



วารสารการแพทย์และสาธารณสุขเขต 4

Office of Disease Prevention and Control, Region 4 Saraburi

<https://he01.tci-thaijo.org/index.php/JMPH4/index>

ผลของการออกกำลังกายแบบปฏิสัมพันธ์ต่อตัวแปรในการเดินในเด็กที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน อายุระหว่าง 10 - 12 ปี

Effects of exergaming on gait parameters in overweight and obesity children aged 10 - 12 years

สุภาพร แก้วแสนเมือง*, อัมพา พุ่มโพธิ์, พันธ์นรินทร์ สุวรรณรัตน์, วิศรุต บุตรากาศ

Supapon Kaewsanmung*, Ampha Pumpho, Phannarin Suwannarat, Vitsarut Buttakat

สำนักวิชาการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

School of Integrative Medicine, Mae Fah Luang University

*Corresponding author: supapon.kae@mfu.ac.th

Received: March 11, 2024 Revised: July 25, 2024 Accepted: August 2, 2024

บทคัดย่อ

ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในเด็กส่งผลกระทบต่อการทำงานของร่างกาย เกิดผลกระทบต่อลักษณะการเดินที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการส่งเสริมคุณภาพการเดินจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดิน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ต่อตัวแปรในการเดิน และค่าดัชนีมวลกายในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน อาสาสมัครที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน อายุระหว่าง 10 - 12 ปี จำนวน 32 คน ถูกแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ด้วยวิธีการจับคู่รายบุคคล กลุ่มทดลองได้รับการออกกำลังกายด้วย Nintendo Switch กับ Ring fit Controller (Ring-Con) เป็นเวลา 35 นาทีต่อครั้ง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลา 6 สัปดาห์ กลุ่มเปรียบเทียบทำกิจวัตรประจำวันตามปกติ อาสาสมัครทุกรายทำการทดสอบการเดิน 2 นาที ด้วยความเร็วในการเดินความเร็วปกติและความเร็วสูงสุดด้วย APDM mobility lab และบันทึกค่าตัวแปรตัวในการเดิน ใช้สถิติ Independent sample t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า ในการทดสอบด้วยการเดินความเร็วสูงสุด กลุ่มทดลองมีความถี่การก้าวเดิน ความเร็วในการเดิน ระยะเวลาการขึ้นขาเดียว ความยาวก้าว และระยะเวลาที่ขาลอยพ้นพื้นเพิ่มขึ้น รวมถึงระยะเวลาที่ขาทั้ง 2 ข้างสัมผัสพื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบ ดังนั้นการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์จึงเป็นทางเลือกที่ดีและมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพและความสามารถในการเดินในเด็กที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน

คำสำคัญ: การเดิน, เด็กน้ำหนักเกิน, เด็กอ้วน, เกมแบบปฏิสัมพันธ์, ตัวแปรในการเดิน

Abstract

Children who gain weight often experience changes in their body systems, leading to abnormal gait patterns. Therefore, intervention programs focusing on physical exercise are crucial for improving walking patterns. The purpose of this study is to investigate the effects of exergaming on gait characteristics and body mass index in overweight and obesity children. Thirty-two participants, aged 10 to 12 and classified as overweight or obese, were divided into two groups based on individual matched pairs. The experimental group participated in 35-minute sessions of Nintendo Switch with Ring fit Controller (Ring-Con) exercise games, twice a week, for a duration of six weeks. The comparison group maintained their usual daily activities. All participants underwent a two-minute walk test using the APDM mobility lab, which measured both their fastest and most comfortable gait speeds and recorded various gait characteristics. The independent sample t-test was used for statistical evaluation. The results were shown in the fastest gait speed indicated the variables for cadence, gait speed, single limb support time, stride length and swing time, walking performance was significantly higher in the experimental group ($p < 0.05$). Therefore, interactive gaming exercises represent a beneficial and effective alternative for promoting health and enhancing walking abilities in overweight and obese children.

Keywords: Walking, Overweight children, Obesity children, Exergame, Gait characteristic

บทนำ

ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในเด็กเป็นที่ตระหนักไปทั่วโลก หลังจากการแพร่ระบาดของโควิด 19 พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในประเทศที่มีรายได้สูงและปานกลางถึงต่ำ ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย เช่น ภาวะทางโภชนาการ รวมถึงพฤติกรรมการใช้ชีวิตที่ต้องแยกจากสังคม และการอยู่กับหน้าจอมากขึ้น⁽¹⁾ มีรายงานถึงนักเรียนไทย ระดับชั้นมัธยมศึกษาใช้โทรศัพท์มือถือโดยส่วนใหญ่มากกว่า 10 ชั่วโมงต่อวัน เฉลี่ย 5 - 8 ชั่วโมงต่อวัน⁽²⁾ อีกทั้งในผู้ที่อ้วนเมื่อได้รับเชื้อโรคโควิด 19 พบว่า มีอาการรุนแรงมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักในเกณฑ์ปกติ ต้องพักรักษาตัวในโรงพยาบาล รวมถึงใช้เครื่องช่วยหายใจ⁽¹⁾ ภาวะอ้วนในวัยเด็กส่งผลไปถึงภาวะอ้วนในวัยผู้ใหญ่ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยพบว่าในเด็กและวัยรุ่นที่มีภาวะอ้วน มีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวาน 1.4 เท่า โรคหอบหืด 1.7 เท่า โรคความดันโลหิตสูง 4.4 เท่า และไขมันพอกตับอีก 26.1 เท่า⁽³⁾

การเดินเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการดำรงชีวิต ต้องอาศัยการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ระบบประสาทและสมอง และระบบหัวใจและทรวงอก⁽⁴⁾ ในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักตัวเกินและอ้วน มีความเร็วในการเดิน (Gait speed) ความยาวก้าว

ระหว่างขาทั้ง 2 ข้าง (Step length) ความยาวก้าวระหว่างขาข้างเดียวกัน (Stride length) ลดลงกว่าเด็กน้ำหนักปกติ รวมถึงเวลาในการยืนขาข้างเดียวสั้น (Single-limb support time) และใช้เวลาในการยืนขา 2 ข้างนานกว่าปกติ (Double-limb support time)⁽⁵⁾ นอกจากนี้ จำนวนการก้าวเดินในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน น้อยกว่า 10,502 ต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ⁽⁶⁾ จากการศึกษาของ Pathare และคณะในปี 2012⁽⁷⁾ ได้ทำการทดสอบการเดิน 6 Minute walk test (6MWT) ในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและน้ำหนักปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างอยู่นิ่ง (Resting) และหลังการทดสอบ 6MWT พบว่าตัวแปรค่าความดันโลหิตตัวบน (Systolic blood pressure) มีค่าเพิ่มสูงขึ้น และความเข้มข้นของออกซิเจนในเลือด (Oxygen saturation (SaO₂)) ต่ำลงในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกิน ซึ่งบ่งชี้ถึงการใช้พลังงานในการเดินที่มากกว่าเด็กน้ำหนักปกติ อีกทั้งการศึกษาของ Pathan ในปี 2020⁽⁸⁾ ได้ทำการทดสอบการเดิน 2 Minute Walk Test (2MWT) พบว่าในเด็กที่มีภาวะอ้วนมีระยะทางในการเดินน้อยกว่าเด็กน้ำหนักปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 6MWT เป็นการทดสอบการเดินเป็นระยะเวลา 6 นาที ใช้งาน สะท้อนถึงสมรรถภาพของร่างกาย การทำงานของระบบหัวใจและปอด

ระบบเมตาบอลิซึม รวมถึงการใช้พลังงานของร่างกาย^(9,10) แต่ปัจจุบันนิยมใช้ 2MWT ในการทดสอบความทนทานในการเดินเนื่องจากใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า รวมถึงมีค่าความสัมพันธ์ในระดับดีเยี่ยม ($r = 0.90, p < 0.01$) กับ 6MWT⁽¹¹⁾ การใช้พลังงานในการเดินที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลต่อลักษณะการเดินที่เปลี่ยนแปลงไป ความมั่นคงของการทรงตัวและเวลาปฏิกิริยาในการตอบสนอง (Reaction time) ส่งผลต่อความเร็วในการเดิน ซึ่งในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนพบว่ามีความลดลง⁽⁵⁾ จากความแตกต่างทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) ของเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนนั้น การส่งเสริมการทำงานประสานสัมพันธ์กันของกล้ามเนื้อ การตอบสนอง (Reaction time) การใช้พลังงานของร่างกาย และความมั่นคงในการทรงตัวของร่างกายจึงมีความสำคัญ เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพการเดินให้ดีขึ้น

การออกกำลังกายในรูปแบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์หรือเรียกกันว่า Exergame เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความนิยมทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ มีการเคลื่อนไหวร่างกาย มีข้อมูลแบบป้อนกลับ (Visual feedback) เพื่อให้ผู้เล่นได้ทราบถึงตำแหน่ง ความถูกต้องและคะแนนจากการเล่นเกม Nintendo Switch กับ Ring-Con คือโปรแกรมการออกกำลังกายร่วมกับใช้แขนควบคุมอุปกรณ์วงกลมพร้อมกับติดเซ็นเซอร์ที่ต้นขาเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของขา โดย Ring-Con คืออุปกรณ์วงกลมที่มีแรงต้านในการดึงหรือบีบเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายตามกิจกรรมที่เกมกำหนดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์⁽¹²⁾ การศึกษาของ Taheri และ Irandoust ในปี 2019⁽¹³⁾ ได้ศึกษาผลของการฝึกการทรงตัวร่วมกับคอมพิวเตอร์ ในเด็กที่มีภาวะอ้วนอายุระหว่าง 6 - 11 ปี พบว่ามีปฏิกิริยาตอบกลับด้านความคิด ความจำที่ดีขึ้น (Cognitive reaction) ซึ่งอาจส่งผลต่อการทรงตัวในเชิงบวก รวมถึงการศึกษาของ Comeras-Chueca และคณะในปี 2020⁽¹⁴⁾ พบการออกกำลังกายในรูปแบบเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ช่วยเพิ่มการใช้พลังงานของร่างกายในเด็กและวัยรุ่นที่มีภาวะน้ำหนักเกินนอกจากนี้ ผลการศึกษาของ Davoodeh และคณะในปี 2020⁽¹⁵⁾ ได้ทำการศึกษาผลการออกกำลังกายด้วยเกมสแบบปฏิสัมพันธ์ผลพบว่าส่งเสริมการทรงตัวและทักษะการเคลื่อนไหวของร่างกายอีกทั้งจาก

การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่า การออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ส่งผลในเชิงบวกต่อดัชนีมวลกายและร้อยละไขมันของร่างกาย⁽¹⁶⁾ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการออกกำลังกายด้วยเกมแบบปฏิสัมพันธ์ต่อตัวแปรในการเดินยังมีจำกัด ในการส่งเสริมคุณภาพการเดินในเด็ก เพื่อเป็นการส่งเสริมการทำกิจกรรมและพัฒนาคุณภาพชีวิตในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ต่อตัวแปรในการเดิน ได้แก่ การก้าวเดิน (Cadence) ความเร็วในการเดิน (Gait speed) ระยะเวลาที่ขาทั้ง 2 ข้างสัมผัสพื้น (Double support time) ระยะเวลาการยืนขาเดียว (Single limb support time) ความยาวการก้าวเดิน (Stride length) และ ระยะเวลาที่ขาลอยพ้นพื้น (Swing time) ในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน
2. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ต่อค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ที่เปลี่ยนแปลง ในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน

วัสดุและวิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research designs) โดยใช้รูปแบบที่มีกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยประเมินผลลัพธ์ก่อน-หลังการทดลอง (Two group pretest-posttest design) ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีจับคู่รายบุคคล (Individual matched pairs) โดยมีการจับคู่เพศ อายุ และภาวะน้ำหนักเกิน หรืออ้วน เพื่อแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ อาสาสมัครมีอายุระหว่าง 10 - 12 ปี จากโรงเรียนในจังหวัดเชียงราย ที่มี BMI 85th เปอร์เซ็นไทล์ ขึ้นไป⁽¹⁷⁾ คำนวณจำนวนอาสาสมัครได้จากการศึกษาของ Dovooodeh และคณะในปี 2020⁽¹⁵⁾ ด้วยโปรแกรม G*power กำหนดค่า Power 90 เปอร์เซ็นต์ และค่า Alpha เท่ากับ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างละ 13 คน และกำหนด drop out 20 % ดังนั้นกลุ่มอาสาสมัครแต่ละกลุ่มเท่ากับ 16 คน เกณฑ์การคัดอาสาสมัครออกได้แก่ มีโรคประจำตัวทางระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคทางระบบประสาทและสมอง มีความพิการทางการ

มองเห็นและได้ยิน ใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ มีประวัติได้รับบาดเจ็บทางกระดูก แขนหรือขาหัก ภายใน 6 เดือน มีภาวะผิดปกติเข้าโค้ง (Bow-legs) หรือ เข่าชิด (Knock knees) รับประทานยาลดเกร็ง ยาแก้ปวด อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มผ่านกระบวนการให้ข้อมูล (Informed) อย่างครบถ้วน และขอคำยินยอมโดยลงลายมือชื่อ (Consented) ก่อนเข้าร่วมโครงการทุกราย การศึกษาครั้งนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง เอกสารรับรองเลขที่ EC 21159-25

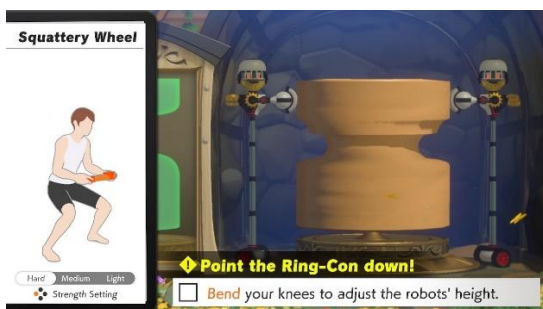
ขั้นตอนการทดลอง

1. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน เช่น เพศ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง การออกกำลังกาย โรคประจำตัว ประวัติการบาดเจ็บ แขน ขาหัก ภาวะผิดปกติของเข่าโดยการสัมภาษณ์ ฯลฯ

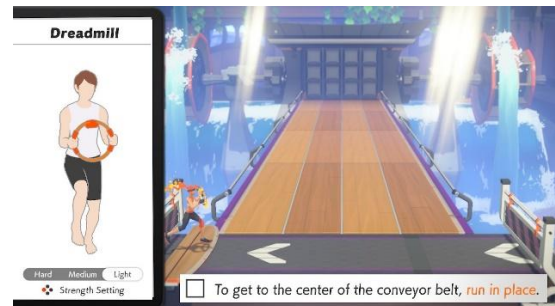
2. อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ได้รับการทดสอบการเดิน 2 นาที ด้วย APDM Mobility Lab® Opal system โดยมีความเชื่อมั่นในระดับดีถึงดีเยี่ยม (ICC 0.81 - 0.99)⁽¹⁸⁾ อาสาสมัครได้รับการติด Sensor ที่บริเวณหน้าอก เอว (L5) และหลังเท้าทั้ง 2 ข้าง เดินด้วยเท้าเปล่าบนพื้นราบเรียบ ปราศจากสิ่งกีดขวาง จำนวน 2 รอบ โดยรอบแรกเดินด้วย

ความเร็วปกติ (Comfortable gait speed) และรอบที่สองเดินด้วยความเร็วสูงสุด (Fasted gait speed) โดยไม่วิ่ง เดินวนรอบกรวยจราจร ระยะห่าง 25 เมตร จนครบ 2 นาที โดยฟังเสียงสัญญาณ เริ่มและหยุด จากโปรแกรม APDM ในเครื่องคอมพิวเตอร์ อาสาสมัครได้รับการพักเหนื่อย 2 นาที ก่อนการทดสอบในครั้งถัดไป⁽¹⁹⁾ การทดสอบหลังการวิจัยห่างจากวันเข้าร่วมงานวิจัยครั้งสุดท้าย ประมาณ 1 - 2 วัน บันทึกข้อมูลตัวแปรในการเดิน คือ Cadence, Gait speed, Double support time, Single limb support time, Stride length และ Swing time

