

ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเชิงบริหารและทักษะการเคลื่อนไหวในเด็กวัยเรียนอายุ 7-10 ปี

The relationship between executive function and motor skills of school-aged children

7-10 years old

สุภาณี ชวนชัย*, เจนจิรา อัสพันธุ์, วรณิษา แสนพันธ์, บุญรัตน์ ใจวัตรสกุล

Supanee Chouchay*, Jenjira Assapun, Wannisa Saenphan, Boonrat Ngowtrakul

คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Faculty of Physical Therapy, Huachiew Chalermprakiet University

บทคัดย่อ

ที่มาและความสำคัญ: เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทต่อการใช้ชีวิตในวัยเด็กเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้เด็กไทยมีพัฒนาการที่ถดถอยลงทั้งทางด้านร่างกายและความคิด ทำให้เด็กเสี่ยงต่อความบกพร่องทางการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาใดที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการเคลื่อนไหวและทักษะทางความคิดเชิงบริหารของเด็กวัยประถม

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งาน การยั้งคิดไตร่ตรอง และความยืดหยุ่นทางความคิด กับทักษะการเคลื่อนไหวในเด็กอายุ 7-10 ปี ประกอบด้วย ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ การเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย และความสามารถในการทรงตัว

วิธีการวิจัย: นักเรียนระดับประถมศึกษาเพศชายและหญิง อายุ 7 - 10 ปี จำนวน 84 คน ได้รับการทดสอบทักษะพื้นฐานทางความคิดเชิงบริหาร 3 ด้านหลัก ได้แก่ (1) ความจำเพื่อใช้งาน ทดสอบด้วย digit span test (2) การยั้งคิดไตร่ตรอง ทดสอบด้วย stroop color and word test และ (3) ความยืดหยุ่นทางความคิด ทดสอบด้วย trail making test และได้รับการทดสอบทักษะการเคลื่อนไหวด้วยชุดทดสอบ movement assessment battery for children - 2 (MABC-2) ประกอบด้วย ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ การเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย และความสามารถในการทรงตัว จากนั้นวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติด้วย สหสัมพันธ์ สเปียร์แมน (Spearman correlation coefficient; r_s) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05

ผลการวิจัย: พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทิศทางตรงกันข้ามระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดกับคะแนนรวมทักษะการเคลื่อนไหว ($r_s = -0.331, p = 0.002$) ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ ($r_s = -0.267, p = 0.014$) และความสามารถในการทรงตัว ($r_s = -0.280, p = 0.010$) อย่างไรก็ตามไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งานและการยั้งคิดไตร่ตรองกับทักษะการเคลื่อนไหว ($p > 0.05$)

สรุปผล: ทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดที่ดีมีความสัมพันธ์กับทักษะการเคลื่อนไหวที่ดีในเด็กอายุ 7 ถึง 10 ปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือและความสามารถในการทรงตัว

คำสำคัญ: ความคิดเชิงบริหาร ทักษะการเคลื่อนไหว ชุดทดสอบความสามารถทางการเคลื่อนไหว MABC-2 เด็กวัยเรียน

ABSTRACT

Background: Technology plays an important role in daily life for children. As a result, physical and cognitive development in Thai children has declined. Consequently, their learning ability is poor. However, the relationship between motor skills and executive function in elementary school-aged children is still unclear.

*Corresponding author: Supanee Chouchay. Faculty of Physical Therapy, Huachiew Chalermprakiet University, Samut Prakan, Thailand. Email: supanee.ch@hcu.ac.th

Objective: To evaluate the association between executive function and motor skills in children aged 7 - 10 years.

Methods: The participants comprised 84 boys and girls aged 7 - 10 years. All participants were assessed three domains of executive function, including working memory, inhibitory control, and cognitive flexibility using a digit span test, stroop color and word test, and trail making test, respectively. In addition, they were tested with a movement assessment battery for children - 2 (MABC-2) test, which consisted of manual dexterity, aiming and catching, and balance. All data were analyzed for statistical correlation by Spearman correlation coefficient, at $p\text{-value} < 0.05$.

Results: The cognitive flexibility was found statistically negative correlation with motor skills ($r_s = - 0.331, p = 0.002$), manual dexterity ($r_s = - 0.267, p = 0.014$) and balance ($r_s = - 0.280, p = 0.010$). However, there was no statistical correlation between working memory, inhibitory control, and motor skills.

Conclusion: Cognitive flexibility is associated with manual dexterity and balance in school-aged children 7 to 10 years old.

Keywords: executive function, motor skills, MABC-2, school-aged children

บทนำ

พัฒนาการของสมองและร่างกายในเด็กไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องสอดคล้องกับรายงานขององค์การอนามัยโลกที่พบว่าเด็กทั่วโลกมีพัฒนาการที่ล่าช้าลง ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เด็กมีพัฒนาการไม่สมวัย ได้แก่ พฤติกรรมการเลี้ยงดูและการกระตุ้นพัฒนาการที่

ไม่เหมาะสม¹ ปัจจุบันเทคโนโลยีส่งผลต่อพฤติกรรมกาเลี้ยงดูเด็กเป็นอย่างมาก เช่น การใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ การใช้แท็บเล็ต และการใช้สื่อสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้ผ่านทางแอปพลิเคชันอย่างไม่มีประสิทธิภาพในเด็กวัยก่อน 2 ปี จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มากเกินไปในเด็กวัยนี้ทำให้พัฒนาการของเด็กล่าช้าลง² ส่งผลต่อพัฒนาการที่ไม่เหมาะสมทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ และภาษา ทำให้เด็กจำนวนมากต้องเผชิญกับภาวะสมาธิสั้นและภาวะบกพร่องทางการเรียนรู้^{1,2}

