

ความถูกต้องของวิธีการวัดการทรงตัวสองแบบในเด็กอายุ 7-12 ปี

Accuracy of two methods for measuring standing balance in children aged 7-12 years

■ จารุตา ขันฤทธิ์* ระวีวรรณ เล็กสกุลไชย
Jaruta Kunritt* Raweewan Lekskulchai

คณะกายภาพบำบัด, มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม
Faculty of Physical Therapy, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand

* ผู้รับผิดชอบบทความ (Email: jaruta.kur@student.mahidol.ac.th)
* Corresponding author (Email: jaruta.kur@student.mahidol.ac.th)

Received July 2017

Accepted as revised September 2017

Abstract

Background: Balance is importance for motor development and sport participations. Standardized assessments of balance are required so that more children could have easily access to testing.

Objectives: To test the accuracy of two standardized balance assessments including Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (P-CTSIB) and Balance Subtest of Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2) in Thai children.

Materials and methods: Research participants included 44 children aged between 7 and 12 years. All children received balance assessments by two physical therapists blinded to the study protocol. The first physical therapist tested the children with appropriate testing for each child and the second physical therapists tested the children with one leg standing and heel to toe standing. Result of the two physical therapists were used to identify whether each child has or has no balance problem. Then the children were evaluated using the standard protocols of P-CTSIB and Balance Subtest of BOT-2. Primary outcome of this study were the validity indexes of P-CTSIB and Balance subtest of BOT-2.

Results: P-CTSIB and Balance Subtest of BOT-2 showed the moderate to high levels of sensitivity (96%, 76%), specificity (89.50%, 63.20%) and accuracy (93.18%, 70.45%) when comparing to the clinical test of balance.

Conclusion: The two selected standardized tests could be used to test balance of children when fully access to physical therapy clinic is not possible. These two standardized tests have benefit in different ways. The P-CTSIB should be selected, if the assessor needs to identify the sensory interaction to balance, while the BOT-2 tests functional balance.

Journal of Associated Medical Sciences 2017; 50(3): 576-586. Doi: 10.14456/jams.2017.54

Keywords: Accuracy, assessment, balance, children

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: การทรงตัวสำคัญต่อพัฒนาการด้านการเคลื่อนไหว และการมีส่วนร่วมในการกีฬา แบบประเมินมาตรฐานด้านการทรงตัวมีความจำเป็นเพื่อให้เด็กได้เข้าถึงการทดสอบง่ายขึ้น

วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบความถูกต้องของแบบประเมินมาตรฐานด้านการทรงตัวสองแบบคือ Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (P-CTSIB) และ Balance Subtest of Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2) ในเด็กไทย

วัสดุและวิธีการศึกษา: ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเด็ก 44 ราย อายุระหว่าง 7 ถึง 12 ปี เด็กทุกคนได้รับการตรวจประเมินการทรงตัวโดยนักกายภาพบำบัด 2 คน ที่ไม่ทราบขั้นตอนการวิจัย นักกายภาพบำบัดคนแรก ประเมินการทรงตัวด้วยวิธีการตรวจทางคลินิกที่เหมาะสมสำหรับเด็กแต่ละคน ส่วนนักกายภาพบำบัดคนที่สองประเมินการยืนขาเดียวและการยืนส้นเท้าต่อปลายเท้า ผลการประเมินของนักกายภาพบำบัดทั้งสองคนถูกใช้เพื่อระบุว่าเด็กมี หรือไม่มีปัญหาด้านการทรงตัว จากนั้นเด็กได้รับการตรวจประเมินการทรงตัวตามรูปแบบของ P-CTSIB และ Balance Subtest of BOT-2 ผลลัพธ์หลักของการศึกษาคือตรงกันความถูกต้อง ของ P-CTSIB และ Balance Subtest of BOT-2

ผลการศึกษา: แบบประเมิน P-CTSIB และ BOT-2 มีเปอร์เซ็นต์ความไว (96%, 76%) ความจำเพาะ (89.50%, 63.20%) และความถูกต้อง (93.18%, 70.45%) อยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง

สรุปผลการศึกษา: แบบประเมินมาตรฐานที่เลือกมาศึกษาทั้งสองแบบสามารถนำไปใช้ประเมินการทรงตัวของเด็กได้เมื่อไม่สามารถเข้ารับการตรวจการทรงตัวโดยละเอียดที่คลินิกกายภาพบำบัด แบบประเมินมาตรฐานทั้งสองมีประโยชน์ที่แตกต่างกัน โดยเลือกใช้ P-CTSIB เมื่อผู้ทดสอบสนใจรูปแบบการใช้ระบบรับรู้เพื่อการทรงตัว ในขณะที่ Balance Subtest of BOT-2 เป็นการทดสอบการทรงตัวในขณะทำกิจกรรม

Journal of Associated Medical Sciences 2560; 50(3): 576-586. Doi: 10.14456/jams.2017.54

คำสำคัญ: ความถูกต้อง การตรวจประเมิน การทรงตัว เด็ก

บทนำ

พัฒนาการของการทรงตัว เป็นกระบวนการที่เกิดจากการมีพฤติกรรมใหม่ๆ ร่วมกับการเกิดปฏิกิริยาของระบบประสาทและระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของเด็กต่อสิ่งแวดล้อมรอบกาย การทรงตัวที่ดีจะนำไปสู่การเคลื่อนไหวของร่างกายที่มีประสิทธิภาพ¹ ซึ่งการเคลื่อนไหวของร่างกายนี้ต้องอาศัยกระบวนการรับรู้ความรู้สึกจากระบบรับรู้ความรู้สึกหลายๆ ส่วน เป็นการทำงานร่วมกับทั้งระบบประสาทส่วนกลางและระบบสั่งการเพื่อให้สามารถควบคุมการทรงตัวของร่างกายได้^{1,2} เด็กอายุ 7 ปีขึ้นไป จะมีการเคลื่อนไหวที่คล้ายผู้ใหญ่ และจะมีการปรับแต่งการทรงตัวทำให้เคลื่อนไหวได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ถ้าเด็กมีปัญหาด้านการทรงตัว จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนไหว และการทำกิจกรรมต่างๆ^{1,2} การประเมินการทรงตัวทางคลินิกในเด็กที่นิยมใช้คือการยืนขาเดียวและการยืนส้นเท้าต่อปลายเท้า³⁻⁶ เพราะสัมพันธ์กับ

