^{**}	0.54 ^{**}	0.33 [*]	0.50 ^{**}
Foot width	0.39 ^{**}	0.40 ^{**}	0.43 ^{**}	0.42 ^{**}
Lower extremity strength²				
Hip flexors	0.34 ^{**}	0.38 ^{**}	0.27 [*]	0.43 [*]
Hip extensors	0.22	0.20	0.07	0.20
Hip adductors	0.25	0.31 [*]	0.16	0.39 ^{**}
Hip abductors	0.21	0.28 [*]	0.23	0.39 ^{**}
Knee flexors	0.34 ^{**}	0.43 ^{**}	0.28 [*]	0.49 ^{**}
Knee extensors	0.28 [*]	0.30	0.24	0.41 ^{**}
Ankle dorsiflexors	0.31 [*]	0.42 ^{**}	0.22	0.46 ^{**}
Ankle plantarflexors	0.06	0.05	0.16	0.06

¹ the correlation coefficient was performed by using Pearson correlation coefficient.

² the correlation coefficient was performed by using Spearman rank correlation coefficient.

* Correlation is significant at the p-value less than 0.05.

** Correlation is significant at the p-value less than 0.01.

CHAPTER 5

DISCUSSION

5.1 Introduction

This chapter presented a study discussion of the factors of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength on Multi-Directional Reach Test (MDRT) in typical children aged 7 to 12 years. This chapter included the subject characteristics, normal values of Multi-Directional Reach Test (MDRT) and lower extremity strength, and the relationship of MDRT with interesting variables. Furthermore, clinical implications of the study, limitations and suggestions for the further study were presented respectively.

5.2 Subject characteristics

The anthropometric characteristics of children including height, weight, upper extremity length (both sides), foot length and foot width were steadily improved with age. This study recruited the children 7 to 12 years old because the adult-like balance pattern begin to emerge in children 7 years of age and seem to perform mature balance in forward direction by 11 to 12 years old (Donahoe et al., 1994; Shumway-Cook & Woollacott, 2012). The sample size in this study was calculated from the pilot study. All dependent variables, the sample size was between 18 and 30 children per direction (Appendix B). It would be sufficient to examine all dependent variables.

5.3 Multi-Directional Reach Test

The multi-directional reach distances seemed to increase with age in all directions. By 7 to 9 years of age, children in these age groups had a variation of reach distances in all directions as a fluctuation pattern. Moreover, the fluctuation pattern of MDRT score still appeared to children aged 12 years old in backward direction.

The reach distances may be varied by several factors such as the developmental of postural control in this age range of children that begin to transform toward a more consistent strategy pattern as an adult-like balance pattern. Hence, the patterns that used to response balance perturbation of children in this age range may show a fluctuation (Shumway-Cook & Woollacott, 2012). Also, the movement strategy that children preferred to perform may be affected to scores of the MDRT. The children may use different movement strategies to maintain their balance during reaching. From observation during testing, most children aged 8 years old used a hip strategy to perform the MDRT. Chen-Fen-Liao and Sang-I Lin studied the effects of different movement strategies on forward reach distance in healthy young adults. It was found that the reach distances in hip or mixed strategies were significantly higher than an ankle strategy (Liao & Lin, 2008). This result agrees with the finding of the previous study in children that the reach distances were affected by different movement strategies (Hirunyaphinun & Taweetanalarp, 2017) and investigators also suggested the varied movement strategies should be taken into account (Hirunyaphinun & Taweetanalarp, 2017; Yuksel et al., 2016). The fluctuation pattern of backward reach distance still showed in the children aged 7 to 12 years old. This implies that the postural control in this direction tends to improve further and also the reach distances in other directions have a tendency to improve with increasing age. In contrast to this study finding, Donahoe and colleagues found that the forward reach distance reached a plateau at 11 to 12 years of children (Donahoe et al., 1994).

5.4 Lower extremity strength values

The lower extremity strength values in eight muscle groups including hip flexor, hip extensor, hip adductor, hip abductor, knee flexor, knee extensors, ankle dorsiflexor and ankle plantarflexor muscles tended to improve with increasing age in all muscle groups. Actually, the lower extremity strength values in children aged 8 years old tended to lower values than children 7 years old, especially group of extended muscles including hip extensor, hip abductor, knee extensor and ankle plantarflexor muscles. It may be resulted from variability of children that showed the fluctuating

pattern to develop. This result agrees with the finding of the previous study of Beenakker and colleagues that was established reference values for muscle force in children aged 4 to 16 years of age (Beenakker et al., 2001).

5.5 Relationship between MDRT and age-anthropometric characteristics

The relationship between multi-directional reach distances and age-anthropometric variables was found that all variables showed a fair to moderate relationship ($r = 0.28$ to 0.58 , p -value < 0.05) with the scores of MDRT for all directions, except for the relationship between weight variable and forward reach distance ($r = 0.25$, p -value > 0.05). This results was similar to the study of Yuksel and colleagues, they reported that fair to moderate relationship was found between the anthropometric variables including age, height, weight, upper extremity length, lower extremity length, body mass index and arm span with forward and lateral reach distances (Yuksel et al., 2016). However, it has not been studied in the backward reach test in children. Therefore, the reach distance in backward direction was included into the analysis and results of this study demonstrated that all anthropometrics also associated with the reach distances in backward direction.

In addition, results of this study showed that the multi-directional reach distances in each direction correlated best with the different variables. Age correlated best with the reach distance in forward direction ($r = 0.40$, p -value < 0.01). Also, foot length, foot width and upper extremity length correlated best with the backward, leftward and rightward reach distances, respectively ($r = 0.43$ to 0.58 , p -value < 0.01). Considering about the intercorrelation of anthropometric variables, all variables had a strong positive relationship (Appendix H) and also improved with increasing age which was implied that all variables directly correlated with growth; therefore, all anthropometric variables might be also potentially affecting to the reaching scores. These findings were congruent with the previous reports, Donahoe and colleagues found that the forward reach distance improved with increasing age (Donahoe et al.,

1994), as reported by Habib and Westcott claimed that the reach distances were influenced by age of children, accounted for 17% of variance and also in height, weight and base of support that affect to the reaching scores (Habib & Westcott, 1998) and also the result of Butz and colleagues, investigators suggested that upper extremity length was a good predictor for scores of the Pediatric Reach Test (Butz et al., 2015).

5.6 Relationship between MDRT and lower extremity strength

The relationship between multi-directional reach distances and lower extremity strength values were demonstrated that muscle strength in several muscle groups fair correlated with scores of the MDRT. In forward direction, the reach distance showed a fair relationship with hip flexors, knee flexors, knee extensors and ankle dorsiflexors ($r = 0.28$ to 0.34 , p -value < 0.05). Fair relationship was observed between the reach distance in backward direction and hip flexors, hip adductors, hip abductors, knee flexors and ankle dorsiflexors ($r = 0.28$ to 0.43 , p -value < 0.01). Also, fair relationship was found between rightward reach distance and hip flexors, hip adductors, hip abductors, knee flexors, knee extensors and ankle dorsiflexors ($r = 0.39$ to 0.49 , p -value < 0.01). In leftward direction, the reach distance showed a fair correlation with hip flexors and knee flexors ($r = 0.27$ to 0.28 , p -value < 0.05).