กิจกรรมทางกายหรือการเคลื่อนไหวที่ลดลงเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เด็กมีความบกพร่องของพัฒนาการด้านร่างกายและพฤติกรรมกาเรียนรู้ การเคลื่อนไหวเป็นทักษะที่ต้องอาศัยการทำงานประสานสัมพันธ์ของร่างกายทั้งกล้ามเนื้อเล็ก กล้ามเนื้อมัดใหญ่ การวางแผนและควบคุมการเคลื่อนไหว รวมถึงการทำงานประสานสัมพันธ์ของตาและมือ ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย (aiming and catching)³ และความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ (manual dexterity)^{4,5} นอกจากนี้ การทรงตัว (balance) ในเด็กมีความสำคัญเพื่อให้เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดี เด็กที่มีความบกพร่องในการทรงตัวจะส่งผลให้ความยากลำบากในการทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหว และยังทำให้ขาดสมาธิเพื่อการจดจ่อ และไม่สามารถใช้สายตาเพ่งมองได้ดี จึงย่อมส่งผลต่อการเรียนรู้ที่ไม่ดี⁶ ขณะเดียวกันพฤติกรรมกาเรียนรู้อย่างดีต้องอาศัยทักษะทางความคิดเชิงบริหาร (executive function; EF) ที่พัฒนาตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยรุ่น โดยพัฒนาสูงสุดในช่วงอายุ 3 – 6 ปี และพัฒนาต่อเนื่องจนค่อย ๆ เสื่อมลงในวัยสูงอายุ หากทักษะทางความคิดเชิงบริหารบกพร่องจะส่งผลให้เด็กมีปัญหาในการดำเนินชีวิต เช่น หุนหันพลันแล่น รอคอยไม่เป็น สมาธิสั้น วอกแวกง่าย เป็นต้น^{7,8}

ความคิดเชิงบริหารเป็นกระบวนการทางความคิดที่ทำงานโดยสมองส่วนหน้า ทำให้สามารถ

กำกับตนเองให้เกิดพฤติกรรมที่เหมาะสมทั้งด้านอารมณ์ ความคิด และการกระทำ เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายได้สำเร็จ ประกอบด้วยพื้นฐานสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ความยืดหยุ่นทางความคิด (cognitive flexibility) การยั้งคิดไตร่ตรอง (inhibitory control) และความจำเพื่อใช้งาน (working memory)⁷ ความคิดเชิงบริหารเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นต่อความสำเร็จในการเรียนของเด็กวัยเรียน และใช้บ่งบอกถึงความพร้อมทางการเรียนได้มากกว่าระดับสติปัญญา โดยเฉพาะทักษะการอ่าน การคำนวณ รวมถึงสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี^{7,8} การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีหลายปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับทักษะทางความคิดเชิงบริหาร เช่น กิจกรรมทางกาย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ⁹ และทักษะการเคลื่อนไหว (motor skills) จากรายงานของ Best และคณะ¹⁰ พบว่า การพัฒนาทักษะการเคลื่อนไหวและทักษะทางความคิดเชิงบริหารมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน และพัฒนาได้อย่างรวดเร็วในเด็กอายุระหว่าง 5 - 10 ปี ดังนั้นการส่งเสริมความสามารถของทักษะการเคลื่อนไหวในเด็กวัยเรียน สามารถช่วยเพิ่มทักษะทางความคิดเชิงบริหารและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นอกจากนี้การศึกษาก่อนหน้าไม่พบว่าเด็กชายและเด็กหญิงมีความสามารถด้านทักษะการเคลื่อนไหวและความจำเพื่อใช้งานที่แตกต่างกันในช่วงวัยประถม¹¹⁻¹³

จากที่กล่าวมาข้างต้น เทคโนโลยีที่เข้ามามีอิทธิพลต่อการเลี้ยงดูเด็กในปัจจุบัน ทำให้เด็กมีกิจกรรมการเคลื่อนไหวลดลงและส่งผลกระทบต่อการเรียนรู้ อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาการทำงานของสมองอย่างต่อเนื่องเมื่อเข้าสู่วัยเรียน การศึกษาที่ผ่านมา ยังไม่มีการศึกษาใดที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการคิดเชิงบริหารที่เป็นกระบวนการทำงานของสมองขั้นสูงกับทักษะการเคลื่อนไหวที่ครอบคลุมทั้งการทำงานแบบประสานสัมพันธ์กันของกล้ามเนื้อมัดเล็กและกล้ามเนื้อมัดใหญ่ในเด็กนักเรียนไทยชั้นประถมศึกษาตอนต้นอายุระหว่าง 7 ถึง 10 ปี ที่เข้าสู่ระบบการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศไทยที่มีรูปแบบการเรียนที่พัฒนา

ทั้งทักษะทางด้านสมองและร่างกาย ดังนั้น หากทราบแนวทางการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในช่วงวัยนี้ได้ อย่างเหมาะสมอาจส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนของเด็กต่อไปในอนาคตได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารและทักษะการเคลื่อนไหวในเด็กอายุ 7 ถึง 10 ปี

วิธีการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

อาสาสมัครเป็นนักเรียนเพศชายและหญิงที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 4 โรงเรียนคลองบางน้ำจืด ตำบลบางโหลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ อายุระหว่าง 7 - 10 ปี สถานที่ทดสอบ คือ ห้องเรียนโรงเรียนคลองบางน้ำจืด จ.สมุทรปราการ โดยทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2563 อาสาสมัครได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเข้าร่วมงานวิจัย พร้อมด้วยครูประจำชั้นและผู้ปกครอง เพื่อพิจารณาให้ความยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ทั้งนี้ งานวิจัยได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบโดยสอดคล้องกับประกาศเสดซิงกิ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ เลขที่รับรอง อ. 901/2562 จำนวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยคำนวณจากการศึกษาที่ผ่านมา¹⁴ โดยตัวแปรที่ใช้คำนวณ คือ การเคลื่อนไหวกับความจำเพื่อใช้งาน โดยคำนวณขนาดอิทธิพลมีค่า 0.19 ที่ระดับความเชื่อมั่น (alpha level) เท่ากับ 0.05 และอำนาจการทดสอบ (power) เท่ากับ 0.95 ได้จำนวนผู้เข้าร่วมงานวิจัย 62 คน โดยมีการเพิ่มแทนการสูญเสีย (drop out) ทำให้มีผู้เข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้จำนวนทั้งสิ้น 84 คน คัดเลือกจากอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก ดังนี้

เกณฑ์การคัดเข้า ประกอบด้วย (1) อายุ 7 ปี ถึง 10 ปี 11 เดือน (2) กำลังศึกษาอยู่ในเกณฑ์การศึกษาภาคปกติ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึง 4 (3) สุขภาพดี (4) สื่อสารภาษาไทยเข้าใจ (5) ทำตามคำสั่งได้ และ (6) สามารถอ่านภาษาไทยโดยไม่ใช้การสะกดคำ สำหรับเกณฑ์การคัดออก ประกอบด้วย (1) มีภาวะ

เริ่มอ่านและอ่านตามเกณฑ์อ้างอิงการเจริญเติบโตของกรรมอนามัย (2) ตาบอดสี (3) มีปัญหาด้านการสื่อสารและการได้ยิน (4) มีประวัติสมาธิสั้น (attention-deficit hyperactivity disorder; ADHD) และมีความบกพร่องทางการเรียนรู้ (learning disabilities; LD) (5) มีประวัติการบาดเจ็บของรยางค์แขนและขาในระยะเวลา 12 เดือนที่ผ่านมา (6) มีความผิดปกติของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อหรือระบบประสาท และ (7) มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจและโรคหอบหืด เป็นต้น

ขั้นตอนการวิจัย

เมื่ออาสาสมัคร ผู้ปกครอง และครูประจำชั้นได้รับการชี้แจงข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยอย่างละเอียด ผู้ปกครองจึงลงลายมือชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัย อาสาสมัครจะได้รับการสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานและได้รับการตรวจประเมินเพื่อคัดกรองผู้เข้าร่วมงานวิจัย ได้แก่ วันเดือนปีเกิด น้ำหนัก ส่วนสูง ประวัติการเจ็บป่วย การอ่านภาษาไทย การนับเลข และทดสอบตาบอดสี จากนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าจะได้รับการทดสอบทักษะพื้นฐานทางความคิดเชิงบริหาร 3 ด้านหลัก และทักษะการเคลื่อนไหวด้วยชุดทดสอบความสามารถทางการเคลื่อนไหว movement assessment battery for children - 2 (MABC-2)¹⁵ โดยไม่กำหนดลำดับก่อนหลังของการทดสอบ และอาสาสมัครสามารถพักระหว่างการทดสอบได้ตามต้องการ

การทดสอบทักษะพื้นฐานทางความคิดเชิงบริหาร 3 ด้านหลัก

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับการทดสอบความคิดเชิงบริหารทั้ง 3 ด้านหลัก ดังนี้ (1) ความจำเพื่อใช้งานทดสอบด้วย digit span test มีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ 0.87^{16,17} โดยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยพูดทวนตัวเลขตามคำบอก ประกอบด้วยการพูดทวนเลขตามแบบไปข้างหน้าและการพูดทวนเลขย้อนลำดับ บันทึกคะแนนรวมตามจำนวนข้อที่พูดทวนเลขได้ถูกต้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบ

กับตารางคะแนนมาตรฐานเพื่อหาค่า % equivalent (2) การยั้งคิดไตร่ตรอง ทดสอบด้วย stroop color and word test¹⁸ มีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ 0.71-0.79¹⁹ ทดสอบโดยให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยอ่านชื่อสีบนตัวอักษรที่กำหนด ประกอบด้วยการอ่านชื่อสีบนตัวอักษรสีดำ (word; W) การอ่านชื่อสีบนตัวอักษรสีเดียวกัน (color; C) และการอ่านชื่อสีบนตัวอักษรสีต่างกัน (color-word; CW) โดยบันทึกคะแนนจากจำนวนครั้งที่อ่านถูกต้องและเร็วที่สุดภายในเวลา 45 วินาที จากนั้นนำคะแนนที่ได้ไปหาค่า predicted CW score (P_{CW}) จากสูตร $P_{CW} = (W \times C) / (W + C)$ เพื่อนำไปคำนวณหา interference score (IG) ด้วยสูตร $IG = CW - P_{CW}$ หากค่า IG ยิ่งน้อยหมายถึงมีความคิดเชิงบริหารด้านการยั้งคิดไตร่ตรองน้อย และ (3) ความยืดหยุ่นทางความคิด ทดสอบด้วย trail making test part A (TMT-A)^{20,21} ด้วยการค้นหาตัวเลขและโยงลากเส้นตามลำดับตั้งแต่เลข 1 ถึง 25 โดยไม่ยกปากกาขึ้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้และบันทึกเวลาเป็นวินาที ถ้าใช้เวลามากกว่า 78 วินาที หมายถึงมีความบกพร่อง และหากเวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบน้อยกว่าจะแสดงถึงเด็กมีความคิดยืดหยุ่นที่ดีกว่า โดยแบบประเมินมีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ 0.76-0.82²²