การเดิน และการกีฬา⁷ นอกจากนี้การประเมินการทรงตัวเด็ก นักกายภาพบำบัดจะต้องพิจารณาหลายปัจจัยเพื่อเลือกการทดสอบและการตรวจประเมินอื่นๆ ให้เหมาะสมกับเด็กแต่ละราย จึงใช้เวลามาก แต่มีความแม่นยำสูงพอที่จะใช้ในการระบุปัญหาจำเพาะของเด็กเพื่อกำหนดแนวทางการรักษาที่จำเพาะต่อไป อย่างไรก็ตาม หากเด็กต้องการรับการตรวจประเมินการทรงตัว เพื่อประโยชน์ต่อพัฒนาการด้านการเคลื่อนไหว หรือการมีส่วนร่วมในการกีฬา การได้รับการประเมินด้วยแบบประเมินมาตรฐานอาจจะทำให้เด็กเข้าถึงการทดสอบได้ง่ายขึ้น ซึ่งแบบประเมินมาตรฐานที่นิยม และใช้ง่าย ได้แก่แบบประเมินมาตรฐาน Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (P-CTSIB)⁸ และ Balance Subtest of Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2)⁹

แบบประเมินมาตรฐาน P-CTSIB ได้พัฒนามาจาก

CTSIB (The Clinical Test of Sensory Interaction for Balance) ซึ่งออกแบบโดย Shumway-Cook and Horak ในปี 1986¹⁰ เนื่องจากการทรงตัวต้องอาศัยการทำงานของระบบรับรู้ความรู้สึก เพื่อให้เกิดการตอบกลับของข้อมูลในการเคลื่อนไหวต่าง ๆ หนึ่ง หากระบบของการรับรู้ความรู้สึกมีความบกพร่องไป ข้อมูลที่จะทำให้ร่างกายมีการตอบสนองปรับแต่งการเคลื่อนไหวก็จะไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดความไม่มั่นคงในการทรงตัว รวมไปถึงการทำการกิจวัตรอื่นๆ ในชีวิตประจำวันด้วย ดังนั้นการประเมินการทรงตัวจึงสามารถประเมินได้จากระบบรับรู้ความรู้สึกที่ประกอบด้วย 3 ระบบ คือ การมองเห็น (visual system) ผิวสัมผัส (somatosensory system) และการรับรู้ความรู้สึกโดยหูชั้นใน (vestibular system) รูปแบบการประเมิน P-CTSIB เป็นการประเมินการทรงตัวผ่านการรับรู้ทั้ง 3 ระบบ โดยนำเรื่องของการมองเห็นและพื้นผิวสัมผัสมาทำให้เกิดสภาวะที่ต้องเลือกใช้ระบบการรับรู้ความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป ในบางครั้งเรียกการประเมินนี้ว่า Foam and Dome Test ประกอบด้วย 6 สภาวะ แต่ละสภาวะยืนนาน 30 วินาที การประเมินการทรงตัวรูปแบบนี้ค่าใช้จ่ายไม่สูง และสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยใช้อุปกรณ์การประเมินไม่มาก มีประโยชน์สำหรับการประเมินในทางคลินิก เพื่อวิเคราะห์ปัญหาด้านการทรงตัวที่มีความเกี่ยวข้องกับความบกพร่องจากกระบวนการรับรู้ความรู้สึก¹¹⁻¹⁷ นอกจากนี้ การศึกษาที่ผ่านมาได้ทดสอบความถูกต้องของผลการประเมินการทรงตัวในเด็กด้วย P-CTSIB เทียบกับระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (VICON Motion analysis) พบว่า P-CTSIB มีความเที่ยงตรงตามสภาพอยู่ในระดับสูง¹³

BOT-2 เป็นการประเมินที่ออกแบบสำหรับเด็กและผู้ใหญ่ที่มีช่วงอายุ 4 ถึง 21 ปี ปรับแก้ไขมาจากแบบประเมิน BOTMP (The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency)¹⁵ Balance Subtest of BOT-2 เป็นการประเมินความสามารถด้านการทรงตัวซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน ประกอบด้วย การยืนและการเดินในสภาวะต่างๆ เช่น การยืนและการเดินบนพื้นที่แคบ^{18,19} จากการศึกษาที่ผ่านมาได้รายงานความน่าเชื่อถือของการประเมินอยู่ในระดับสูง¹⁹⁻²² และการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการทดสอบเกี่ยวกับความเที่ยงตรงของการประเมินด้วย BOT-2 ในกลุ่มเด็กพิเศษ แสดงให้เห็นว่าการประเมินด้วย BOT-2 สามารถนำมาใช้ประเมินเพื่อแยกความแตกต่างระหว่างเด็กสองกลุ่มได้ โดยการทดสอบได้รายงานผลในแต่ละ Subtest เป็นค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และค่าความต่างระหว่างกลุ่มเด็กพิเศษและกลุ่มเด็กปกติ และการศึกษาที่เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่าง BOT-2 และ MAND (the McCarron Assessment of Neuromuscular Development)²³ ในกลุ่มเด็กที่มีความบกพร่องด้านการเคลื่อนไหว ยังพบว่า BOT-2 มีค่า

ความไวที่มากกว่า MAND ดังนั้น Balance Subtest of BOT-2 จึงสามารถใช้ตรวจประเมินได้ทั้งในเด็กที่มีพัฒนาการตามแบบแผนและเด็กที่มีความผิดปกติต่าง ๆ²⁴⁻²⁷