Considering about the magnitude of correlations, the present study point out the knee flexor muscles significantly correlated best with the multi-directional reach distances for all directions ($r = 0.28$ to 0.49 , p -value < 0.05). From the study of Maranesi and coworker, muscle activation patterns in Functional Reach Test (FRT) were found in posterior muscles of the body, consisting of back extensor (erectores spinae), knee flexor (hamstring) and ankle plantarflexor (soleus) muscles. These muscles were activated after the beginning of the movement (Maranesi et al., 2016). Knee flexor muscles including semimembranosus, semitendinosus and biceps femoris act mainly as tonic muscles to control movement or breaking function. Also, the

result of this study showed that the function of knee flexor muscles was not only important to control forward reaching movement, but also essential to control balance during performing the MDRT in all directions. This result agrees with the finding of the previous study of Kuo and Zajac, investigators reported that the strength of knee flexor (hamstrings) muscles associated with the ability to generate movement during leaning position in both of the hip and ankle strategies, especially in backward direction. Also, investigators suggested that the strength of posterior muscle of the lower extremity including gastrocnemius, soleus, hamstrings, and gluteus medius/minimus muscles contributed to greater increases in mobility of the forward and backward leaning positions (Kuo & Zajac, 1993). In addition, the hip flexor muscles also correlated best with the forward reach distance ($r = 0.34$, p -value < 0.01). This muscle group may be involved for achieving a greater forward movement, especially the movement pattern in hip strategy. The magnitudes of associations in present study indicated fair relationship between lower extremity strength and scores of the MDRT. A possible explanation for this result might be that the regimen of the MDRT may not require to the maximal lower extremity strength.

5.7 The clinical implications of the study

The study finding may help physical therapists comprehend the effects of interesting variables which clinically relevant on limits of stability in each direction. For example, the early-maturing children who have larger anthropometric variables such as upper extremity length, foot length or foot width may show higher values of multi-directional reach distances comparing with slow growing children with short stature in similar age range. It implies that the investigator should be considering various anthropometrics of children that were affected to the multi-directional reach scores. Additionally, the relationship between lower extremity strength and scores of the MDRT demonstrated that the strength of knee flexor muscles was important to control balance during performing the MDRT in all directions. These results may be helpful for physical therapist to comprehend the effects of interesting variables which clinically relevant on limits of stability.

5.8 The limitations of the study and suggestions for further study

The equipment for collecting muscle strength values in this study was limited. Hand-held dynamometer was able to collect the highest force at 554 newtons that unable collecting data for all children. Therefore; further study should be considering the maximal force that participants will be able to perform and plan to select appropriate equipment.

The score of MDRT was affected by individual's different movement strategies. Hence, the movement strategy should be taken into account. For further study, if the MDRT is to be used for comparing balance ability, the movement strategy should be controlled. Then the result can be interpreted more correctly when comparing the result among children. Moreover, it may present higher relationship between the MDRT and other variables tested in this study.

CHAPTER 6

CONCLUSION

The results of this study were able to explain the effects of age, anthropometric characteristics and lower extremity strength on multi-directional reach distances in each direction. These results demonstrated that the fluctuation pattern of the MDRT scores still appeared in early children, by 7 to 9 years of age, and also the reaching scores in all directions have a tendency to improve with increasing age. The association of interesting variables with scores of the MDRT demonstrated that fair to moderate positive correlations were found between several anthropometric variables and the scores of the MDRT in each direction. In addition, the relationship between reach distances and lower extremity strength indicated that the strength of several muscle groups associated with the reach distances in each direction. The present study point out the knee flexor muscles significantly correlated best with the reach distances for all directions.

REFERENCES

- Aitkens, S., Lord, J., Bernauer, E., Fowler, W. M., Lieberman, J. S., & Berck, P. (1989). Relationship of manual muscle testing to objective strength measurements. *Muscle Nerve*, *12*(3), 173-177.
- Alexander, N. B. (1994). Postural control in older adults. *J Am Geriatr Soc*, *42*(1), 93-108.
- Allum, J., Bloem, B., Carpenter, M., Hulliger, M., & Hadders-Algra, M. (1998). Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait and Posture*, *8*(3), 214-242.
- Alvarez, C., De Vera, M., Chhina, H., & Black, A. (2008). Normative data for the dynamic pedobarographic profiles of children. *Gait & Posture*, *28*(2), 309-315.
- Bartlett, D., & Birmingham, T. (2003). Validity and reliability of a Pediatric Reach Test. *Pediatr Phys Ther*, *15*(2), 84-92.
- Beenakker, E. A., van der Hoeven, J. H., Fock, J. M., & Maurits, N. M. (2001). Reference values of maximum isometric muscle force obtained in 270 children aged 4-16 years by hand-held dynamometry. *Neuromuscular Disorders*, *11*(5), 441-446.
- Berry, E. T., Giuliani, C. A., & Damiano, D. L. (2004). Intrasession and intersession reliability of handheld dynamometry in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*, *16*(4), 191-198.
- Bohannon, R. W. (1988). Make tests and break tests of elbow flexor muscle strength. *Physical Therapy*, *68*(2), 193-194.
- Butz, S. M., Sweeney, J. K., Roberts, P. L., & Rauh, M. J. (2015). Relationships among age, gender, anthropometric characteristics, and dynamic balance in children 5 to 12 years old. *Pediatr Phys Ther*, *27*(2), 126-133.
- Chen, C.-l., Shen, I.-h., Chen, C.-y., Wu, C.-y., Liu, W.-Y., & Chung, C.-y. (2013). Validity, responsiveness, minimal detectable change, and minimal clinically important change of Pediatric Balance Scale in children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities*, *34*(3), 916-922.

- Day, B., Steiger, M., Thompson, P., & Marsden, C. (1993). Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. *Journal of Physiology*, *469*(1), 479-499.
- Department of health, t. T. M. o. P. H. (1999). Thai children's growth chart. Retrieved 11 January 2016
- Deshmukh, A. A., Ganesan, S., & Tedla, J. S. (2011). Normal values of Functional Reach and Lateral Reach Tests in Indian school children. *Pediatr Phys Ther*, *23*(1), 23-30.
- Donahoe, B., Turner, D., & Worrell, T. (1994). The use of Functional Reach as a measurement of balance in boys and girls without disabilities ages 5 to 15 years. *Pediatr Phys Ther*, *6*(4), 189-193.
- Duncan, P. W., Weiner, D. K., Chandler, J., & Studenski, S. (1990). Functional Reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*, *45*(6), M192-M197.
- Eek, M. N., Kroksmark, A.-K., & Beckung, E. (2006). Isometric muscle torque in children 5 to 15 years of age: normative data. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *87*(8), 1091-1099.
- Franjoine, M. R., Gunther, J. S., & Taylor, M. J. (2003). Pediatric Balance Scale: a modified version of the Berg Balance Scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. *Pediatr Phys Ther*, *15*(2), 114-128.
- Habib, Z., & Westcott, S. (1998). Assessment of anthropometric factors on balance tests in children. *Pediatr Phys Ther*, *10*(3), 101-109.
- Habib, Z., Westcott, S., & Valvano, J. (1999). Assessment of balance abilities in Pakistani children: a cultural perspective. *Pediatr Phys Ther*, *11*(2), 73-82.
- Hatzitaki, V., Zlsi, V., Kollias, I., & Kioumourtzoglou, E. (2002). Perceptual-motor contributions to static and dynamic balance control in children. *J Mot Behav*, *34*(2), 161-170.
- Hay, L., & Redon, C. (1999). Feedforward versus feedback control in children and adults subjected to a postural disturbance. *Experimental Brain Research*, *125*(2), 153-162.

- Hirunyaphinun, B., & Taweetanalarp, S. (2017). *Effects of various movement strategies on forward and backward reach distance in typical children*. Paper presented at the RSU National Research Conference 2017.
- Holbein-Jenny, M. A., Billek-Sawhney, B., Beckman, E., & Smith, T. (2005). Balance in personal care home residents: a comparison of the Berg Balance Scale, the Multi-Directional Reach Test, and the Activities-Specific Balance Confidence Scale. *Journal of Geriatric Physical Therapy, 28*(2), 48-53.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing, 35*(suppl 2), ii7-ii11.
- Horak, F. B., Henry, S. M., & Shumway-Cook, A. (1997). Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Physical Therapy, 77*(5), 517-533.
- Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *Journal of Neurophysiology, 55*(6), 1369-1381.
- Ibrahim, A. I., Muaidi, Q. I., Abdelsalam, M. S., Hawamdeh, Z. M., & Alhusaini, A. A. (2013). Association of postural balance and isometric muscle strength in early- and middle-school-age boys. *J Manipulative Physiol Therapeut, 36*(9), 633-643.
- Jones, M., & Stratton, G. (2000). Muscle function assessment in children. *Acta Paediatrica, 89*(7), 753-761.
- Kirshenbaum, N., Riach, C., & Starkes, J. (2001). Non-linear development of postural control and strategy use in young children: a longitudinal study. *Experimental Brain Research, 140*(4), 420-431.
- Kuo, A. D., & Zajac, F. E. (1993). A biomechanical analysis of muscle strength as a limiting factor in standing posture. *Journal of Biomechanics, 26*, 137-150.
- Langley, F., & Mackintosh, S. F. (2007). Functional balance assessment of older community dwelling adults: a systematic review of the literature. *The Internet Journal of Allied Health Sciences and Practice, 5*(4), 1-11.
- Lebiedowska, M. K., & Syczewska, M. (2000). Invariant sway properties in children. *Gait and Posture, 12*(3), 200-204.