การทดสอบทักษะการเคลื่อนไหวด้วยชุดทดสอบ MABC-2

ชุดทดสอบความสามารถทางการเคลื่อนไหว MABC-2 เป็นชุดทดสอบมาตรฐานที่มีค่าความน่าเชื่อถืออยู่ที่ 0.80¹⁵ ประกอบด้วยข้อทดสอบทักษะการเคลื่อนไหว 3 ด้าน คือ 1) ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ (manual dexterity) จำนวน 3 ข้อย่อย ได้แก่ การปักหมุดบนเบ็กบอร์ด การร้อยไหม และการลากเส้นตามกำหนด 2) การเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย (aiming and catching) จำนวน 2 ข้อย่อย ได้แก่ การรับส่งลูกบอลสองมือ และการโยนถุงถ่วงเป้าหมาย 3) การทรงตัว (balance) จำนวน 3 ข้อย่อย ได้แก่ การยืนทรงตัวบนกระดานแผ่นเดียว การเดินต่อเท้าไปข้างหน้า และ

การกระโดดบนแผ่นปูลองที่กำหนด รวมเป็นข้อทดสอบย่อยจำนวนทั้งหมด 8 ข้อ การแปลผลการทดสอบให้นำคะแนนของแต่ละข้อย่อย (raw score) มาเปรียบเทียบกับเป็นคะแนนมาตรฐาน (standard score) ตามช่วงอายุ และนำผลคะแนนรวมของแต่ละทักษะมาเปรียบเทียบกับเป็นคะแนนมาตรฐานและเปอร์เซ็นต์ไทล์ สำหรับการแปลผลของทักษะการเคลื่อนไหวโดยรวมให้นำคะแนนรวมของทักษะการเคลื่อนไหวทั้ง 3 ด้านมาเปรียบเทียบกับเป็นคะแนนมาตรฐานและเปอร์เซ็นต์ไทล์ เพื่อนำไปแปลผลทักษะการเคลื่อนไหวว่ามีความบกพร่องหรือไม่ โดยแปลผลตามโซนระบบสัญญาณไฟจราจร (traffic light system) ดังนี้ โซนสีแดง (red zone) คะแนนมาตรฐานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 56 หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 คือสามารถทำการเคลื่อนไหวได้อย่างยากลำบาก โซนสีเหลือง (amber zone) คะแนนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 57 - 67 หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 - 15 คือ มีความเสี่ยงต่อการทำการเคลื่อนไหวได้อย่างยากลำบาก ควรเฝ้าระวัง และโซนสีเขียว (green zone) คะแนนมาตรฐานมากกว่า 67 หรือเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 15 คือ ไม่มีความยากลำบากในการทำการเคลื่อนไหว

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมงานวิจัยด้วยสถิติเชิงพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลด้วยวิธี Kolmogorov-Smirnov หากข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ทำการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient; r) และวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติด้วยสหสัมพันธ์สเปียร์แมน (Spearman correlation coefficient; r_s) เมื่อข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างผลคะแนนจากการทดสอบทักษะทางความคิดเชิงบริหารกับทักษะการเคลื่อนไหว โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.90 - 1.00 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก ค่าระหว่าง 0.70 -

0.89 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ค่าระหว่าง 0.40 - 0.69 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง ค่าระหว่าง 0.10 - 0.39 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยและค่าที่น้อยกว่า 0.10 หมายถึงมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อยมาก²³ กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักเรียนชายและหญิง อายุเฉลี่ย 8 ปี 3 เดือนที่กำลังศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 4 จำนวน 84 คน ดังแสดงในตารางที่ 1 ประกอบด้วยเพศหญิงร้อยละ 64.30 และเพศชายร้อยละ 35.70 โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยมีการเจริญเติบโตสมส่วนร้อยละ 85.70 และต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 14.30 ตามเกณฑ์อ้างอิงการเจริญเติบโตของเพศชายและหญิงอายุ 5 - 18 ปี จากกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2542

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของทักษะพื้นฐานทางความคิดเชิงบริหารและทักษะการเคลื่อนไหวของผู้เข้าร่วมงานวิจัยแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารและทักษะการเคลื่อนไหวเมื่อวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์แมน แสดงในตารางที่ 4 พบความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามระดับน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะเวลาในการวัดทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดกับทักษะการเคลื่อนไหวโดยรวม ทักษะการเคลื่อนไหวด้านความคล่องแคล่วของการใช้มือ และทักษะการเคลื่อนไหวด้านการทรงตัว ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ $r_s = -0.331$ ($p = 0.002$), $r_s = -0.267$ ($p = 0.014$) และ $r_s = -0.280$ ($p = 0.010$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการวัดทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดกับทักษะการเคลื่อนไหวด้านการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย นอกจากนี้ ทักษะทาง

ความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งานและการยั้ง

คิดไตร่ตรองไม่มีความสัมพันธ์กับทักษะการเคลื่อนไหว
($p > 0.05$)