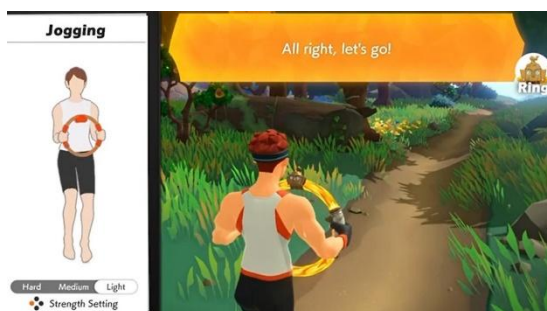
3. อาสาสมัครกลุ่มทดลองได้รับการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ด้วย Nintendo Switch ร่วมกับ Ring-Con โดยเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายให้สัมพันธ์กับคำสั่งในเกม มีขั้นตอนการออกกำลังกาย ดังนี้ 1) Warm up 5 นาที 2) ออกกำลังกาย 35 นาที และ 3) Cool down 5 นาที เกมในการออกกำลังกายคือ Squatter wheel, Dead mill, Jogging, Squat goals และ Thigh rider (รูปที่ 1 - 5) เรียงลำดับแบบสุ่ม เล่นวนซ้ำจนครบ 35 นาที เป็นเวลา 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ส่วนอาสาสมัครกลุ่มเปรียบเทียบทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ตามปกติ



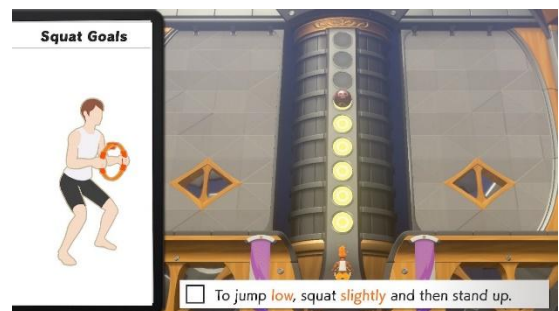
รูปที่ 1 เกม Squatter wheel



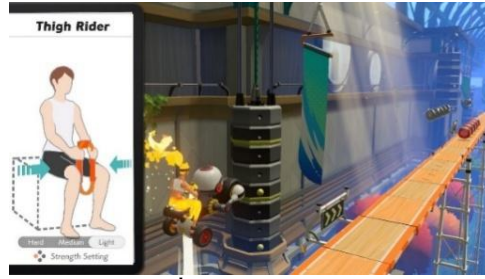
รูปที่ 2 เกม Dead mill



รูปที่ 3 เกม Jogging



รูปที่ 4 เกม Squat goals



รูปที่ 5 เกม Thigh rider

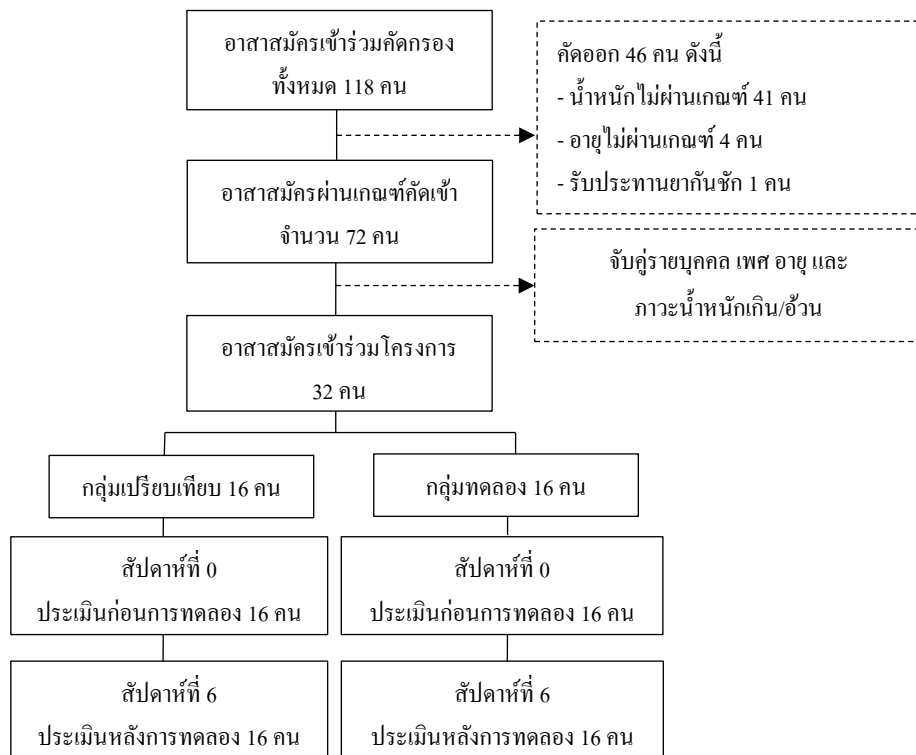
วิเคราะห์ผล

ข้อมูลลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัครวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา สำหรับตัวแปรกลุ่มนำเสนอข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยสถิติ Fisher's exact test ส่วนข้อมูลต่อเนื่องรายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ยโดยใช้สถิติ Independent sample t-test สำหรับการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยผลต่างของความยาวการก้าวเดิน ความถี่การก้าวเดิน ระยะเวลาที่ขาทั้ง 2 ข้างสัมผัสพื้น ระยะเวลาที่ขาลอยพื้นพื้น ความเร็วในการเดิน ระยะเวลาการยืนขาเดียว และค่าดัชนีมวลกายก่อน-หลังภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Pair simple t-test และวิเคราะห์เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง

ของค่าเฉลี่ยของตัวแปรในการเดินและดัชนีมวลกายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Independent sample t-test ทดสอบลักษณะการแจกแจงของตัวแปรต่อเนื่องโดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test กำหนดระดับนัยสำคัญที่ร้อยละ 5 ($p < 0.05$) วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 20