- Liao, C.-F., & Lin, S.-I. (2008). Effects of different movement strategies on forward reach distance. *Gait & Posture*, *28*(1), 16-23.
- Macfarlane, T. S., Larson, C. A., & Stiller, C. (2008). Lower extremity muscle strength in 6-to 8-year-old children using hand-held dynamometry. *Pediatric Physical Therapy*, *20*(2), 128-136.
- Mancini, M., & Horak, F. B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Med Rehabil*, *46*(2), 239-248.
- Maranesi, E., Di Nardo, F., Rabini, R. A., Ghetti, G. G., Burattini, L., Mercante, O., & Fioretti, S. (2016). Muscle activation patterns related to diabetic neuropathy in elderly subjects: A Functional Reach Test study. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, *32*, 236-240.
- Melzer, I., Benjuya, N., Kaplanski, J., & Alexander, N. (2009). Association between ankle muscle strength and limit of stability in older adults. *Age and ageing*, *38*(1), 119-123.
- Nevitt, M. C., Cummings, S. R., Kidd, S., & Black, D. (1989). Risk factors for recurrent nonsyncopal falls: a prospective study. *Jama*, *261*(18), 2663-2668.
- Newton, R. A. (1997). Balance screening of an inner city older adult population. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *78*(6), 587-591.
- Newton, R. A. (2001). Validity of the Multi-Directional Reach Test a practical measure for limits of stability in older adults. *J Gerontol Biol Med Sci*, *56*(4), M248-M252.
- Norris, R. A., Wilder, E., & Norton, J. (2008). The functional reach test in 3- to 5-year-old children without disabilities. *Pediatr Phys Ther*, *20*(1), 47-52.
- Podsiadlo, D., & Richardson, S. (1991). The Timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, *39*(2), 142-148.
- Pollock, A. S., Durward, B. R., Rowe, P. J., & Paul, J. P. (2000). What is balance? *Clinical Rehabilitation*, *14*(4), 402-406.
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2009). *Foundations of Clinical Research Applications to Practice* (3rd ed.). Pearson Education, New Jersey.
- Riach, C., & Starks, J. (1994). Velocity of centre of pressure excursions as an indicator of postural control systems in children. *Gait and Posture*, *2*(3), 167-172.

- Rival, C., Ceyte, H., & Olivier, I. (2005). Developmental changes of static standing balance in children. *Neuroscience Letters*, *376*(2), 133-136.
- Roncesvalles, M. N. C., Woollacott, M. H., Brown, N., & Jensen, J. L. (2004). An emerging postural response: is control of the hip possible in the newly walking child? *J Mot Behav*, *36*(2), 147-159.
- Saether, R., Helbostad, J. L., Riphagen, I. I., & Vik, T. (2013). Clinical tools to assess balance in children and adults with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *55*(11), 988-999.
- Schwartz, S., Cohen, M. E., Herbison, G. J., & Shah, A. (1992). Relationship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *73*, 1063-1068.
- Seagraves, F. E., & Horvat, M. (1995). Comparison of isometric test procedures to assess muscular strength in elementary school girls. *Pediatric Exercise Science*, *7*, 61-68.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. (2012). *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice* (4th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Society, A. G., Society, G., Prevention, O. F., & Panel, O. S. (2001). Guideline for the prevention of falls in older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, *49*(5), 664-672.
- Stratford, P. W., & Balsor, B. E. (1994). A comparison of make and break tests using a hand-held dynamometer and the Kin-Com. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, *19*(1), 28-32.
- Takken, T., Elst, E., Spermon, N., Helders, P. J., Prakken, A., & Van der Net, J. (2003). The physiological and physical determinants of functional ability measures in children with juvenile dermatomyositis. *Rheumatology*, *42*(4), 591-595.
- Tantisuwat, A., Chamonchant, D., & Boonyong, S. (2014). Multi-Directional Reach Test: an investigation of the limits of stability of people aged between 20–79 years. *J Phys Ther Sci*, *26*(6), 877-880.

- Tinetti, M. E., Williams, T. F., & Mayewski, R. (1986). Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *The American journal of medicine*, *80*(3), 429-434.
- Volkman, K. G., Stergiou, N., Stuber, W., Blanke, D., & Stoner, J. (2007). Methods to improve the reliability of the Functional Reach Test in children and adolescents with typical development. *Pediatr Phys Ther*, *19*(1), 20-27.
- Volkman, K. G., Stergiou, N., Stuber, W., Blanke, D., & Stoner, J. (2009). Factors affecting functional reach scores in youth with typical development. *Pediatr Phys Ther*, *21*(1), 38-44.
- Williams, E. N., Carroll, S. G., Reddihough, D. S., Phillips, B. A., & Galea, M. P. (2005). Investigation of the Timed 'Up & Go' test in children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *47*(08), 518-524.
- Williams, H. G., Fisher, J. M., & Tritschler, K. A. (1983). Descriptive analysis of static postural control in 4, 6, and 8 year old normal and motorically awkward children. *American Journal of Physical Medicine*, *62*(1), 12-26.
- Winter, D. A., Prince, F., Frank, J., Powell, C., & Zabjek, K. F. (1996). Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *Journal of Neurophysiology*, *75*(6), 2334-2343.
- Woollacott, M. H., Burtner, P., Jensen, J., Jasiewicz, J., Roncesvalles, N., & Sveistrup, H. (1998). Development of postural responses during standing in healthy children and children with spastic diplegia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *22*(4), 583-589.
- Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (1990). Changes in posture control across the life span—a systems approach. *Physical Therapy*, *70*(12), 799-807.
- Yi, S.-H., Hwang, J. H., Kim, S. J., & Kwon, J.-Y. (2012). Validity of Pediatric Balance Scales in children with spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics*, *43*(6), 307-313.
- Yuksel, E., Ozcan Kahraman, B., Nalbant, A., Kocak, U. Z., & Unver, B. (2016). Functional Reach and Lateral Reach Tests in Turkish Children. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 1-10.



APPENDIX

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

APPENDIX A
ETHICAL APPROVAL

Ethical approval granted by the Ethic Review Committee for Research Involving Human Research Subjects, Health Science Group, Chulalongkorn University.



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

COA No. 114/2016



Certificate of Approval

Study Title No. 078.1/59 : FACTORS OF AGE, ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS, AND LOWER EXTREMITY STRENGTH ON MULTI-DIRECTIONAL REACH TEST IN TYPICAL CHILDREN AGED 7-12 YEARS

Principal Investigator : MISS BENJAPORN HIRUNYAPHINUN

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 : 2 June 2016

Approval Expire date : 1 June 2017

The approval documents including

- 1) Research proposal
- 2) Patient/Participant Information Sheet and Informed Consent Form
- 3) Researcher  Protocol No. 078.1/59
- 4) Questionnaire Date of Approval - 2 JUN 2016
Approval Expire Date - 1 JUN 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

SAMPLE SIZE CALCULATION

The sample size was calculated by G*Power program version 3.1.9.2 using correlation-bivariate normal model. Parameters that used to estimate the number of participants were included 1) correlation, this value calculated from the coefficient of determination between interesting variables and reach distances in each direction (forward direction = 0.353, backward direction = 0.419, leftward direction = 0.397, rightward direction = 0.530). 2) Alpha error was set at 0.05 and 3) Power was set at 95%. Results from calculation showed the sample sizes were between 18 to 30 per direction. The justified total number of sample size was 60.