เห็นได้ว่าแบบประเมินทั้งสองแบบสามารถนำมาใช้เพื่อระบุว่าเด็กมีปัญหาด้านการทรงตัวหรือไม่ (diagnosis test) โดยข้อดีของแบบประเมินมาตรฐานทั้งสองแบบคือ มีหัวข้อการตรวจที่ชัดเจน แปลผลง่าย และสามารถเปรียบเทียบผลการตรวจระหว่างบุคคล และภายในบุคคลเดียวกันแต่ต่างช่วงเวลาได้ ซึ่งเห็นได้จากการศึกษาเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของการประเมินทั้งสองแบบที่อยู่ในระดับสูง แต่การนำไปใช้ในทางคลินิก ผู้วิจัยจำเป็นต้องทราบถึงความแม่นยำของการแปลผลการประเมินเมื่อเทียบกับการตรวจประเมินทางคลินิกก่อน โดยการตรวจประเมินในทางคลินิกด้วยการยืนขาเดียว เป็นการตรวจประเมินขั้นพื้นฐานที่ใช้ระบุถึงความสามารถของการทรงตัวไม่ว่าเด็กจะมีภาวะของโรคใดๆ⁴⁻⁶ การยืนขาเดียวเป็นส่วนสำคัญของวงจรการเดิน เด็กต้องสามารถควบคุมจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายให้มีความมั่นคงในช่วงการเดินที่ยกขาขึ้นหนึ่งข้าง หากการควบคุมดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพจะส่งผลให้เกิดลักษณะการเดินที่ผิดปกติแบบแผน เพราะร่างกายเกิดความไม่สมดุล และการยืนขาเดียวยังเป็นการประเมินในทางกีฬา เพื่อทดสอบความพร้อมของร่างกายต่อการกลับมาเล่นและฝึกซ้อมทั้งในเด็กและผู้ใหญ่^{7,28} ส่วนการประเมินด้วยวิธีการยืนส้นเท้าต่อปลายเท้า เป็นการประเมินถึงความสามารถในการควบคุมสมดุลของร่างกายเมื่อต้องอยู่ในพื้นที่ที่มีขนาดแคบ^{3,29} ซึ่งมีความสอดคล้องกับวิถีชีวิตในแต่ละวันที่ต้องอยู่ในรูปแบบพื้นที่ต่างๆ และลักษณะการยืนดังกล่าวยังมีความสัมพันธ์กับการทำงานของระบบการรับรู้ของข้อต่ออีกด้วย^{3,30} จากการศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า การประเมินการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียวและการยืนส้นเท้าต่อปลายเท้า สามารถนำมาใช้ประเมินเพื่อบอกถึงปัญหาด้านการทรงตัวได้ ผู้วิจัยจึงใช้การประเมินดังกล่าวเป็นการประเมินการทรงตัวมาตรฐาน ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความแม่นยำของการประเมินการทรงตัวด้วยแบบประเมิน P-CTSIB และ Balance Subtest of BOT-2 ในเด็กไทยอายุ 7 ถึง 12 ปี

วัสดุและวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross-sectional study) จำนวนกลุ่มตัวอย่างคำนวณมาจากการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน^{13,31,32} ได้ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคือ 44 ราย มีเกณฑ์การคัดเลือกสำหรับเด็กที่มีพัฒนาการตามแบบแผนและเด็กที่มีปัญหาด้านการทรงตัวคือ อายุระหว่าง 7-12 ปี มีค่าดัชนีมวลกาย อยู่ในช่วง 5th percentile ถึงน้อยกว่า

85th percentile สามารถยืนได้ด้วยตนเองอย่างน้อย 30 วินาที สามารถตอบสนองต่อคำสั่งที่ประเมินความเข้าใจได้ทุกข้อ ได้รับข้อมูลจากผู้ปกครองว่าเด็กสามารถเข้าร่วมกิจกรรม การเคลื่อนไหวและการเรียนได้เหมาะสมกับระดับชั้นเรียน ส่วนเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ มีความยากลำบากในการมองเห็น ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยเลนส์หรือแว่นตา มีปัญหาด้านการได้ยิน ที่ไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยอุปกรณ์ภายนอก ไม่สามารถควบคุม อารมณ์ชักได้ มีภาวะยึดติดของข้อต่อ มีอวัยวะในร่างกายขาดหาย มีอวัยวะในร่างกายผิดปกติ มีปัญหาเรื่องความเข้าใจภาษา

ขั้นตอนการวิจัย

อาสาสมัครที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การศึกษา ได้รับคำอธิบาย เกี่ยวกับวัตถุประสงค์และขั้นตอนการศึกษา โดยผู้ปกครอง ของอาสาสมัครและอาสาสมัครทั้ง 44 รายได้ลงนามยินยอม เข้าร่วมการศึกษา ทั้งนี้ขั้นตอนการวิจัยผ่านการรับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรม (MU-CIRB 2016/028.1103)

การทดสอบการทรงตัวทางคลินิก

อาสาสมัครทุกรายได้รับการตรวจประเมินการทรงตัว โดยนักกายภาพบำบัดเด็ก จำนวน 2 คน แต่ละคนประเมิน เด็กภายในวันเดียวกัน แต่ละคนช่วงเวลา วิธีการประเมินและ ผลการประเมินเป็นอิสระต่อกัน นักกายภาพบำบัดคนแรก มีประสบการณ์ทางคลินิกเด็ก 7 ปี ประเมินการทรงตัวด้วยวิธี การตรวจทางคลินิกที่เหมาะสมสำหรับเด็กแต่ละราย ตัวอย่าง เช่น การทดสอบความสามารถในการยืนทรงตัว (standing balance), การทดสอบความสามารถในการเอื้อมจับสิ่งของ (reaching) การทดสอบเรื่องการรับรู้ความรู้สึก (sensation) การทดสอบเรื่องการทำงานประสานสัมพันธ์ของร่างกาย (coordination) เป็นต้น โดยการเลือกรูปแบบวิธีการตรวจจะขึ้น อยู่กับดุลยพินิจของนักกายภาพบำบัดและสภาวะของเด็ก แต่ละคน ส่วนนักกายภาพบำบัดคนที่สองมีประสบการณ์ ทางคลินิกเด็ก 6 ปี ประเมินการยืนขาเดียวและการยืนส้นเท้า ต่อปลายเท้า ทั้งในท่าทางการล้มตาและหลับตา เป็นเวลา 10 วินาที เป็นหลัก ผลการทดสอบทางคลินิกจะถูกปกปิดไว้ จนกว่าจะได้ข้อมูลการทรงตัวในเด็กครบทั้ง 44 ราย