ผลการศึกษา

อาสาสมัครจำนวน 32 ราย (รูปที่ 6) ส่วนใหญ่อายุ 11 ปี และไม่ออกกำลังกาย (ตารางที่ 1) อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของอาสาสมัครได้แก่ อายุ เพศ BMI และพฤติกรรมการออกกำลังกาย ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบคล้ายคลึงกัน ($p > 0.05$)



รูปที่ 6 แผนผังจำนวนอาสาสมัคร

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร

คุณลักษณะ	กลุ่มเปรียบเทียบ (16 คน)	กลุ่มทดลอง (16 คน)	p-value
เพศ หญิง/ชาย (คน)	8/8	8/8	
อายุ (ปี) 10	6	6	
11	8	8	
12	2	2	
น้ำหนัก (กิโลกรัม) ^a	54.16 ± 9.89	54.02 ± 11.66	0.970
ส่วนสูง (เมตร) ^a	1.47 ± 0.07	1.44 ± 0.07	0.282
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร ²) ^a	25.12 ± 4.61	25.87 ± 4.88	0.657
น้ำหนักเกิน/อ้วน (คน)	5/11	5/11	
การออกกำลังกาย (คน) ^b			
ไม่ออกกำลังกาย	13	10	0.433
ออกกำลังกาย	3	6	

^a Mean±SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent sample t test, ^b จำนวนคน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Fisher's exact test

ค่าพื้นฐานตัวแปรในการเดินทั้งหมดของอาสาสมัคร ทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง พบว่า การทดสอบการเดินด้วยความเร็วปกติ ตัวแปรในการเดินไม่แตกต่างกันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ แต่การเดินด้วยความเร็วสูงสุด พบว่า ตัวแปร Cadence, Gait speed, Single limb support time, Stride length และ Swing time มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนตัวแปร Double support time มีค่าเฉลี่ยลดลงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในกลุ่มทดลอง ส่วนกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ตัวแปร Gait speed และ Single limb support time มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนตัวแปร Cadence, Stride length และ Swing time พบว่ามีค่าเฉลี่ยลดลง และ Double support time มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2)

เมื่อเปรียบเทียบตัวแปรในการเดินความเร็วสูงสุด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถในการเดินดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบ กล่าวคือ ค่าเฉลี่ย Cadence, Gait speed,

Single limb support time, Stride length และ Swing time เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ย Double support time แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนการเดินความเร็วปกติ พบว่า ค่าตัวแปรในการเดินทั้ง 6 ตัวแปรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 3)

ค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ย 26.75 ± 4.51 โดยค่าเฉลี่ยผลต่างของดัชนีมวลกายในกลุ่มทดลอง หลัง - ก่อน เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.88 (95%CI = - 0.06 - 1.83) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่กลุ่มเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายมีค่าเฉลี่ย 25.79 ± 4.36 ซึ่งค่าเฉลี่ยผลต่างของดัชนีมวลกายในกลุ่มเปรียบเทียบ หลัง - ก่อน เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.67 (95%CI = 0.13 - 1.21) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ พบว่า ค่าดัชนีมวลกายที่เปลี่ยนแปลงในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบตัวแปรในการเดินก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ตัวแปร		กลุ่มเปรียบเทียบ (16 คน)	กลุ่มทดลอง (16 คน)	<i>p-value</i> ^b
การเดินด้วยความเร็วปกติ				
Cadence (step/minute)	Baseline	118.93 ± 6.06	122.95 ± 12.72	0.262
	At 6 week	118.79 ± 7.35	120.35 ± 9.66	
	<i>p-value</i> ^a	0.926	0.166	
Gait speed (m/s)	Baseline	1.07 ± 0.13	1.09 ± 0.23	0.701
	At 6 week	1.05 ± 0.10	1.08 ± 0.18	
	<i>p-value</i> ^a	0.612	0.714	
Double support time (%GCT)	Baseline	17.65 ± 2.54	18.26 ± 3.55	0.580
	At 6 week	17.55 ± 2.24	18.62 ± 2.69	
	<i>p-value</i> ^a	0.860	0.588	
Single limb support time (%GCT)	Baseline	41.45 ± 1.48	41.22 ± 1.77	0.703
	At 6 week	41.31 ± 1.23	40.79 ± 1.41	
	<i>p-value</i> ^a	0.601	0.267	
Stride length (m)	Baseline	1.08 ± 0.10	1.06 ± 0.15	0.697
	At 6 week	1.06 ± 0.07	1.07 ± 0.11	
	<i>p-value</i> ^a	0.518	0.660	
Swing time (%GCT)	Baseline	41.04 ± 1.55	40.60 ± 2.08	0.509
	At 6 week	41.28 ± 1.38	40.62 ± 1.39	
	<i>p-value</i> ^a	0.400	0.957	
การเดินด้วยความเร็วสูงสุด				
Cadence (Step/min)	Baseline	135.39 ± 11.79	132.72 ± 7.82	0.457
	At 6 week	131.28 ± 9.18	136.56 ± 8.70	
	<i>p-value</i> ^a	0.055	0.001**	
Gait speed (m/s)	Baseline	1.41 ± 0.13	1.30 ± 0.17	0.057
	At 6 week	1.33 ± 0.14	1.40 ± 0.17	
	<i>p-value</i> ^a	0.020*	0.002*	
Double support time (%GCT)	Baseline	13.42 ± 2.07	14.94 ± 5.18	0.285
	At 6 week	14.50 ± 2.23	14.20 ± 2.38	
	<i>p-value</i> ^a	0.051	0.422	
Single limb support time (%GCT)	Baseline	43.96 ± 1.90	42.74 ± 2.14	0.098
	At 6 week	43.13 ± 1.61	43.65 ± 1.63	
	<i>p-value</i> ^a	0.048*	0.023*	
Stride length (m)	Baseline	1.25 ± 0.12	1.17 ± 0.12	0.070