Table J1 Sample size of the study in each variable

Direction of MDRT	Number of sample size
Forward	30
Backward	24
Leftward	26
Rightward	18

APPENDIX C
SCREENING QUESTIONNAIRE

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย

**แบบคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมการวิจัย
สำหรับพ่อแม่ ผู้ปกครอง และผู้อยู่ในปกครอง**

คำชี้แจง: ข้อมูลแบบคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัยจากผู้ปกครองฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาคุณสมบัติของผู้เข้าร่วมการวิจัย ดิฉันจึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในการตอบแบบคัดกรอง โดยขอให้ท่านตอบตามความเป็นจริง เพราะคำตอบของท่านมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

วัน/เดือน/ปีเกิด/...../..... อายุ ปี เดือน เพศ ชาย หญิง

โรคประจำตัว:.....

ส่วนที่ 2: โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่องว่าง

ใช่ ไม่ใช่

1. เด็กมีอาการปวดตามส่วนต่างๆ ของร่างกายดังต่อไปนี้ แขน ขา หรือหลัง
2. เด็กมีประวัติกระดูกหักบริเวณแขน หรือขา มีการผิดรูปของข้อต่ออย่างเห็นได้ชัด มีการจำกัดการเคลื่อนไหวตามข้อต่อ บริเวณแขน ขา หรือหลัง
3. เด็กมีประวัติความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น อารมณ์ชัก
4. เด็กมีปัญหาด้านสายตา ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยแว่นสายตา หรือคอนแทคเลนส์
5. 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ เด็กได้รับยาที่ส่งผลให้เกิดอาการง่วงนอน เช่น ยาคลายกล้ามเนื้อ ยาลดน้ำมูก เป็นต้น

ส่วนที่ 3: ข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย

งานอดิเรก/กิจกรรมยามว่าง:.....

การออกกำลังกาย/กีฬาที่เล่นเป็นประจำ:.....

ระยะเวลาที่ออกกำลังกาย:..... ชั่วโมง/สัปดาห์

วิชาพลศึกษา ปัจจุบันเรียนการออกกำลังกาย/กีฬาประเภท:.....

จำนวนชั่วโมงที่เรียนวิชาพลศึกษา:..... ชั่วโมง/สัปดาห์

ปัจจุบันบุตรหลานของท่านเป็นนักกีฬาหรือไม่

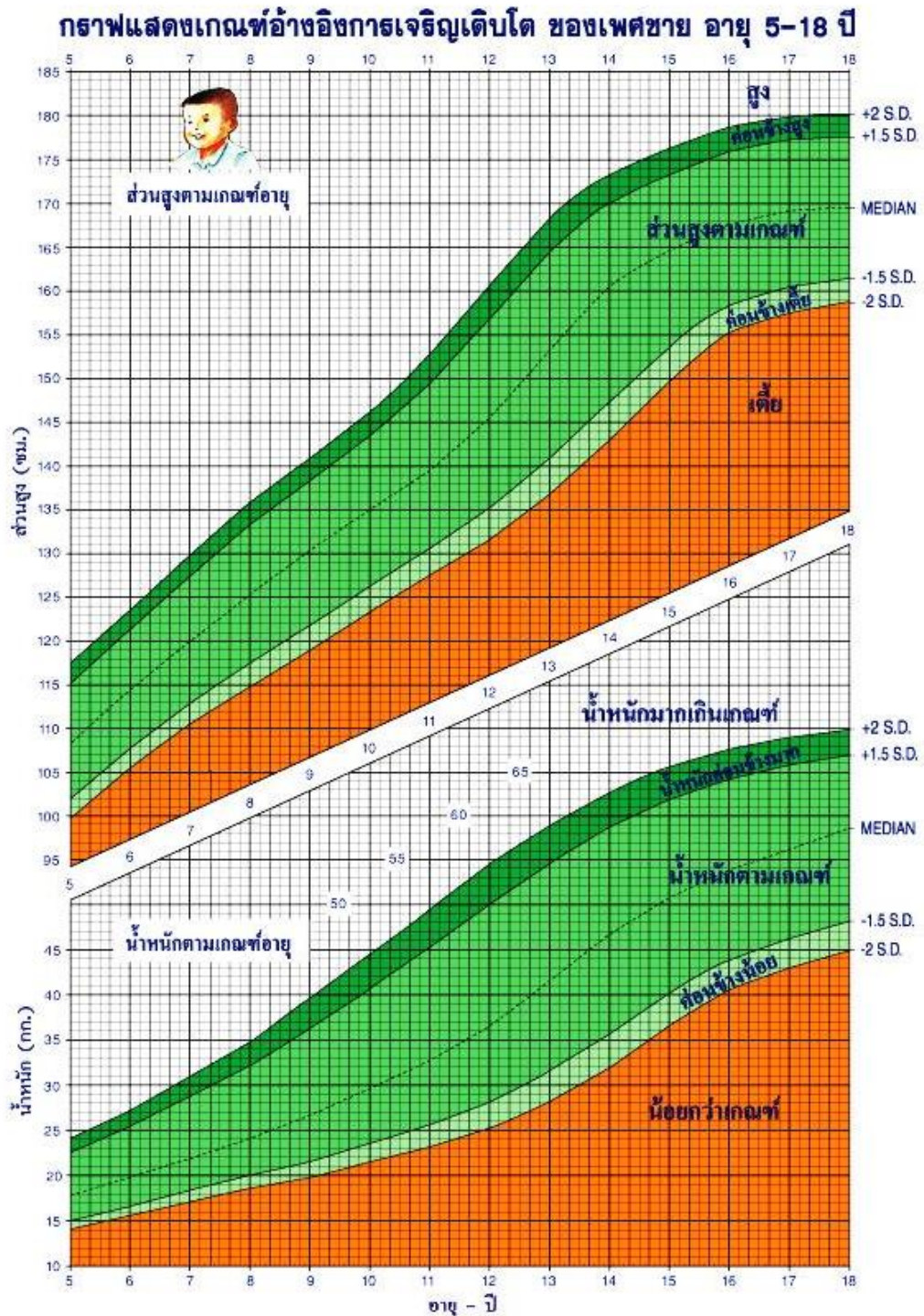
 ไม่เป็น เป็น โปรตรระบุประเภทกีฬา.....

ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเป็นนักกีฬา.....ปี.....เดือน