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 84 คน

ข้อมูลพื้นฐาน		ค่าเฉลี่ย	ช่วงอายุ
อายุ (ปี)		8.30 ± 0.99	7.01 – 10.08
เพศ	ชาย	30	35.70
	หญิง	54	64.30
ระดับชั้น	ประถมศึกษาปีที่ 1	7	8.30
	ประถมศึกษาปีที่ 2	29	34.50
	ประถมศึกษาปีที่ 3	26	31.00
	ประถมศึกษาปีที่ 4	22	26.20
เกณฑ์อ้างอิง	สมส่วน	72	85.70
การเจริญเติบโต	ค่อนข้างผอม	5	6.00
	ผอม	7	8.3
มือข้างที่ถนัด	มือขวา	74	88.10
	มือซ้าย	10	11.90

หมายเหตุ: เกณฑ์อ้างอิงการเจริญเติบโตของเพศชายและหญิงอายุ 5 - 18 ปี จากกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2542

ตารางที่ 2 ทักษะพื้นฐาน 3 ด้านหลักของความคิดเชิงบริหาร (executive function; EF)

ความคิดเชิงบริหาร (executive function)	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อย ที่สุด
ความจำเพื่อใช้งาน	65.35	24.73	100	5
Digit span test (%equivalent)				
การยั้งคิดไตร่ตรอง	-10.89	9.67	11.01	-36.75
Stroop color and word test (IG)				
ความยืดหยุ่นทางความคิด	58.43	19.36	95	27
Trail making test part A (second)				

หมายเหตุ: IG = Interference score

ตารางที่ 3 ทักษะการเคลื่อนไหว (motor skills) จากการทดสอบด้วยชุดทดสอบความสามารถทางการเคลื่อนไหว MABC-2

ทักษะการเคลื่อนไหว	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่ามากที่สุด	ค่าน้อยที่สุด
ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ				
คะแนน	27.19	5.71	39	13
เปอร์เซ็นต์ไทล์	40.96	26.95	95	2
การเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย				
คะแนน	10.95	2.66	25	7
เปอร์เซ็นต์ไทล์	6.32	11.29	84	0.50
ความสามารถในการทรงตัว				
คะแนน	32.20	4.67	39	17
เปอร์เซ็นต์ไทล์	61.56	28.13	96	5
ทักษะการเคลื่อนไหวโดยรวม				
คะแนน	70.35	9.01	86	48
เปอร์เซ็นต์ไทล์	30.01	18.78	75	2

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดเชิงบริหารและทักษะการเคลื่อนไหว

ความคิดเชิงบริหาร	ทักษะการเคลื่อนไหว	ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ		การเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย		ความสามารถในการทรงตัว		ทักษะการเคลื่อนไหวโดยรวม	
	Spearman's coefficient								
	r_s	p	r_s	p	r_s	p	r_s	p	
ความจำเพื่อใช้งาน	0.086	0.438	0.125	0.258	-0.011	0.919	0.090	0.414	
การยั้งคิดไตร่ตรอง	-0.109	0.322	-0.054	0.626	-0.070	0.526	-0.125	0.256	
ความยืดหยุ่นทางความคิด	-0.267*	0.014	0.039	0.728	-0.280**	0.010	-0.331**	0.002	

หมายเหตุ: *Correlation is significant at $p < 0.05$, **Correlation is significant at $p < 0.01$

บทวิจารณ์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งาน การยั้งคิดไตร่ตรอง และความยืดหยุ่นทางความคิด กับทักษะการเคลื่อนไหวด้านการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย ความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือ และการทรงตัว ในเด็กอายุ 7 - 10 ปี พบความสัมพันธ์ระดับน้อยในทิศทางตรงกันข้ามระหว่างระยะเวลาในการวัดทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่น

ทางความคิดกับทักษะการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนไหวด้านความคล่องแคล่วของการใช้มือและการทรงตัว กล่าวได้ว่า เด็กที่มีความยืดหยุ่นทางความคิดที่ดีจะทำงานได้สำเร็จในเวลาอันรวดเร็ว สัมพันธ์กับการมีทักษะการเคลื่อนไหวที่ดี ไม่มีความยากลำบากในการเคลื่อนไหวและเป็นไปตามวัยปกติ Best และคณะ²⁴ กล่าวว่า การพัฒนาของทักษะทางความคิดเชิงบริหารจะพัฒนาเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่อายุ 5 ปี จนถึงอายุ 15 ปี โดยแต่ละด้านจะมีพัฒนาการ

ที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุ โดยทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งานจะสามารถพัฒนาได้จนถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น²⁵ ขณะที่ทักษะความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดจะมีช่วงเวลาของการพัฒนาที่สำคัญที่สุดคือช่วงอายุ 7 ถึง 9 ปี⁸ ซึ่งสอดคล้องกับช่วงอายุที่การวิจัยครั้งนี้ศึกษา ด้วยกระบวนการพัฒนาของสมองส่วนหน้าที่จะสร้างแขนงประสาท สร้างจุดเชื่อมต่อสัญญาณประสาท และสร้างวงจรประสาทเชื่อมต่อกับสมองบริเวณอื่นอย่างสลับซับซ้อน ซึ่งเกิดตั้งแต่ในวัยเด็ก และใช้เวลายาวนานในการพัฒนาโครงสร้างแขนงประสาท โดยการลดจำนวนการสร้างจุดเชื่อมต่อสัญญาณประสาทลงในวัยรุ่น เพื่อปรับการทำงานของสมองให้มีประสิทธิภาพจนมีจำนวนเท่ากับผู้ใหญ่เมื่ออายุ 20 ปี สัมพันธ์กับพัฒนาการของทักษะทางความคิดเชิงบริหารที่ดีขึ้นตามวัย^{7,26} ทักษะการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับทักษะทางความคิดเชิงบริหารอธิบายได้จากกระบวนการการทำงานที่ซ้อนทับกันของสมองส่วนที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับความคิดเชิงบริหารและการเคลื่อนไหว ได้แก่ สมองส่วน frontal, parietal และ motor cortex ที่มีการเชื่อมโยงเครือข่ายประสาทร่วมกันและยังทำงานร่วมกับสมองส่วน cerebellum และ basal ganglia โดยการทำกิจกรรมทางกาย การออกกำลังกายแบบประสานสัมพันธ์กันจึงช่วยสนับสนุนการทำงานของสมองทั้งส่วน premotor และ motor cortex ทำให้เกิดการเชื่อมโยงเครือข่ายประสาท fronto-parietal network ส่งเสริมให้มีทักษะทางความคิดเชิงบริหารดีขึ้นด้วย²⁷⁻²⁹ ในทางกลับกัน เมื่อมีการทำงานของสมองเกี่ยวกับการรู้คิดหรือความคิดเชิงบริหาร จะพบการทำงานของสมองส่วน dorsolateral prefrontal cortex ซึ่งไปกระตุ้นสมองส่วน contralateral cerebellum ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวด้านการประสานสัมพันธ์และความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือให้มีการทำงานที่เพิ่มมากขึ้นด้วย²⁹ การศึกษาของคณะผู้วิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Roebers และคณะ³⁰ ที่พบความสัมพันธ์