การประเมินการทรงตัวด้วยแบบประเมินมาตรฐาน P-CTSIB

นักกายภาพบำบัดที่ตรวจประเมินการทรงตัวด้วยแบบ ประเมินมาตรฐาน P-CTSIB เป็นคนเดียวกับที่ตรวจประเมิน การทรงตัวด้วยแบบประเมินมาตรฐาน Balance Subtest of BOT-2 ซึ่งนักกายภาพบำบัดที่ตรวจประเมินการทรงตัว ด้วยแบบประเมินมาตรฐานทั้งสองแบบนี้ เป็นคนละคนกับที่ ตรวจประเมินในทางคลินิก อาสาสมัครได้รับการทดสอบตามรูปแบบการประเมิน การทรงตัวด้วย P-CTSIB ซึ่งประกอบด้วยทดสอบ 6 สภาวะ

ดังนี้

1. ยืนบนพื้นแข็ง ลืมตา
2. ยืนบนพื้นแข็ง หลับตา
3. ยืนบนพื้นแข็งร่วมกับการใส่ที่ครอบศีรษะรูปโดม
4. ยืนบนเบาะ ลืมตา
5. ยืนบนเบาะ หลับตา
6. ยืนบนเบาะร่วมกับการใส่ที่ครอบศีรษะรูปโดม

ใช้วิธีการทดสอบมาตรฐาน^{1,2,10-12,14,16,17,33} ในแต่ละสภาวะ อาสาสมัครต้องยืนเป็นเวลา 30 วินาที แต่ละสภาวะทำ 3 ครั้ง แต่ละครั้งมีเวลาพัก 2 นาที และแต่ละสภาวะจะมีเวลาพัก 3 นาที โดยการทดสอบแต่ละครั้งจะสิ้นสุดลงเมื่อ อาสาสมัครยืนครบ 30 วินาที หรือภายใน 30 วินาที อาสาสมัครมีการเคลื่อนไหว ออกจากเอว เคลื่อนเท้าหรือก้าวเท้าออกจากตำแหน่งเดิม ลืมตา ในสภาวะที่ให้หลับตา และร้องขอความช่วยเหลือจากผู้วิจัย ใน การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรจากการประเมิน ทั้ง 3 ครั้ง ประกอบด้วย ระยะเวลาที่ใช้ในการทรงตัว (วินาที) การเบี่ยงเบนของการทรงตัว (องศา) และเปอร์เซ็นต์กลวิธี ที่ใช้ในการทรงตัว ซึ่งในการทดสอบครั้งนี้จะบันทึกรูปแบบกลวิธี ที่ใช้ในการทรงตัวดังนี้ คือ ankle strategy, hip strategy, stepping strategy, suspensory strategy และ crouch strategy ส่วนข้อมูลการเบี่ยงเบนของการทรงตัว ประกอบด้วย 2 ทิศทาง คือ แนวด้านหน้า-ด้านหลัง และแนวด้านใน-ด้านนอก^{1,8,11,12,14}

การประเมินการทรงตัวด้วยแบบประเมินมาตรฐาน Balance Subtest of BOT-2

นักกายภาพบำบัดที่ตรวจประเมินการทรงตัวด้วยแบบ ประเมินมาตรฐาน Balance Subtest of BOT-2 เป็นคนเดียว กับที่ตรวจประเมินการทรงตัวด้วยแบบประเมินมาตรฐาน P-CTSIB ซึ่งนักกายภาพบำบัดที่ตรวจประเมินการทรงตัว ด้วยแบบประเมินมาตรฐานทั้งสองแบบนี้ เป็นคนละคนกับที่ ตรวจประเมินในทางคลินิก อาสาสมัครได้รับการทดสอบ ตามรูปแบบมาตรฐานของการประเมินการทรงตัวด้วย Balance Subtest of BOT-2^{9,11} โดยมีแบบฟอร์มการให้คะแนนตามเกณฑ์ ที่เด็กสามารถทำได้ ประกอบด้วยทดสอบ 9 หัวข้อทดสอบ ดังนี้

1. ยืนบนพื้นแข็ง ลืมตา
2. เดินบนเส้นตรง
3. ยืนบนพื้นแข็งด้วยขาข้างเดียว ลืมตา
4. ยืนบนพื้นแข็ง หลับตา
5. เดินบนเส้นตรงแบบส้นเท้าต่อปลายเท้า
6. ยืนบนพื้นแข็งด้วยขาข้างเดียว หลับตา
7. ยืนบนแท่นการทรงตัวด้วยขาข้างเดียว ลืมตา
8. ยืนบนแท่นการทรงตัวแบบส้นเท้าต่อปลายเท้า

9. ยืนยันผลการทรงตัวด้วยขาข้างเดียว หลับตา

คะแนนของแต่ละหัวข้อทดสอบถูกคำนวณออกมาเป็นคะแนนดิบ จากนั้นนำคะแนนดิบที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของเด็กแต่ละช่วงอายุ ได้คะแนนสุดท้ายที่เรียกว่า scale score คะแนนดังกล่าวถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม BOT-2 ASSIST[®] โดย Balance Subtest of BOT-2 มีระดับของคะแนนที่ชัดเจนแบ่งเป็น 5 ระดับ ประกอบด้วย well below (5 or less), below average (6-10), average (11-19), above average (20-24) และ well above (25 or greater) คะแนนที่อยู่ตั้งแต่ช่วง average จะสรุปได้ว่าเด็กไม่มีปัญหาด้านการทรงตัว แต่หากคะแนนอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า average จะบ่งบอกถึงความบกพร่องในการควบคุมการทรงตัวที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของร่างกาย ต้องได้รับการปรับปรุงด้านระบบความมั่นคงของร่างกายให้ดีขึ้น^{9, 18, 19}

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ผลลัพธ์หลักของการศึกษานี้ประกอบด้วย เปอร์เซนต์ความไว (sensitivity) เปอร์เซนต์ความจำเพาะ (specificity) และเปอร์เซนต์ความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีการวัดการทรงตัวด้วย P-CTSIB และ Balance Subtest of BOT-2 โดยเปอร์เซนต์ความไว (sensitivity) เปอร์เซนต์ความจำเพาะ (specificity) และเปอร์เซนต์ความถูกต้อง (accuracy) ของวิธีการวัดการทรงตัวทั้งสองวิธีจะคำนวณด้วยตาราง 2x2 (Table 1) ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดเกณฑ์เปอร์เซนต์ของความไวและความจำเพาะในระดับที่ยอมรับได้เท่ากับ 50% (acceptable level) ระดับปานกลางเท่ากับ 70% (fairly) และระดับสูงเท่ากับ 80% (high)³⁴

Table 1 2x2 Table for calculating percentage of sensitivity, specificity and accuracy.