ระยะเวลาการฝึกซ้อม:..... ชั่วโมง/สัปดาห์

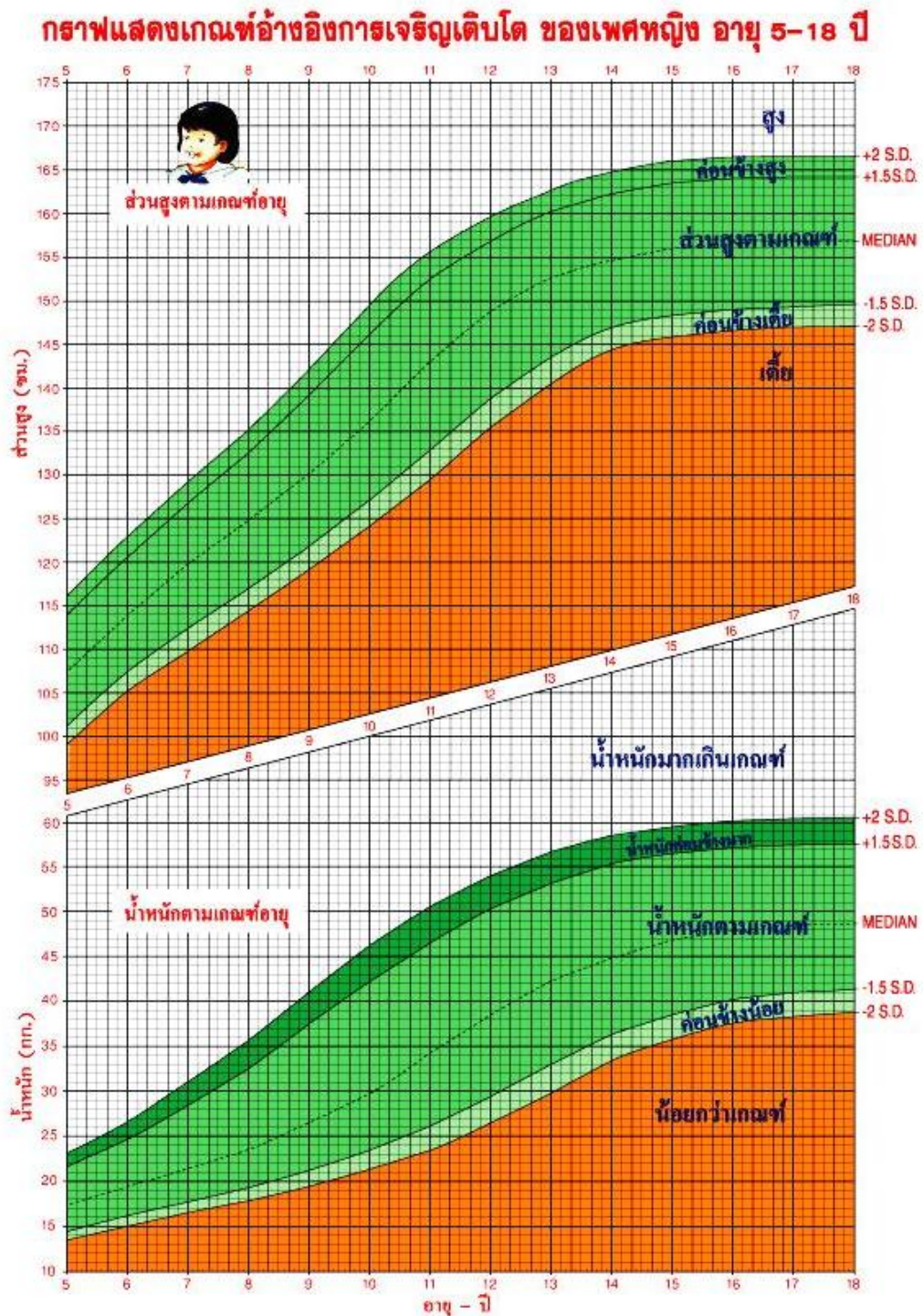
APPENDIX D

THAI CHILDREN'S GROWTH CHART



Thai children's growth chart: stature-for-age and weight-for-age percentile

(Boys: 5 to 18 years old)



Thai children's growth chart: stature-for-age and weight-for-age percentile

(Girls: 5 to 18 years old)

APPENDIX E
PERSONAL DATA COLLECTION FORM

โครงการวิจัยเรื่อง

(ภาษาไทย) ปัจจัยของอายุ ลักษณะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กปกติ อายุ 7 - 12 ปี

(ภาษาอังกฤษ) Factors of Age, Anthropometric Characteristics and Lower Extremity Strength on Multi-Directional Reach Test in Typical Children Aged 7 - 12 Years

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

รหัสผู้เข้าร่วมวิจัย อายุ ปี เดือน

ส่วนสูง เซนติเมตร น้ำหนัก กิโลกรัม

ความยาวแขน: ข้างซ้าย เซนติเมตร ข้างขวา เซนติเมตร

ความยาวเท้า: ข้างซ้าย เซนติเมตร ข้างขวา เซนติเมตร

ความกว้างเท้า: ข้างซ้าย เซนติเมตร ข้างขวา เซนติเมตร

ส่วนที่ 2: ข้อมูลเกี่ยวกับกิจกรรมทางกาย

งานอดิเรก:

การออกกำลังกาย/กีฬาที่เล่นเป็นประจำ:

ระยะเวลาที่ออกกำลังกาย: ชั่วโมง/สัปดาห์

วิชาพลศึกษา ปัจจุบันเรียนการออกกำลังกาย/กีฬาประเภท:

จำนวนชั่วโมงที่เรียนวิชาพลศึกษา: ชั่วโมง/สัปดาห์

นักกีฬา ไม่เป็น เป็น ระบุกีฬา

ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเป็นนักกีฬา ปี เดือน

ระยะเวลาการฝึกซ้อม: ชั่วโมง/สัปดาห์

ส่วนที่ 3: ตารางบันทึกข้อมูลระยะทางการเอื้อมหลายทิศทาง

Multi-Directional Reach Test

Participant no.:

Date of assessment:

Directions		Start	End	Difference	Mean
no.					
.....	Forward direction	.....	.....	.....	.....
.....	Backward direction	.....	.....	.....	.....
.....	Leftward direction	.....	.....	.....	.....
.....	Rightward direction	.....	.....	.....	.....

Reaching strategy Hip strategy
 Ankle strategy
 Mixed strategy

ส่วนที่ 4: ตารางบันทึกข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

Lower extremity strength

Participant no.:

Date of assessment:

		Trial 1	Trial 2	Trial 3	Mean
Muscle groups		Lt. / Rt.	Lt. / Rt.	Lt. / Rt.	Lt. / Rt.
Hip	Flexors	.....	.....	.....	.....
	Extensors	.....	.....	.....	.....
	Adductors	.....	.....	.....	.....
	Abductors	.....	.....	.....	.....
Knee	Flexors	.....	.....	.....	.....
	Extensors	.....	.....	.....	.....
Ankle	Dorsiflexors	.....	.....	.....	.....
	Plantarflexors	.....	.....	.....	.....

APPENDIX F

RELIABILITY TESTING

A reliability testing was performed to investigate the consistency of investigator before collecting the data. Intraclass correlation coefficient (ICC) was used to describe the test-retest, intrarater, and interrater reliability across all variables collection including anthropometric characteristics, Multi-directional Reach Test (MDRT), and lower extremity strength.

The data collection for reliability testing separated into two sessions were included anthropometric testing session and MDRT-lower extremity strength testing session. The session of anthropometric testing was set to investigate the reliability of anthropometric measurements including height, weight, lower extremity length, foot length and foot width for ensuring a quality of participant selection based on criteria and also the consistency of ability to locate bony prominent. All of the anthropometrics were collected in 5 healthy young adults at faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University. The MDRT-lower extremity strength testing session was set to examine the consistency of investigator for collecting the data which were collected in 5 typical children aged 7 to 12 year-old at Nidhipriya School.

The ICC was performed with IBM SPSS Statistics version 22 for Window using the two-way mixed model. The ICC values were interpreted as good reliability when coefficient greater than 0.75, moderate reliability when coefficient ranged from 0.50 to 0.75, and poor reliability when coefficient less than 0.50 (Portney & Watkins, 2009). The mean and standard deviation of anthropometric characteristics, MDRT, and lower extremity strength were showed in Table I.1, I.3, I.5, respectively and the reliability of anthropometric characteristics, MDRT, and lower extremity strength were showed in Table I.2, I.4, I.6, respectively.