ระดับน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการรู้คิดและงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวในเด็กอายุ 5 - 6 ปี โดยพบการทำงานของสมองบริเวณ prefrontal cortex, cerebellum และ basal ganglia และยังพบการทำงานที่เชื่อมโยงกันของสมองแต่ละส่วน ซึ่งเป็นบริเวณของสมองที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับความคิดเชิงบริหาร การรู้คิด และการเคลื่อนไหว นอกจากนี้ การศึกษาของคณะผู้วิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Oberer³¹ และ Maurer³² ที่รายงานความสัมพันธ์ระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างทักษะการทำงานของกล้ามเนื้อมัดเล็กกับทักษะทางความคิดเชิงบริหาร ซึ่งอธิบายไว้ว่าทักษะทางความคิดเชิงบริหารมีความสัมพันธ์กับการทำงานที่ยากและซับซ้อนของกล้ามเนื้อมัดเล็กมากกว่าลักษณะงานที่ง่ายไม่ต้องอาศัยความตั้งใจ โดยผ่านกระบวนการ visual-motor coordination นอกจากนี้ ไม่เพียงแต่กล้ามเนื้อมัดเล็กเท่านั้น ทักษะทางความคิดเชิงบริหารยังสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่หากเป็นงานที่ต้องอาศัยการประสานสัมพันธ์กันของทั้งร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดที่มีความสัมพันธ์กับการทรงตัว³³ Stuhr และคณะ³⁴ รายงานว่าความสามารถในการทรงตัวด้วยการยืนขาเดียวขณะลืมหูลืมตาและหลับตา และการยืนทรงตัวบนโพนัม สัมพันธ์กับความจำเพื่อใช้งานทดสอบด้วย Corsi block-taping test การยั้งคิดไตร่ตรองทดสอบด้วย hearts & flowers test การจดจำใส่ใจทดสอบด้วย Flanker test ความยืดหยุ่นทางความคิดทดสอบด้วย Wisconsin card sorting test (WCST) และ การวางแผนและการจัดการทดสอบด้วย tower of London การศึกษาก่อนหน้า³⁵ รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างการทรงตัวและทักษะความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดกับคะแนนรวมของการรู้คิดในเด็กอายุ 7 - 10 ปี 3 กลุ่ม คือ (1) มีพัฒนาการทางด้านร่างกายที่ทำงานประสานสัมพันธ์บกพร่อง (2) มีความเสี่ยงด้านพัฒนาการทางด้านร่างกายที่ทำงานประสาน

สัมพันธ์บกพร่อง และ (3) เด็กปกติ ทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วย MABC-2 age band 2 ทดสอบทักษะทางความคิดเชิงบริหารและกระบวนการรู้คิดทำการทดสอบผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ยืนยันว่า พัฒนาการทางด้านร่างกายและกระบวนการรู้คิดมีความเชื่อมโยงกัน เมื่อมีการรบกวนการทำงานของระบบการสั่งการของกล้ามเนื้อ ได้แก่ เด็กที่มีความบกพร่องของพัฒนาการด้านการเคลื่อนไหวแบบประสานสัมพันธ์กัน หรือเด็กที่มีปัญหาการบกพร่องของกระบวนการรู้คิด เช่น เด็กสมาธิสั้น จะเกิดการรบกวนการทำงานของระบบการสั่งการของกล้ามเนื้อและกระบวนการรู้คิดไปพร้อม ๆ กัน ไม่ใช่ระบบใดระบบหนึ่ง ดังนั้นกิจกรรมที่จะกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาทักษะทางความคิดเชิงบริหารนั้น คือการทำกิจกรรมที่กระตุ้นให้เกิดการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เนื่องจากการเป็นกระตุ้นการทำงานของสมองส่วน prefrontal cortex และ cerebellum ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวและการทำงานประสานสัมพันธ์ของร่างกายเมื่อสมองถูกกระตุ้นจากการเคลื่อนไหวส่งผลให้ทักษะความคิดเชิงบริหารมีการพัฒนาผ่านส่วนของสมองที่ถูกกระตุ้นไปพร้อม ๆ กัน²⁹