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบตัวแปรในการเดินก่อนและหลังการทดลอง 6 สัปดาห์ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มเปรียบเทียบ		กลุ่มทดลอง	p-value ^b
	(16 คน)		(16 คน)	
Swing time (%GCT)	At 6 week	1.22 ± 0.10	1.23 ± 0.10	0.052
	p-value ^a	0.073	0.012*	
	Baseline	43.71 ± 1.63	42.24 ± 2.39	
	At 6 week	43.14 ± 1.57	43.34 ± 1.88	
	p-value ^a	0.080	0.012*	

^a Mean ± SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Pair sample t-test ทดสอบความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลอง,
^b Mean ± SD วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent sample t-test ทดสอบ baseline ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ
* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$ (ตัวแปรในการเดินดีขึ้น คือ ค่าเพิ่มขึ้นใน Cadence, Gait speed, Single limb support time, Stride length, Swing time และ
ค่าลดลงใน Double support time)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ย (Mean Difference) ของตัวแปรในการเดินระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

ตัวแปร	กลุ่มเปรียบเทียบ 16 คน		กลุ่มทดลอง 16 คน		
	Mean Difference	<i>t</i> -value	Mean Difference	<i>t</i> -value	<i>p</i> -value
	(95% CI)		(95% CI)		
การเดินด้วยความเร็วปกติ					
Cadence (step/minute)	- 0.13 (- 3.16 - 2.89)	- 0.10	- 2.60 (- 6.41 - 1.21)	- 1.46	0.288
Gait speed (m/s)	- 0.02 (- 0.08 - 0.05)	- 0.52	- 0.01 (- 0.09 - 0.06)	- 0.37	0.963
Double Support time (%GCT)	- 0.10 (- 1.22 - 1.03)	- 0.18	0.37 (- 1.04 - 1.77)	0.55	0.590
Single limb support time (%GCT)	- 0.14 (- 0.68 - 0.41)	- 0.53	- 0.43 (- 1.23 - 0.37)	- 1.15	0.518
Stride length (m.)	- 0.01 (- 0.06 - 0.03)	- 0.66	0.01 (- 0.04 - 0.06)	0.45	0.452
Swing time (%GCT)	0.25 (- 0.36 - 0.85)	0.87	0.02 (- 0.71 - 0.75)	0.06	0.613
การเดินด้วยความเร็วสูงสุด					
Cadence (step/minute)	- 4.11 (- 8.32 - 0.10)	- 2.08	3.84 (2.15 - 5.53)	4.84	0.001**
Gait speed (m/s)	- 0.08 (- 0.14 - (- 0.01)	-2.61	0.11 (0.05 - 0.16)	3.83	0.001**
Double Support time (%GCT)	1.07 (0.00 - 2.15)	2.12	- 0.74 (-2.64 - 1.17)	- 0.82	0.088

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลต่างค่าเฉลี่ย (Mean Difference) ของตัวแปรในการเดินระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ (ต่อ)

ตัวแปร	กลุ่มเปรียบเทียบ 16 คน	<i>t</i> -value	กลุ่มทดลอง 16 คน	<i>t</i> -value	<i>p</i> -value
	Mean Difference (95% CI)		Mean Difference (95% CI)		
Single limb support time (%GCT)	- 0.83 (- 1.65 - (- 0.01))	- 2.15	0.91 (0.14 - 1.67)	2.52	0.003*
Stride length (m)	- 0.03 (- 0.07 - 0.00)	- 1.93	0.06 (0.01 - 0.10)	2.84	0.002*
Swing time (%GCT)	- 0.58 (- 1.24 - 0.08)	- 1.88	1.10 (0.28 - 1.92)	2.86	0.002*

Mean Difference (95%CI) คือ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่าง (post-test) - (pre-test) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ Independent sample t-test

* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณภาพการเดินโดยการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรม Nintendo Switch ร่วมกับ Ring-Con ในเด็กทั้งเพศชายและเพศหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน โดยหลังทำการทดลอง 6 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการเดินด้วยความเร็วสูงสุดของกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้น การเดินด้วยความเร็วที่เพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการใช้พลังงานของร่างกายเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนเป็นกลุ่มที่มีความบกพร่องของการใช้พลังงานของร่างกาย⁽⁵⁾ จึงทำให้เห็นความแตกต่างของความสามารถอย่างชัดเจนขณะทดสอบเดินด้วยความเร็วสูงสุด ซึ่งการเดินและการวิ่งเป็นกิจกรรมที่ง่าย ช่วยลดภาวะเนื้อเยื่อไขมันในทางตรงกันข้าม ช่วยเพิ่มระดับกิจกรรมทางกาย⁽⁵⁾ การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรในการเดินบ่งชี้ถึงความสามารถในการทรงท่า การทำงานประสานสัมพันธ์ของระบบกล้ามเนื้อและสมอง และการใช้พลังงานของร่างกาย Step length และ Gait speed ที่เพิ่มขึ้นสะท้อนถึงการทรงท่าที่ดีขึ้น⁽²⁰⁾ ในทางกลับกัน Gait speed ที่ช้าลงอาจบ่งชี้ถึงการเป็นโรค⁽²¹⁾ การออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์เป็นการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายให้สัมพันธ์กับคำสั่งบนหน้าจอ ซึ่งแตกต่างจาก passive video games ที่นั่งเล่น⁽²²⁾ จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ พบว่าผลของการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ในเด็กที่มีภาวะอ้วน