Table I.1 Mean (SD) of anthropometric characteristics in 5 healthy young adults

Anthropometrics	Tester 1		Tester 2	
	Day 1	Day 2	Day 1	Day 2
Height, cm	158.7 (5.9)	158.8 (5.7)	158.5 (5.6)	158.5 (5.9)
Weight, kg	55.0 (12.8)	55.0 (12.8)	55.0 (12.8)	55.0 (12.8)
LE length, cm	88.5 (3.6)	88.8 (3.4)	89.8 (4.3)	88.9 (4.4)
UE length, cm	74.7 (2.8)	74.8 (2.8)	74.9 (3.0)	75.1 (3.3)
Foot length, cm	23.4 (0.8)	23.3 (0.9)		
Foot width, cm	8.90 (0.8)	8.94 (0.7)		

Abbreviations: LE, Lower extremity; UE, Upper extremity length

Table I.2 Test-retest, intrarater and interrater reliability of anthropometric measurements in 5 healthy young adults, ICC (3, 1)

Anthropometrics	Intrarater reliability		Interrater reliability
	Tester 1	Tester 2	
Height	0.998	0.994	0.998
Weight	Test-retest reliability of measuring scale = 1.00		
LE length	0.987	0.971	0.952
UE length	0.982	0.987	0.980
Foot length	0.999		
Foot width	0.962		

Abbreviations: LE, Lower extremity; UE, Upper extremity length

Table I.3 Mean (SD) of MDRT in 5 typical children

Direction of MDRT	Day 1	Day 2
Forward	12.3 (7.6)	12.1 (5.2)
Backward	9.3 (4.1)	9.6 (3.8)
Leftward	11.1 (2.3)	12.1 (1.9)
Rightward	13.1 (4.9)	11.7 (3.1)

Table I.4 Intrarater reliability of MDRT in 5 typical children, ICC (3, 3)

Direction of MDRT	Intrarater reliability
Forward	0.964
Backward	0.970
Leftward	0.888
Rightward	0.927

Table I.5 Mean (SD) of lower extremity strength in 5 typical children

Group of muscles	Day 1	Day 2	
flexors	159.6 (50.4)	161.8 (54.4)	
Hip	extensors	325.6 (68.3)	343.0 (73.0)
	adductors	149.7 (61.7)	155.8 (54.6)
	abductors	183.2 (51.5)	183.4 (60.8)
	flexors	166.4 (62.9)	161.8 (60.1)
Knee	extensors	229.8 (94.6)	246.8 (87.8)
	dorsiflexors	204.6 (79.3)	207.8 (78.9)
Ankle	plantarflexors	497.6 (63.5)	460.8 (91.9)

Table I.6 Intrarater reliability of lower extremity strength testing in 5 typical children, ICC (3, 3)

Group of muscles	Intrarater reliability	
Hip	flexors	0.980
	extensors	0.989
	adductors	0.984
	abductors	0.993
Knee	flexors	0.994
	extensors	0.993
Ankle	dorsiflexors	0.992
	plantarflexors	0.925

In this study, test-retest, intrarater, and interrater reliability of data collection including anthropometric characteristics, MDRT, and lower extremity strength were good reliability. These finding supported that the protocol was suitable for data collection in all interesting variables with minimize errors.

APPENDIX G
INFORMATION SHEET

ข้อมูลสำหรับผู้ปกครองของเด็กที่เข้าร่วมวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ปัจจัยของอายุ ลักษณะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กปกติ อายุ 7 – 12 ปี
ชื่อผู้วิจัย	นางสาวเบญจพร หิรัญญาภินันท์
ตำแหน่ง	นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชากายภาพบำบัด แขนงวิชากายภาพบำบัดในเด็ก คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	
(ที่ทำงาน)	คณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 154 ถนนพระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
(ที่บ้าน)	2/11 หมู่บ้านสินทอง ซอยร่มเกล้า 28 ถนนร่มเกล้า แขวงคลองสาม- ประเวศ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
	โทรศัพท์มือถือ 083-924-1828 E-mail: crissicle_advanger@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เป็นโครงการศึกษาปัจจัยต่างๆ อันประกอบด้วย อายุ ลักษณะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กไทยอายุระหว่าง 7 – 12 ปี โดยการทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบความสามารถในการทรงตัว และเป็นการประเมินขอบเขตความมั่นคงของร่างกาย

ขอบเขตความมั่นคงของร่างกาย คือ พื้นที่ หรือขอบเขตที่สามารถเคลื่อนจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายไปในทิศทางต่างๆได้มากที่สุด โดยที่ไม่มีการสูญเสียการทรงตัว หรือปรับเปลี่ยนฐานรองรับน้ำหนัก (ตำแหน่งการวางเท้า) ซึ่งขอบเขต หรือพื้นที่ยังกล่าว สามารถประเมินได้จากระยะทางการเอื้อมหลายทิศทาง ประกอบด้วย ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา

3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาผลของอายุ ลักษณะสัดส่วนของร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กไทยอายุระหว่าง 7 – 12 ปี รวมถึงศึกษาหาค่าปกติของการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กไทย

4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลักษณะของเด็กที่เข้าร่วมวิจัย ประกอบด้วย

เกณฑ์การคัดเลือกเข้า

- 1) เด็กไทยสุขภาพแข็งแรง อายุ 7 – 12 ปี
- 2) ความสูง และน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- 3) ถนัดมือขวา
- 4) สามารถเข้าใจ และทำตามคำสั่งได้

เกณฑ์การคัดออก

- 1) มีความผิดปกติทางระบบกระดูก และกล้ามเนื้อที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทดสอบ เช่น มีอาการปวดตามส่วนต่างๆของร่างกาย ข้อต่อมีการจำกัดการเคลื่อนไหวกระดูกแขน ขา หรือหลังผิดปกติ หรือความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันมากกว่า 2 เซนติเมตร
- 2) มีประวัติทางระบบประสาท เช่น อาการชัก
- 3) การมองเห็นผิดปกติ และยังไม่ได้รับการแก้ไข
- 4) ได้รับการรักษาทางการแพทย์ที่ส่งผลให้เกิดอาการง่วงนอน ก่อนการทดสอบ 24 ชั่วโมง
- 5) เด็กที่ไม่สามารถทำการทดสอบได้สำเร็จ

*เกณฑ์การคัดออก ข้อ 1-4 เป็นข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามจากผู้ปกครอง

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาในเด็กที่มีช่วงอายุระหว่าง 7 – 12 ปี จำนวนทั้งหมด 120 คน โดยแบ่งทั้งหมดออกเป็น 6 ช่วงอายุ ประกอบด้วย 7 ปี 8 ปี 9 ปี 10 ปี 11 ปี และ 12 ปี อายุละ 20 คน เป็นเพศชายจำนวน 10 คน และเพศหญิงจำนวน 10 คน ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลในโรงเรียนศรีวิทยาปากน้ำ โรงเรียนถนนอมบุตร และโรงเรียนวัดปทุมวนาราม การเข้าเก็บข้อมูลในโรงเรียนจะมีการขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน และประสานงานกับครูประจำชั้นในการจัดเด็กให้ ซึ่งเด็กทุกคนจะต้องได้รับการยินยอมจากผู้ปกครองก่อนเข้าร่วมงานวิจัย การคัดกรองเด็กผู้เข้าร่วมการวิจัยทำโดยใช้แบบสอบถาม ร่วมกับการซักประวัติ และการตรวจประเมินโดยผู้วิจัย เด็กที่มีคุณสมบัติตรงตาม

คุณลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย และผ่านเกณฑ์การคัดเข้า และเกณฑ์การคัดออก จะได้รับเชิญเข้าร่วมโครงการวิจัย

5. กระบวนการวิจัย

ในการวิจัยนี้จะใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสำหรับเด็กแต่ละคนประมาณ 15 - 20 นาที ในการทดสอบจะมีผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย 3 คน เด็กแต่ละคนจะอยู่ในความดูแลของผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยตลอดเวลา การเก็บข้อมูลในโครงการวิจัยนี้จะใช้เวลาการเก็บข้อมูลที่ไม่กระทบต่อการเรียนของเด็กคือช่วงก่อนเข้าเรียน หรือหลังโรงเรียนเลิกในวันจันทร์ – ศุกร์ หากท่านตัดสินใจให้เด็กในปกครองของท่านเข้าร่วมวิจัยและ จะมีขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

การคัดกรอง

เด็กทุกคนจะได้รับการคัดกรองจากการตอบแบบสอบถามจากผู้ปกครองก่อนการทดสอบ 1 วัน ร่วมกับการซักประวัติ และตรวจประเมินโดยผู้วิจัย ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 5 – 10 นาที สำหรับการตรวจประเมินเพื่อคัดกรอง เด็กจะได้รับการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง และความยาวขาทั้งสองข้าง