นอกจากนี้ งานวิจัยครั้งนี้ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าทักษะพื้นฐานทางความคิดเชิงบริหารทั้ง 3 ด้านไม่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมาย ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Rigoli และคณะ³ ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะทางความคิดเชิงบริหารการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมายในเด็กอายุระหว่าง 12 – 16 ปี พบว่าการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมายสัมพันธ์กับความจำเพื่อใช้งานเพียงด้านเดียว โดยเป็นความจำเพื่อใช้งานในลักษณะการรับรู้ผ่านการมองเห็นแบบมิติสัมพันธ์ (visuospatial working memory) ที่จะสามารถทำใจจดจำและทำความเข้าใจกับสิ่งที่เห็น และสามารถนำข้อมูลจากการกระเด้งพื้นที่โดยสามารถวางแผนการเคลื่อนไหวให้ตรงกับเป้าหมายได้ โดยลักษณะการเคลื่อนไหวที่มีการโยนรับลูกบอลและการกระเด้งที่

ต้องการการควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนขาอย่างอิสระและรวดเร็วนั้นอาศัยทักษะด้านมิติสัมพันธ์ เพื่อให้เกิดการทำงานประสานสัมพันธ์ของสมองในการคำนวณพื้นที่และระยะเวลาการเคลื่อนไหวของมือให้ตรงเป้าหมาย เป็นการทำงานของสมองส่วน lateral zone of cerebellum ที่มีความสำคัญต่อการทำงานที่รวดเร็ว ร่วมกับการเคลื่อนไหวแบบมีเป้าหมายในการโยนและกระเด้ง ผ่านทางสมองส่วน dorsolateral prefrontal cortex ที่ส่งเสริมการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน และอาศัยกระบวนการรับรู้และความเข้าใจ ช่วยให้สามารถจดจำข้อมูลและนำมาปฏิบัติได้ และสมองส่วน dorsolateral prefrontal cortex ยังมีการเชื่อมต่อกับสมองส่วนหน้าที่มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนไหวอีกด้วย^{3,36} ดังนั้น ช่วงอายุที่มีการพัฒนาทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งานจะพบในเด็กอายุ 12-16 ปี ไปจนถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น²⁵ ซึ่งอาจทำให้การศึกษาของคณะผู้วิจัยไม่พบความสัมพันธ์ในเด็กอายุ 7-10 ปี ที่ทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความจำเพื่อใช้งานยังพัฒนาได้ไม่เต็มที่

ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแรกที่ศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะทางความคิดเชิงบริหารทั้ง 3 ด้านหลักกับทักษะทางร่างกายที่ครอบคลุมทั้งกล้ามเนื้อมัดใหญ่และกล้ามเนื้อมัดเล็ก ในเด็กไทยอายุ 7 ถึง 10 ปี ที่บ่งชี้ได้ว่าความยืดหยุ่นทางความคิดมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของร่างกายด้านการประสานสัมพันธ์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ บัณฑิตที่บวชที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ระดับกิจกรรมทางกายและระดับสติปัญญา เป็นต้น งานวิจัยครั้งต่อไปจึงควรศึกษาถึงผลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและชัดเจนมากยิ่งขึ้น งานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางคลินิกได้โดยเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและการเลี้ยงดูบุตรหลาน ด้วยการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เด็กวัยเรียนได้พัฒนาทั้งทักษะทางด้านร่างกายและสมองไปพร้อมกัน โดยเฉพาะกิจกรรมที่ให้เด็กได้พัฒนาความ

ยืดหยุ่นทางความคิดและการเคลื่อนไหวร่างกายอย่างประสานสัมพันธ์กัน ได้แก่ การใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กและการทรงตัว

สรุปผลการวิจัย

เด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาอายุระหว่าง 7-10 ปี ที่มีทักษะทางความคิดเชิงบริหารด้านความยืดหยุ่นทางความคิดที่ดีจะสามารถทำงานให้สำเร็จได้ในเวลาอันรวดเร็วและสัมพันธ์กับทักษะการเคลื่อนไหวที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งความคล่องแคล่วของทักษะการใช้มือและการทรงตัว ดังนั้น การส่งเสริมพัฒนาการที่ควบคู่กันของกระบวนการทางความคิดและการเคลื่อนไหวแบบประสานสัมพันธ์กันของร่างกายอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมศักยภาพของเด็กวัยเรียนให้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ และขอขอบคุณผู้อำนวยการ ครู ผู้ปกครองและนักเรียน โรงเรียนคลองบางน้ำจืด ตำบลบางโหลง อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าร่วมงานวิจัย และขอบคุณนักศึกษากลุ่มโครงการวิจัยปีการศึกษา 2561 และ 2562

เอกสารอ้างอิง

1. Ministry of Public Health. Study the 6th of factors effecting to child development in Thailand in 2017. Nonthaburi: Ministry of Public Health; 2017. (in Thai)
2. Tancharoenwong AS, Pakdeeronachit S, Svetthitikun Y. Screen behaviour of Thai toddlers aged 0 - 3 years in Bangkok. JCOSCI. 2018;6(2):60-9.
3. Rigoli D, Piek JP, Kane R, Oosterlaan J. An examination of the relationship between motor

coordination and executive functions in adolescents. Dev Med Child Neurol. 2012;54(11):1025-31.