	Balance problem	No balance problem
Test Positive	True positive (a)	False positive (b)
Test Negative	False negative (c)	True negative (d)

Calculation for validity index

$$\text{Accuracy} = \frac{a+d}{a+b+c+d} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN}$$

$$\text{Sensitivity} = \frac{a}{a+c} = \frac{TP}{TP+FN}$$

$$\text{Specificity} = \frac{d}{b+d} = \frac{TN}{FP+TN}$$

ผลการศึกษา

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 44 ราย เป็นชาย 23 ราย หญิง 21 ราย อายุเฉลี่ย 9.57 ± 2.01 ปี ค่าตรรกษีมวลกายเฉลี่ย 17.72 ± 1.91 ในจำนวน 44 ราย เป็นอาสาสมัครจากชุมชนจำนวน 26 ราย และเป็นอาสาสมัครจากคลินิกกายภาพบำบัดจำนวน 18 ราย ซึ่งมีภาวะอัมพาตสมองใหญ่ 3 คน (cerebral palsy) เคยรับการผ่าตัดสมอง 3 ราย เคยรับการผ่าตัดกระดูกก้นกบ 1 ราย มีพัฒนาการล่าช้า 2 ราย มีปัญหาด้านการสั่งการการทำการกิจกรรม 1 ราย (dyspraxia) มีปัญหาด้านการพัฒนาการของการประสานสัมพันธ์ระหว่างการสั่งการเคลื่อนไหว 1 ราย (developmental coordination disorder) มีภาวะข้อเข่าบิด 1 ราย และมีปัญหาการบาดเจ็บที่ข้อเท้า 6 ราย ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการคัดกรองในเรื่องความเข้าใจด้านภาษา โดยเด็กที่มีสภาวะของ dyspraxia สามารถเข้าใจกระบวนการของการทดสอบได้เป็นอย่างดี

จากการประเมินการทรงตัวทางคลินิกโดยนักกายภาพบำบัด ร่วมกับผลการทดสอบการยืนขาเดียวและการยืนหันหน้าต่อปลายเท้า ทั้งในท่าทางการลืมตาและหลับตาเป็นเวลา 10 วินาที ได้ผลเหมือนกันคือ พบเด็กที่มีปัญหาด้านการทรงตัว จำนวน 25 ราย และเป็นเด็กที่ไม่มีปัญหาด้านการทรงตัวจำนวน 19 ราย (Table 2) โดยเด็กที่นักกายภาพบำบัดคนแรก และคนที่สองระบุว่าไม่มีปัญหาด้านการทรงตัว เป็นคนเดียวกันทั้ง 25 ราย และเด็กที่นักกายภาพบำบัดคนที่แรกและคนที่สองระบุว่าไม่มีปัญหาด้านการทรงตัว เป็นคนเดียวกันทั้ง 19 ราย

Table 2 Diagnosis of clinical assessment.

Balance assessment	1 st Physical therapist	2 nd Physical therapist
Positive	25	25
Negative*	19	19

* None balance problem that consists of

1. Single leg standing with opened eyes = 8-10 seconds
2. Single leg standing with closed eyes ≥ 6 seconds
3. Heel to toe standing with opened eyes ≥ 10 seconds
4. Heel to toe standing with closed eyes ≥ 8 วินาที

Cut off from the previous studies^(3-5, 14, 22)

จากการทดสอบการทรงตัวด้วย P-CTSIB อาสาสมัครที่มีระยะเวลาการทรงตัว อดทนการเบี่ยงเบน และเปอร์เซ็นต์ของ ankle strategy ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ (Table 3) จำนวน 26 ราย และมีเด็กที่มีคะแนนอยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้จำนวน 18 ราย

การทดสอบการทรงตัวด้วยแบบประเมินมาตรฐาน Balance Subtest of BOT-2 พบว่ามีเด็กที่มี Scale score อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (น้อยกว่า 11 คะแนน) จำนวน 26 ราย และมีเด็กที่มี Scale score อยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (มากกว่าหรือเท่ากับ 11 คะแนน) 18 ราย

เมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการระบุผลการทดสอบด้วยแบบประเมินมาตรฐาน P-CTSIB เทียบกับ

การตรวจทางคลินิก โดยใช้สูตรตามตาราง 2x2 (Table 1) พบว่าได้ผลบวกจริง 24 ราย ผลบวกลวง 2 ราย ผลลบลวง 1 ราย และผลลบจริง 17 ราย คำนวณเปอร์เซ็นต์ความไว ความจำเพาะ และความถูกต้องได้ 96, 89.5 และ 93.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

เมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการระบุผลการทดสอบด้วยแบบประเมินมาตรฐาน BOT-2 เทียบกับการตรวจทางคลินิก โดยใช้สูตรตามตาราง 2x2 (Table 1) พบว่าได้ผลบวกจริง 19 ราย ผลบวกลวง 7 ราย ผลลบลวง 6 ราย และผลลบจริง 12 ราย คำนวณเปอร์เซ็นต์ความไว ความจำเพาะ และความถูกต้องได้ 76, 63.2 และ 70.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

Table 3 Interpretation for positive P-CTSIB assessment.