การวัดสัดส่วนของร่างกาย

เด็กทุกคนจะได้รับการวัดสัดส่วนของร่างกายก่อนเริ่มทำการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทาง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยสัดส่วนของร่างกายที่จะทำการวัดเพื่อเก็บข้อมูลประกอบด้วย

- ความยาวแขน คือ ความยาวตั้งแต่บริเวณปุ่มกระดูกหัวไหล่ ถึง ปลายนิ้วกลาง การวัดความยาวดังกล่าวจะใช้สายวัด เป็นเครื่องมือในการวัด ขณะเด็กอยู่ในท่านอนหงาย มือวางข้างลำตัว คอวางมือลงพื้นเตียง ข้อศอก และปลายนิ้วเหยียดตรง
- ความยาวเท้า คือ ความยาวตั้งแต่ส้นเท้า ถึง ปลายนิ้วเท้าที่ยาวที่สุด การวัดความยาวดังกล่าวจะใช้สายวัด เป็นเครื่องมือในการวัด ขณะเด็กอยู่ในท่านอนหงาย และขาเหยียดตรง
- ความกว้างเท้า คือ ระยะทางจากบริเวณด้านใน (ฝั่งนิ้วโป้งเท้า) ถึง ด้านนอกของเท้า (ฝั่งนิ้วก้อยเท้า) การวัดความยาวดังกล่าวจะใช้สายวัด เป็นเครื่องมือในการวัด ขณะเด็กอยู่ในท่านอนหงาย และขาเหยียดตรง สำหรับข้อมูลน้ำหนัก และส่วนสูงของเด็กจะใช้ข้อมูลเดียวกับการตรวจประเมินเพื่อคัดกรอง

การทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทาง

เด็กจะได้รับการอธิบาย ร่วมกับสาธิตขั้นตอนการทดสอบอย่างละเอียด ก่อนเริ่มทดสอบเด็กทุกคนสามารถฝึกซ้อมการเอื้อมในแต่ละทิศทางได้ 1 ครั้ง หลังจากการฝึกซ้อมเด็กจะถูกทดสอบการเอื้อมหลายทิศทาง ประกอบด้วย ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา จำนวน 3 ครั้งในแต่ละทิศทาง (ดังแสดงในภาพที่ 1-3) สำหรับการทดสอบผู้วิจัยจะเป็นผู้ทดสอบเด็กทีละคน และประกบเด็กระหว่างที่ทำการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประมาณ 5 - 10 นาที

การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

กลุ่มกล้ามเนื้อขาที่ทำการทดสอบความแข็งแรงประกอบด้วย 8 กลุ่มกล้ามเนื้อ คือ กล้ามเนื้องอข้อสะโพก กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก กล้ามเนื้อกางข้อสะโพก กล้ามเนื้อหุบข้อสะโพก กล้ามเนื้องอข้อเข่า กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อถีบปลายเท้าลง โดยก่อนเริ่มการทดสอบเด็กจะได้รับการอธิบายขั้นตอนการทดสอบอย่างละเอียด (ดังแสดงในตารางที่ 1) เด็กแต่ละคนจะถูกทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาจำนวน 3 ครั้งต่อกลุ่มกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่องมือแฮนด์ ฮิล ไดนาโมมิเตอร์ (Hand-held dynamometer) สำหรับการทดสอบทางผู้ช่วยวิจัย (จำนวน 1 คน) จะเป็นผู้ทดสอบเด็กทีละคน และประกบเด็กระหว่างที่ทำการทดสอบ ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบประมาณ 5 - 10 นาที

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยนั้น หากพบว่าเด็กในปกครองของท่านไม่อยู่ในเกณฑ์การคัดเข้า หรือพบเห็นสิ่งผิดปกติในเด็กที่ได้รับการตรวจประเมิน และการทดสอบ ทางผู้วิจัยจะแจ้งให้ครู หรือผู้ปกครองรับทราบ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และคำปรึกษาการเข้ารับการตรวจประเมินโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแก่ครู และผู้ปกครองต่อไป

7. ในการวิจัยครั้งนี้เด็กที่เข้าร่วมวิจัยอาจมีความเสี่ยงที่จะเซ หรือหกล้มในขณะที่ทำการทดสอบการเอื้อมหลายทิศทาง หรืออาจเกิดผลไม่พึงประสงค์อื่นๆ เช่น การเกิดรอยแดงบริเวณผิวหนังจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา อย่างไรก็ตามผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัยจะป้องกันอันตราย โดยเฝ้าระวัง และสังเกตเด็กที่เข้าร่วมวิจัยอย่างใกล้ชิด หากเกิดผลไม่พึงประสงค์เด็กผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการดูแลรักษาโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น

8. ประโยชน์ที่เด็กที่เข้าร่วมวิจัยจะได้รับจากการเข้าร่วมวิจัยนี้ คือ การตรวจประเมินความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพื่อที่จะได้รับคำแนะนำ หรือคำปรึกษาต่อไป อีกทั้งการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ทางวิชาการ โดยเป็นการเพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อระยะทางการเอื้อมหลายทิศทาง รวมถึงการศึกษาหาค่าปกติของระยะทางการเอื้อม

หลายทิศทางในเด็กไทย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการนำแบบทดสอบการเอื้อมหลายทิศทางไปใช้ในทางคลินิกต่อไป

9. การเข้าร่วมในการวิจัยนี้ เป็นโดยความสมัครใจ หากเด็กที่เข้าร่วมวิจัย หรือผู้ปกครองมีความลำบากใจ หรือไม่พร้อมในการเข้าร่วม สามารถถอนตัวจากโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า การไม่เข้าร่วมการวิจัย หรือถอนตัวจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อการเรียนของเด็ก

10. หากท่านมีความสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ท่านทบทวนว่ายังอนุญาตให้เด็กในความปกครองของท่านอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

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

12. การเข้าร่วมงานวิจัยนี้ไม่มีการจ่ายค่าเดินทาง แต่จะมีของว่าง และเครื่องดื่มให้เด็กที่เข้าร่วมงานวิจัยขณะทำการทดสอบ

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330



ภาพที่ 1: การทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในทิศทางด้านหน้า และด้านหลัง ตามลำดับ



ภาพที่ 2: การทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในทิศทางด้านซ้าย



ภาพที่ 3: ทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในทิศทางด้านขวา

ตารางที่ 1: การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา

	<p>กล้ามเนื้อข้อสะโพก</p> <p>ท่าทางในการวัด: งอข้อสะโพกและข้อเข่า 90 องศา ในท่านอนหงาย</p> <p>ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: ด้านหน้าต้นขา เหนือกระดูกสะบ้า 10 เซนติเมตร</p> <p>คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>
	<p>กล้ามเนื้อเหยียดข้อสะโพก</p> <p>ท่าทางในการวัด: งอข้อสะโพกและข้อเข่า 90 องศา ในท่านอนหงาย</p> <p>ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: ด้านหลังต้นขา เหนือกระดูกสะบ้า 10 เซนติเมตร</p> <p>คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>
	<p>กล้ามเนื้อกางข้อสะโพก</p> <p>ท่าทางในการวัด: ขาเหยียดตรง ในท่านอนหงาย</p> <p>ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: ด้านนอกต้นขา เหนือกระดูกสะบ้า 10 เซนติเมตร</p> <p>คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>
	<p>กล้ามเนื้อหุบข้อสะโพก</p> <p>ท่าทางในการวัด: ขาเหยียดตรง ในท่านอนหงาย</p> <p>ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: ด้านในต้นขา เหนือกระดูกสะบ้า 10 เซนติเมตร</p> <p>คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>