4. Cameron CE, Brock LL, Murrah WM, Bell LH, Worzalla SL, Grissmer D, et al. Fine motor skills and executive function both contribute to kindergarten achievement. Child Dev. 2012;83(4):1229-44.
5. Wang YC, Wickstrom R, Yen SC, Kapellusch J, Grogan KA. Assessing manual dexterity: comparing the work ability rate of manipulation test with the minnesota manual dexterity test. J Hand Ther. 2018;31(3):339-47.
6. Sangkarit N, Tapanya W, Kumfu S, Prangkeaw P, Armat A. Correlation of segmental of trunk control and functional balance in children with inadequate trunk control. Thai J of Phys Ther. 2019;41(1):1-15.
7. Chutabhakdikul N, Thanasetkorn P, Lertawasdatrakul O, Ruksee N. Tool development and evaluation criteria for assessment of executive function in early childhood. Bangkok: Health systems research institute; 2017.
8. Anderson P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. Child Neuropsychol. 2002;8(2):71-82.
9. Mora-Gonzalez J, Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Migueles JH, Molina-Garcia P, Rodriguez-Ayllon M, et al. Physical fitness, physical activity, and the executive function in children with overweight and obesity. J Pediatr. 2019;208:50-6.

10. Best JR. Effects of physical activity on children's executive function: contributions of experimental research on aerobic exercise. *Dev Rev.* 2010;30(4):331-551.
11. Kokštein J, Musálek M, Tufano JJ. Are sex differences in fundamental motor skills uniform throughout the entire preschool period? *PLOS ONE.* 2017;12(4):e0176556.
12. Voyer D, Voyer SD, Saint-Aubin J. Sex differences in visual-spatial working memory: A meta-analysis. *Psychon Bull Rev.* 2017; 24(2):307-34.
13. Jansen P, Scheer C, Zayed K. Motor ability and working memory in Omani and German primary school-aged children. *PLOS ONE.* 2019;14(1):e0209848.
14. Fathirezaie Z, Sérgio M, Elham K, Filipe C, Ana BGS, Seyed ZS, et al. The relationship between executive functions gross motor skills in rural children aged 8-10 years. *Healthcare [Internet].* 2022; 10(4):[616 p.].
15. Henderson SE, Sugden DA, Barnett AL. Movement assessment battery for children - 2nd edition (Movement ABC-2). 2nd ed. London: The Psychological Corporation.; 2007.
16. Turner M, Ridsdale J. The digit memory test. *Dyslexia Int.* 2004.
17. Guo X, Ohsawa C, Suzuki A, Sekiyama K. Improved digit span in children after a 6-week intervention of playing a musical instrument: an exploratory randomized controlled trial. *Front Psychol.* 2018;8:2303.
18. Scarpina F, Tagini S. The stroop color and word test. *Front Psychol.* 2017;8:557.
19. Strauss GP, Allen DN, Jorgensen ML, Cramer SL. Test-retest reliability of standard and emotional stroop tasks: an investigation of color-word and picture-word versions. *Assessment.* 2005;12(3):330-7.
20. Army Individual Test Battery. Manual of directions and scoring. Washington, DC: War Department, Adjutant General's Office; 1994.
21. Reitan RM, Wolfson D. The Halstead-Reitan neuropsychological test battery: therapy and clinical interpretation. Tucson, AZ: Neuropsychological Press; 1985.
22. Wagner S, Helmreich I, Dahmen N, Lieb K, Tadic A. Reliability of three alternate forms of the trail making tests a and B. *Arch Clin Neuropsychol.* 2011;26(4):314-21.
23. Schober P, Boer C, Schwarte LA. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesth Analg.* 2018;126(5): 1763-8.
24. Best JR, Miller PH, Naglieri JA. Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learn Individ Differ.* 2011;4:327-36.
25. Huizinga M, Dolan CV, van der Molen MW. Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia.* 2006;44(11): 2017-36.
26. Sowell ER, Thompson PM, Leonard CM, Welcome SE, Kan E, Toga AW. Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children. *J Neurosci.* 2004;4(38):8223-31.

27. van der Fels IMJ, Smith J, de Bruijn AGM, Bosker RJ, Königs M, Oosterlaan J, et al. Relations between gross motor skills and executive functions, controlling for the role of information processing and lapses of attention in 8-10 year old children. *PLOS ONE*. 2019;14(10):e0224219.
28. Leisman G, Moustafa AA, Shafir T. Thinking, walking, talking: integratory motor and cognitive brain function. *Front Public Health*. 2016;4:94.
29. Diamond A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Dev*. 2000;71(1):44-56.
30. Roeberts CM, Röthlisberger M, Neuenschwander R, Cimeli P, Michel E, Jäger K. The relation between cognitive and motor performance and their relevance for children's transition to school: a latent variable approach. *Hum Mov Sci*. 2014;33:284-97.
31. Oberer N, Gashaj V, Roeberts CM. Executive functions, visual-motor coordination, physical fitness and academic achievement: longitudinal relations in typically developing children. *Hum Mov Sci*. 2018;58:69-79.
32. Maurer MN, Roeberts CM. Towards a better understanding of the association between motor skills and executive functions in 5- to 6-year-olds: the impact of motor task difficulty. *Hum Mov Sci*. 2019;66(607-620).
33. Stein M, Auerswald M, Ebersbach M. Relationships between motor and executive functions and the effect of an acute coordinative intervention on executive functions in kindergartners. *Front Psychol*. 2017;8:859.
34. Stuhr C, Hughes CML, Stöckel T. Task-specific and variability-driven activation of cognitive control processes during motor performance. *Sci Rep*. 2018;8(1):10811.
35. Ke L, Duan W, Xue Y, Wang Y. Developmental coordination disorder in chinese children is correlated with cognitive deficits. *Front Psychiatry*. 2019;10:404.
36. Rigoli D, Piek JP, Kane R, Oosterlaan J. Motor coordination, working memory, and academic achievement in a normative adolescent sample: testing a mediation model. *Arch Clin Neuropsychol*. 2012;27(7):766-80.