Conditions	Standing duration (second)	A-P sway (degree)	M-L sway (degree)	Movement strategy (% of ankle strategy)
1. Standing on the floor with opened eyes	30	≤1.2	≤1.2	70-100
2. Standing on the floor with closed eyes	25-30	≤1.2	≤1.2	70-100
3. Standing on the floor with wear a dome	25-30	≤1.2	≤1.5	60-100
4. Standing on the foam with opened eyes	25-30	≤1.2	≤1.5	60-100
5. Standing on the foam with closed eyes	20-30	≤1.2	≤2.0	60-100
6. Standing on the foam with wear a dome	20-30	≤1.2	≤2.0	60-100

Cut off from the previous study ^(2, 12, 14, 16, 35, 36)

Table 4 Validity index of P-CTSIB and Balance Subtest of BOT-2.

Assessment	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Accuracy (%)
P-CTSIB	96.00	89.50	93.18
Balance Subtest of BOT-2	76.00	63.20	70.45

จากผลการศึกษาพบว่า การประเมินการทรงตัวด้วย P-CTSIB และ Balance Subtest of BOT-2 มีเปอร์เซ็นต์ความไวของการวัดอยู่ในระดับที่สามารถใช้ตรวจประเมิน เพื่อแยกเด็กที่มีปัญหาด้านการทรงตัวออกจากเด็กที่ไม่มีปัญหาด้านการทรงตัวได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าความไวของรูปแบบการประเมิน P-CTSIB แสดงค่าความไวที่ 96% บ่งบอกว่า P-CTSIB สามารถใช้ตรวจประเมินเพื่อคัดกรองหาเด็กที่มีปัญหาด้านการทรงตัวได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเด็กจะต้องผ่านเกณฑ์ทั้ง 3 ตัวแปร (ระยะเวลาการทรงตัว ระดับองศาการเบี่ยงเบนในการทรงตัว และเปอร์เซ็นต์ของกลวิธีที่ใช้ในการทรงตัว) ในทุกสภาวะของการทดสอบ หากมีตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งในสภาวะใดสภาวะหนึ่งไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนด เด็กจะได้รับการประเมินว่ามีปัญหาด้านการทรงตัว เช่น เด็กบางคนอาจมีระยะเวลาการทรงตัวและระดับองศาที่เบี่ยงเบนอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่เมื่อถูกกลวิธีที่ใช้ในการทรงตัวพบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ผิดปกติ กล่าวคือ แม้ว่าเด็กจะสามารถทรงตัวได้ครบเวลาที่ตั้งไว้และมีองศาการเบี่ยงเบนของลำตัวเพียงเล็กน้อย แต่มีเปอร์เซ็นต์ของ ankle strategy ที่ต่ำ ผลดังกล่าว จะประเมินว่าเด็กมีปัญหาด้านการทรงตัว เพราะโดยพัฒนาการทั่วไปของเด็กตั้งแต่อายุ 7 ปี ควรจะมีการใช้ ankle strategy มากที่สุดสำหรับการทรงตัวในทุกสภาวะ^{16, 33, 35-37} ดังนั้นหากผลประเมินตัวแปรนี้พบว่าเด็กใช้ ankle strategy ต่ำกว่าเกณฑ์ไม่ว่าจะในสภาวะใด บ่งบอกได้ถึง ความบกพร่องของการปรับกลไกของร่างกายเพื่อควบคุมการทรงตัวผิดไปจากแบบแผนปกติ การศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาซึ่งระบุว่า P-CTSIB มีความถูกต้องมากพอที่จะประเมินความสามารถของการทรงตัวในกลุ่มเด็กช่วงอายุ 5-11 ปี³⁸ และการศึกษาครั้งนี้ยังไปสนับสนุนการศึกษาที่ศึกษาความเที่ยงตรงตามสภาพของของ P-CTSIB กับ ระบบวิเคราะห์การเคลื่อนไหว ที่พบว่า P-CTSIB มีความเที่ยงตรงอยู่ในระดับสูงสำหรับการประเมินการทรงตัวในเด็ก¹³ สำหรับความจำเพาะของการประเมินการทรงตัวด้วย P-CTSIB แสดงความจำเพาะที่สูง (89.5%) บ่งบอกว่า การประเมินด้วย P-CTSIB มีความสามารถในการแยกเด็กที่ไม่มีปัญหาการทรงตัวออกจากเด็กที่มีปัญหาการทรงตัว ซึ่งอธิบายได้จากเกณฑ์การวัดของ P-CTSIB โดยเด็กจะต้องผ่านเกณฑ์ทั้ง 3 ตัวแปรในทุกสภาวะของการทดสอบ จึงจะได้รับการประเมินว่าไม่มีปัญหาด้านการทรงตัว จากเปอร์เซ็นต์แสดงค่าความไวและความจำเพาะของแบบประเมินมาตรฐาน P-CTSIB จะเห็นได้ว่าการตรวจประเมินโดย P-CTSIB มีความละเอียดต่อการคัดกรองเด็กทั้งที่มีปัญหาด้านการทรงตัวและไม่มีปัญหาด้านการทรงตัวได้เป็นอย่างดี เพราะรูปแบบการประเมินจะระบุระดับความบกพร่องของร่างกายอันเกี่ยวข้องกับกระบวนการรับรู้สัมผัสในแต่ละ

สภาวะ ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากระบบรับรู้สัมผัสที่ต่างกันไป^{2, 11, 14}