	<p>กล้ามเนื้องอข้อเข่า</p> <p>ท่าทางในการวัด: งอข้อสะโพกและข้อเข่า 90 องศา ในท่านั่งเท้าลอยพ้นพื้น ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: ด้านหลังขา เหนือตาตุ่มด้านนอก 10 เซนติเมตร คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>
	<p>กล้ามเนื้อเหยียดข้อเข่า</p> <p>ท่าทางในการวัด: งอข้อสะโพกและข้อเข่า 90 องศา ในท่านั่งเท้าลอยพ้นพื้น ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: ด้านหน้าขา เหนือตาตุ่มด้านนอก 10 เซนติเมตร คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>
	<p>กล้ามเนื้อกระดูกข้อเท้าขึ้น</p> <p>ท่าทางในการวัด: ขาเหยียดตรง ในท่านอนหงาย ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: บริเวณกระดูกฝ่าเท้า ด้านหลังเท้า คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>
	<p>กล้ามเนื้อถีบปลายเท้าลง</p> <p>ท่าทางในการวัด: ขาเหยียดตรง ในท่านอนหงาย ตำแหน่งการวางเครื่องมือ: บริเวณกระดูกฝ่าเท้า ด้านฝ่าเท้า คำสั่งที่ใช้ในการทดสอบ: ให้ออกแรงสู้กันให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้</p>

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล



เครื่องมือทดสอบระยะทางการเอ้อมหลายทิศทาง



เครื่องมือทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
แฮนด์ ฮิล ไดนาโมมิเตอร์ (Hand-held dynamometer)



เครื่องชั่งน้ำหนัก



ที่วัดส่วนสูง



สายวัด

APPENDIX H
PARENT'S CONSENT FORM

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
สำหรับพ่อแม่ ผู้ปกครอง และผู้อยู่ในปกครอง

ทำที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามทำหนังสือนี้ เกี่ยวข้องเป็น (โปรดระบุเป็น พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล
ของ (ชื่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย)) ขอแสดงความยินยอมให้ผู้ที่
อยู่ในการปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ปัจจัยของอายุ ลักษณะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
ต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กปกติ อายุ 7 – 12 ปี

ชื่อผู้วิจัย นางสาวเบญจพร หิริญญาภินันท์

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

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

(ที่บ้าน) 2/11 หมู่บ้านสินทอง ซอยร่มเกล้า 28 ถนนร่มเกล้า แขวงคลองสาม-
ประเวศ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์มือถือ 083-924-1828 E-mail: crissicle_advanger@hotmail.com

ข้าพเจ้าและผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า **ได้รับทราบ**รายละเอียดเกี่ยวกับ
ที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ
ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ ข้าพเจ้าได้อ่านรายละเอียดใน
เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยโดยตลอด และ **ได้รับ**
คำอธิบายจากผู้วิจัย **จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว**

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า เข้ารับการทดสอบความสามารถในการทรงตัวตามการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทาง และการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาทั้ง 8 กลุ่มกล้ามเนื้อ (ดังรายละเอียดในเอกสารข้อมูลสำหรับผู้ปกครองของเด็กที่เข้าร่วมวิจัย) ซึ่งใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 15 – 20 นาที สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วยโรงเรียนศรีวิทยาปากน้ำ โรงเรียนถนนอมบุตร และโรงเรียนวัดพุทธวนาราม สำหรับช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบ จะใช้เวลาในช่วงเช้าก่อนเข้าเรียน และช่วงเย็นหลังเลิกเรียน ซึ่งไม่ขัดต่อการเรียนของเด็ก

ข้าพเจ้ามีสิทธิให้ผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าหรือเป็นความประสงค์ของผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแล ถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า และตัวข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลจากการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวผู้ที่อยู่ในปกครอง/ในความดูแลของข้าพเจ้าและตัวข้าพเจ้า

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.....

(นางสาวเบญจพร หิรัญญาภินันท์)

ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

ลงชื่อ.....

(.....)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พ่อ/แม่/ผู้ปกครอง/ผู้ดูแล

APPENDIX I
CHILDREN'S CONSENT FORM

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย
สำหรับเด็กผู้มีส่วนร่วมในงานวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ปัจจัยของอายุ ลักษณะสัดส่วนร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา
ต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กปกติ อายุ 7 – 12 ปี

ชื่อผู้วิจัย นางสาวเบญจพร หิรัญญาภินันท์

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย

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

(ที่บ้าน) 2/11 หมู่บ้านสินทอง ซอยร่มเกล้า 28 ถนนร่มเกล้า แขวงคลองสาม-
ประเวศ เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์มือถือ 083-924-1828 E-mail: crissicle_advanger@hotmail.com

ขอชวนน้องๆ เข้าร่วมโครงการวิจัยที่ศึกษาผลของอายุ ลักษณะสัดส่วนของร่างกาย และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาต่อการทดสอบระยะทางการเอื้อมหลายทิศทางในเด็กปกติ อายุ 7 – 12 ปี ซึ่งพี่จะให้น้องชั่งน้ำหนัก และวัดส่วนสูง ความยาวแขน ความยาวขา ความยาวเท้า และความกว้างเท้าของน้อง จากนั้นพี่จะให้น้องทำการทดสอบ 1) ความสามารถในการทรงตัวด้วยวิธีการเอื้อมหลายทิศทาง คือ ด้านหน้า ด้านหลัง ด้ายซ้าย และด้านขวา 2) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาทั้ง 8 กลุ่มกล้ามเนื้อ โดยจะใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 15 – 20 นาที สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย โรงเรียนศรีวิทยาปากน้ำ โรงเรียนถนนอมบุตร และโรงเรียนวัดปทุมวนาราม สำหรับการทดสอบนี้จะทำให้น้องทราบว่า น้องมีความสามารถในการทรงตัว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาแค่ไหน การทดสอบนี้มีความเสี่ยงน้อยในการเกิดการเซ หรือหกล้มจากการทดสอบการเอื้อมหลายทิศทาง รวมถึงอาจเกิดรอยแดงบริเวณผิวหนังจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา แต่อย่างไรก็ตาม พี่จะป้องกันอันตราย และจะยืนอยู่ใกล้ๆน้องตลอดเวลาที่ทำการทดสอบ

ถ้าน้องไม่สบายใจ หรือไม่อยากทำการทดสอบ น้องสามารถบอกพี่ได้ตลอดเวลา พี่จะหยุด
 การทดสอบทันที และพี่จะเก็บเรื่องส่วนตัวของน้องเป็นความลับ ไม่บอกใคร ถ้าน้องมีข้อสงสัย
 สามารถสอบถามพี่ที่ทำการทดสอบได้ตลอดเวลา หรือติดต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมในคน
 กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุม-
 วัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

น้องได้รับทราบ และเข้าใจรายละเอียดที่จะขอให้น้องทำแล้ว

ถ้าน้องไม่เต็มใจเข้าร่วมโครงการนี้ ☹️

ถ้าน้องเต็มใจเข้าร่วมโครงการนี้ 😊

ลงชื่อ.....

ลงชื่อ.....

วันที่.....

วันที่.....



APPENDIX J
RELATIONSHIP BETWEEN ANTHROPOMETRIC VARIABLES

Variable	Age	Height	Weight	UE length	Foot length	Foot width
Age	1	0.893	0.841	0.861	0.868	0.704
Height	0.893	1	0.857	0.943	0.919	0.710
Weight	0.841	0.857	1		0.831	0.816
UE length	0.861	0.943	0.801	1	0.901	0.655
Foot length	0.868	0.919	0.831	0.901	1	0.767
Foot width	0.704	0.710	0.816	0.655	0.767	1

Abbreviations: UE, Upper extremity

Note: all relationships are significantly correlated at the 0.01 level

VITA

Miss Benjaporn Hirunyaphinun was born on January 7, 1992 in Bangkok, Thailand. She graduated from Nawaminthrachinuthit Triamudomsuksanomkloao School and enrolled in Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University, Thailand. She graduated with Bachelor degree, second class honour, in 2013. After she graduated her degree, she decided to enroll in Master degree of Pediatric Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Chulalongkorn University.