สำหรับ Balance Subtest of BOT-2 มีค่าความไวของการวัดเท่ากับ 76% เป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกับการศึกษาที่เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่าง BOT-2 และ MAND²³ สำหรับการประเมินการประสานสัมพันธ์การเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่งพบว่า BOT-2 มีค่าความไวเท่ากับ 66.7% ซึ่งคณะผู้วิจัยกล่าวว่าเป็นระดับความถูกต้องที่เพียงพอสำหรับการประเมินเพื่อแยกเด็กที่มีความบกพร่องด้านการเคลื่อนไหวออกจากเด็กปกติ และจากการศึกษาความถูกต้องของ BOT-2 ในกลุ่มเด็กที่มีความบกพร่องด้านสติปัญญา³⁹ พบว่า Balance Subtest of BOT-2 ยังไม่มีความชัดเจนที่จะระบุความถูกต้องของการประเมินการเคลื่อนไหวของร่างกาย แต่การศึกษาครั้งนี้ได้มีการคัดกรองเด็กที่ไม่มีความบกพร่องด้านสติปัญญา ดังนั้นค่าความไวที่ได้จึงสามารถนำไปใช้ได้จริงสำหรับเด็กทั่วไป และเด็กที่มีปัญหาการเคลื่อนไหวของร่างกาย และในการศึกษาครั้งนี้ Balance Subtest of BOT-2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความจำเพาะเท่ากับ 63.2% ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้⁴⁴ (Table 4) บ่งบอกถึงการวัดการทรงตัวด้วย BOT-2 สามารถแยกเด็กที่ไม่มีปัญหาการทรงตัว ออกจากเด็กที่มีปัญหาการทรงตัวได้ด้วยการประเมินที่เป็นรูปแบบของระดับของการทำงานของร่างกาย ซึ่งมุ่งเน้นการเคลื่อนไหวของร่างกายที่สัมพันธ์กับความสามารถในการทรงตัว ทำให้ Balance Subtest of BOT-2 สามารถตรวจประเมินเด็กที่มีการเคลื่อนไหวผิดปกติอันเกี่ยวเนื่องกับปัญหาด้านการทรงตัวได้ แต่จากการวิเคราะห์ผลลบปลอม พบว่า Balance Subtest of BOT-2 มีการวินิจฉัยที่คลาดเคลื่อนไปจากการตรวจประเมินด้วยการประเมินการทรงตัวมาตรฐานแสดงจำนวนเด็กเท่ากับ 6 คน นั่นคือ Balance Subtest of BOT-2 มีโอกาสที่จะวินิจฉัยว่าเด็กไม่มีปัญหาด้านการทรงตัวทั้งที่ความจริงแล้วเด็กมีปัญหาด้านการทรงตัวจากผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่า แม้ว่าเด็กจะมีความบกพร่องหรือมีปัญหาในระดับของอวัยวะหรือระบบบางส่วนของร่างกาย แต่ยังสามารถควบคุมการทรงตัวต่อการเคลื่อนไหวในงานหนึ่งได้ถึงระดับเกณฑ์ปกติของ Balance Subtest of BOT-2 การประเมินนี้จะระบุว่าเด็กไม่มีปัญหาด้านการทรงตัว ซึ่งเป็นโอกาสให้ Balance Subtest of BOT-2 เกิดการวินิจฉัยที่แตกต่างจากการตรวจประเมินด้วยการประเมินการทรงตัวมาตรฐาน

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่าแบบประเมินมาตรฐานทั้งสองแบบนี้มีค่าความไว (sensitivity) ความจำเพาะ (specificity) และความถูกต้อง (accuracy) อยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ประเมินการทรงตัวของเด็กได้ โดยสามารถเลือกใช้ Balance Subtest of BOT-2 เมื่อต้องการประเมินถึงระดับการทำงานหรือการเคลื่อนไหวของร่างกาย และเลือกใช้ P-CTSIB เมื่อต้องการประเมินระดับการใช้ระบบการรับรู้สัมผัสเพื่อการทรงตัว และประเมินความบกพร่องแบบแยกส่วนของร่างกาย

สำหรับการประเมินด้วย Balance Subtest of BOT-2 ผลลัพธ์ของการวัดแสดงเป็นคะแนนที่มีความชัดเจนและง่ายต่อการประเมิน และในแต่ละสภาวะก็มีความสอดคล้องกับความสามารถด้านการทรงตัวในชีวิตประจำวัน เมื่อนำไปใช้ในทางคลินิก ควรมีความเข้าใจต่อกระบวนการวิเคราะห์คะแนนดิบให้เป็นคะแนน scale score จึงจะได้ผลการประเมินการทรงตัวที่แท้จริง ส่วนการประเมินการทรงตัวด้วย P-CTSIB มีเกณฑ์การประเมินตัวแปรที่แตกต่างกันในแต่ละสภาวะของการทดสอบ ควรมีการฝึกฝนก่อนการนำไปใช้จริงเพื่อให้การวัดและการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้องมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ปกครองและเด็กที่สละเวลาและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณความช่วยเหลือจากนักกายภาพบำบัด และคณะเจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิจัย

1. Shumway-Cook A, Wollacott M. Motor control: translating research into clinical practice. 5th Ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2017.
2. Chong RJ, Su FC, Chen JJ, Kuan TS. Performance of static standing balance in children with spastic diplegic cerebral palsy under altered sensory environments. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; 78(4): 336-43.
3. Sneha DD and Lata DP. Normative values of tandem and unipedal stance in school children. *Int J Cur Rev* 2014; 6(24): 24-30.
4. Lopes GHR, David AC, Lopes B, Maia EM, Carolino M, Castro OG, et al. Single leg stance balance in obese and non-obese children. XXIV Congress of the International Society of Biomechanics: Brazil; 2013.
5. Moraes AG, David AC, Lopes B, Maia EM, Carolino M, Castro OG, et al. Comparison of a single leg stance balance between children and adults. XXIV Congress of the International Society of Biomechanics: Brazil; 2013.
6. Zumbunn T, MacWilliams BA, Johnson BA. Evaluation of a single leg stance balance test in children. *Gait Posture* 2011; 34(2): 174-7. doi:10.1016/j.gaitposture.2011.04.005.
7. Boudier-Reveret M, Mazer B, Feldman DE, Shrier I. Practice management of musculoskeletal injuries in active children. *Br J Sports Med* 2011; 45(14): 1137-43. doi:10.1136/bjsm.2009.071233.
8. Crowe TK, Deitz JC, Richardson PK, Atwater SW. Interrater reliability of the pediatric clinical test of sensory interaction for balance. *Phys Occup Ther Pediatr* 1991; 10(4): 1-27. doi:http://dx.org/10.1080/j006v10n04_01.
9. Bruininks RH, Bruininks BD. BOT-2, Bruininks-oseretsky test of motor proficiency second edition. Minnesota: Pearson Assessments; 2005.
10. Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. *Phys Ther* 1986; 66(10): 1548-50.
11. Goulet C, Furze J. Neuromuscular system: examination, evaluation, and diagnoses. Meeting the physical therapy needs of children. 2nd Ed. Philadelphia: F.A. Davis Co.; 2013.
12. Kunritt J, Lekskulchai R, Akamanon C. Comparison of balance performance between children with cerebral palsy and typically developing children [Thesis]. Nakhonpathom: Mahidol University; 2013.
13. Lekskulchai R, Kadli S. Concurrent validity of the pediatric clinical test of sensory interaction for balance to quantify postural sway and movement strategies of children aged 7-12 years. *J Med Assoc Thai* 2015; 98(5): 36-41.
14. Pichetsin P. Standing balance in Thai children measured by pediatric clinical test of sensory interaction for balance, single-limb stance and tandem walk [Thesis]. Nakhonpathom: Mahidol University; 2004.
15. Piek JP, Hands B, Licari MK. Assessment of motor functioning in the preschool period. *Neuropsychol Rev* 2012; 22(4): 402-13. doi:10.1007/s11065-012-9211-4.
16. Suttanon P. Comparison of balance performance between healthy Thai aged 7-10 and 11-15 years measured by CTSIB. *Thamasat Int J Sci Tech* 2006; 11(2): 75-69.
17. Suttanon P, Akamanon C, Pichaiyongwongdee S. Comparison of balance performance between Thai-boxers and healthy Thai males aged 15-25 years [Thesis]. Nakhonpathom: Mahidol University; 2001.
18. Deitz JC, Kartin D, Kopp K. Review of the Bruininks-oseretsky test of motor proficiency second edition (BOT-2). *Phys Occup Ther Pediatr* 2007; 27(4): 87-102.

19. Lucas BR, Latimer J, Doney R, Ferreira ML, Adams R, Hawkes G, et al. The bruininks-oseretsky test of motor proficiency-short form is reliable in children living in remote australian aboriginal communities. *BMC Pediatr* 2013; 13(1): 1-12. doi:10.1186/1471-2431-13-135.
20. Mayson T. Evidence summary for pediatric rehabilitation professionals. Sunny Hill Health Centre for Children; 2007.
21. Hassan MM. Validity and reliability for the bruininks-oseretsky test of motor proficiency-short form as applied in the United Arab Emirates culture. *Percept Mot Skills* 2001; 92(1): 157-66. doi:10.2466/pms.2001.92.1.157.
22. Kambas A, Aggeloussis N. Construct validity of the bruininks-oseretsky test of motor proficiency-short form for a sample of greek preschool and primary school children. *Percept Mot Skills* 2006; 102(1): 65-72. doi:10.2466/pms.102.1.65-75.
23. Hands BP, McIntyre F, McIntyre F, Rigoli D. Comparing the BOT-2 and MAND for identifying young adults with motor impairment. *JOC* 2015; 5(32): 109.
24. Chen Y, Garcia-Vergara S, Howard AM. Effect of a home-based virtual reality intervention for children with cerebral palsy using super pop VR evaluation metrics: a feasibility study. *Rehabil Res Prac* 2015; (2015). doi:http://dx.org/10.1155/2015/812348
25. Said EA, Ahmed MK, Mohamed ES. Role of vestibular testing in deciding treatment strategies for children with otitis media with effusion. *EJENTAS* 2015; 16(2): 151-9. doi:http://doi.org/10.1016/j.ejenta.2015.05.003
26. Venetsanou F, Kambas A, Aggeloussis N, Serbezis V, Taxildaris K. Use of the bruininks-oseretsky test of motor proficiency for identifying children with motor impairment. *Dev Med Child Neurol* 2007; 49(11): 846-8. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00846.x
27. Whyte MP, Madson KL, Phillips D, Reeves AL, McAlister WH, Yakimoski A, et al. Asfotase alfa therapy for children with hypophosphatasia. *JCI Insight* 2016; 1(9): e85971. doi:10.1172/jci.insight.85971.
28. Condon C, Cremin K. Static balance norms in children. *Physiother Res Int* 2014; 19(1): 1-7. doi:10.1002/pri.1549.
29. Panjan A, Sarabon N. Review of methods for the evaluation of human body balance. *Sport Sci Rev* 2010; 19(5-6): 131-63. doi:https://doi.org/10.2478/v10237-011-0036-5
30. Hile ES, Brach JS, Perera S, Wert DM, VanSwearingen JM, Studenski SA. Interpreting the need for initial support to perform tandem stance tests of balance. *Phys Ther* 2012; 92(10): 1316-28. doi:10.2522/ptj.20110283.
31. El-Kashlan HK, Shepard NT, Asher AM, Smith-Wheelock M, Telian SA. Evaluation of clinical measures of equilibrium. *Laryngoscope* 1998; 108(3): 311-9.
32. Cools W, Martelaer KD, Samaey C, Andries C. Movement skill assessment of typically developing preschool children: a review of seven movement skill assessment tools. *J Sports Sci Med* 2009; 8(2): 154-68.
33. Kunritt J, Lekskulchai R, Akamanon C. Stable movement strategy during balance testing in typically developing children. Queen Sri Savarindrindira & Prince Mahidol Adulyadej Commemoration Conference. Nakhonpathom: Mahidol University; 2012.
34. Bujang MA, Adnan TH. Requirements for minimum sample size for sensitivity and specificity snalysis. *JCDR* 2016; 10(10): YE01-YE6. doi:10.7860/JCDR/2016/18129.8744.
35. Forssberg H, Nashner LM. Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. *J Neurosci* 1982; 2(5): 545-52.

36. Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986; 55(6): 1369-81.
37. Kuo AD, Zajac FE. Human standing posture: multi-joint movement strategies based on biomechanical constraints. *Prog Brain Res* 1993; (97): 349-58.
38. Berghuis-Kelly D, Chenet K, Hansen F, Westcott S. Concurrent validity of the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance with the bruininks oseretsky test of motor proficiency and the chattecx balance system in children with balance dysfunction: 12. *Pediatr Phys Ther* 1997; 9(4): 197.
39. Wuang Y-P, Su C-Y. Reliability and responsiveness of the bruininks-oseretsky test of motor proficiency-second edition in children with intellectual disability. *Res Dev Disabil* 2009;30(5): 847-55. doi:10.1016/j.ridd.2008.12.002.