ช่วยลดระยะเวลาเนือยนิ่ง (Sedentary time) ส่งเสริมกิจกรรมทางกาย เพิ่มการทำงานของหัวใจออกซิเจนในร่างกาย และเพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ⁽²²⁾ การศึกษาของมณฑลและคณะในปี 2556⁽²³⁾ พบว่าการออกกำลังกายด้วย Nintendo Wii และ Wii Balance Board เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ช่วยเพิ่มความสามารถในการทรงท่า การศึกษาของ Smits-Engelsman และคณะในปี 2017⁽²⁴⁾ ได้ทำการศึกษาการออกกำลังกายด้วย Nintendo Wii ในเด็กปกติและเด็กที่มีปัญหาด้านการเคลื่อนไหว อายุระหว่าง 6 - 10 ปี เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ ผลการศึกษาค้นพบว่าการเพิ่มความแข็งแรงของร่างกาย และ anaerobic fitness ในทั้ง 2 กลุ่ม รวมไปถึงมีการเพิ่มขึ้นของการทรงท่าในกลุ่มเด็กที่มีปัญหาด้านการเคลื่อนไหวและยังเพิ่มความคล่องตัวขณะเคลื่อนไหวในเด็กปกติ⁽²⁴⁾ อีกทั้งยังพบว่าการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสมอง เวลาปฏิริยาการตอบสนอง ส่งเสริมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ และกระตุ้นการใช้พลังงานของร่างกาย รวมถึงทำให้ผู้เล่นเกิดความสุขสนุกสนาน เพิ่มการผ่อนคลาย มีสมาธิ และอยากเข้าร่วมกิจกรรมเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีความหนักในระดับเบาถึงปานกลาง^(14,25-27) จากตารางที่ 2 ความสามารถในการเดินของกลุ่มควบคุมทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ

ค่าดัชนีมวลกายของกลุ่มเปรียบเทียบที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการศึกษาของ Wolf และคณะในปี 2023⁽²⁸⁾ พบว่า ค่าดัชนีมวลกายที่เปลี่ยนแปลงมีความสัมพันธ์กับลักษณะการเดิน และการศึกษาของ Bataweel และ Ibrahim ในปี 2020⁽²⁹⁾ พบว่าในเด็กที่มีภาวะอ้วนมีความมั่นคงในการทรงตัวลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กที่มีน้ำหนักปกติ และการลดลงของความมั่นคงในการทรงตัวส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเดิน⁽³⁰⁾ รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบพบว่าในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนมีความสัมพันธ์กับความบกพร่องของการทรงตัวและรูปแบบการเดิน⁽⁵⁾

ภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในเด็กกลายเป็นปัญหาสุขภาพที่ทั่วโลกควรตระหนัก นอกจากการควบคุมภาวะทางโภชนาการและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การส่งเสริมกิจกรรมทางกายให้เกิดการเคลื่อนไหวเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยในการจัดการควบคุมน้ำหนัก⁽¹⁶⁾ แต่ในการศึกษานี้เมื่อทำการวัดค่าดัชนีมวลกายก่อนและหลังจากเข้าร่วมการทดลองครั้งที่ 12 พบว่า ในกลุ่มทดลองค่าดัชนีมวลกายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนในกลุ่มเปรียบเทียบค่าดัชนีมวลกายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Goldfield และคณะในปี 2012⁽³¹⁾ ได้ทำการศึกษาผลของ Interactive video game ใช้เวลา 60 นาทีต่อครั้ง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ในผู้ที่มีอายุ 12 - 17 ปี พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของการรับรู้ Body image และ Aerobic fitness แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง Body composition การศึกษาของ Foley และคณะในปี 2014⁽³²⁾ ศึกษาการออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ ในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนจำนวน 322 คน ได้รายงานถึงค่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มขึ้นและร้อยละของไขมันในร่างกายลดลงของทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ถึงแม้ว่าจะแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ผลของกลุ่มทดลองก็อยู่ในระดับที่ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบ เด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนในปัจจุบันส่งผลต่อการมีน้ำหนักเกินและอ้วนเมื่อเติบโตเป็นผู้ใหญ่ ซึ่งมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ทั้งลักษณะการใช้ชีวิต

สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรมที่ปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของผู้ที่มีภาวะอ้วนอย่างรวดเร็ว⁽³³⁾ การศึกษาในอนาคตควรจำกัดพฤติกรรมการใช้ชีวิตประจำวันเพื่อควบคุมตัวแปรค่าดัชนีมวลกายของอาสาสมัคร แต่อย่างไรก็ตาม ในการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา การออกกำลังกายด้วยการเล่นเกมแบบปฏิสัมพันธ์มีแนวโน้มส่งผลในเชิงบวกต่อค่าดัชนีมวลกาย ส่วนประกอบของร่างกาย และร้อยละไขมันในร่างกาย^(16,34) ในการศึกษาที่ใช้เวลาเพียง 35 นาทีต่อครั้ง 2 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการลดน้ำหนักในเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน

การออกกำลังกายด้วยเกมแบบปฏิสัมพันธ์ช่วยเพิ่มกิจกรรมการเคลื่อนไหว ลักษณะเกมมีเป้าหมายชัดเจน ทำทาย สนุกสนาน และมีผลคะแนนไว้เปรียบเทียบเหมาะสมกับเด็ก อีกทั้งเหมาะกับเทคโนโลยีปัจจุบันในยุค digital เกมส่งเสริม balance, agility และ strengthening ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการเดินอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่าการออกกำลังกายด้วยเกมแบบปฏิสัมพันธ์ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพในการเดิน

ข้อจำกัด

เกมสามารถเล่นได้คนเดียวกับวิดีโอเกม ข้อดีคือลดการแข่งขันกับเด็กคนอื่น อาจทำให้เด็กที่มีน้ำหนักเกินหรืออ้วนเกิดความมั่นใจในการออกกำลังกายมากขึ้น แต่ข้อด้อยคือ เกม Nintendo Switch เป็นวิดีโอเกมที่มีราคาค่าใช้จ่าย อาจทำให้เข้าถึงเกมได้น้อย และเกมในโปรแกรมยังสามารถเล่นได้แบบไม่ต้องมีการเคลื่อนไหวร่างกายซึ่งหากขาดการควบคุมดูแล อาจทำให้เด็กไปสู่ภาวะเนือยนิ่งได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เหมาะกับผู้ปกครอง และครูในโรงเรียน นำไปใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นให้เด็กออกกำลังกาย โดยเฉพาะเด็กที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วนที่ไม่ชอบกิจกรรมการแข่งขันกับเด็กคนอื่น

2. เสนอแนะโรงเรียนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดหาอุปกรณ์ในการออกกำลังกายที่ทันสมัย มีสีสัน เกิดความสนุกสนาน เพื่อดึงดูดให้เด็กอยากออกกำลังกายมากขึ้น

3. ควรมีการติดตามผลในระยะยาวด้านประสิทธิภาพในการเดิน เนื่องจากการส่งเสริมการเคลื่อนไหวของร่างกายที่ง่าย และช่วยลดภาวะเนือยนิ่งได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ประจำปีงบประมาณ 2565 ขอบพระคุณอาจารย์ผู้ร่วมวิจัยในการให้คำปรึกษา ขอบพระคุณโรงเรียนบ้านนางแล โรงเรียนบ้านนางแลใน โรงเรียนบ้านสันโค้ง และโรงเรียนองค์การบริหารตำบลป่าตึง จ.เชียงราย ในการอนุญาตและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้ปกครองและนักเรียนทุกท่านที่เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Lister NB, Baur LA, Felix JF, Hill AJ, Marcus C, Reinehr T, et al. Child and adolescent obesity. *Nat Rev Dis Primers*. 2023;9(1):24. doi: 10.1038/s41572-023-00435-4.
2. Siling V, Hengudomsab P, Vatanasin D. Factors associated with digital intelligence quotient among lower secondary school students. *Journal of Medical and Public Health Region 4*. 2023;13(2):39-52.
3. Sharma V, Coleman S, Nixon J, Sharples L, Hamilton-Shield J, Rutter H, et al. A systematic review and meta-analysis estimating the population prevalence of comorbidities in children and adolescents aged 5 to 18 years. *Obes Rev* 2019;20(10):1341-9.
4. Dutton M. *Gait Training*. Dutton's Introduction to physical therapy and patient skills. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education; 2021.
5. Steinberg N, Nemet D, Pantanowitz M, Eliakim A. Gait pattern, impact to the skeleton and postural balance in overweight and obese children: A review. *Sports (Basel)* 2018;6(3):75. doi:10.3390/sports6030075.
6. Oliveira LC, Ferrari GLdM, Araújo TL, Matsudo V. Overweight, obesity, steps, and moderate to vigorous physical activity in children. *Rev Saude Publica* 2017;51(0):38. doi:10.1590/S1518-8787.2017051006771.
7. Pathare N, Haskvitz EM, Selleck M. 6-minute walk test performance in young children who are normal weight and overweight. *Cardiopulm Phys Ther J* 2012;23(4):12-8.
8. Pathan N. A study to establish the reference values for two minute walk distance in school going children. *International Journal of Academic Research and Development* 2020;5(5):55-9.
9. Udomittipong K, Thabungkan T, Nimmannit A, Tovichien P, Charoensitisup P, Mahoran K. Obesity Indices for predicting functional fitness in children and adolescents with obesity. *Front Pediatr* 2021;9:789290. doi:10.3389/fped.2021.789290.
10. Jittham W, Hirunpoom J, Nimpun D. Obesity-related factors that affect 6-minute walk test performance in Thai obese children. *J Child Obes*. 2022;7(12):124. doi: 10.36648/2572-5394.22.7.124.
11. Witherspoon JW, Vasavada R, Logaraj RH, Waite M, Collins J, Shieh C, et al. Two-minute versus 6-minute walk distances during 6-minute walk test in neuromuscular disease: Is the 2-minute walk test an effective alternative to a 6-minute walk test? *Eur J Paediatr Neurol* 2019;23(1): 165-70.
12. Wu YS, Wang WY, Chan TC, Chiu YL, Lin HC, Chang YT, et al. Effect of the Nintendo Ring Fit Adventure exergame on running completion time and psychological factors among university students engaging in distance learning during the COVID-19 pandemic: Randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*. 2022;10(1): e35040. doi: 10.2196/35040.

13. Taheri M, Irandoust K. The effect of game-based balance training on body composition and psychomotor performance of obese students. *Int J School Health*. 2019;6(2):e83341. doi:10.5812/intjsh.83341.
14. Comeran-Chueca C, Villalba-Heredia L, Pérez-Llera M, Lozano-Berges G, Marín-Puyalto J, Vicente-Rodríguez G, et al. Assessment of active video games' energy expenditure in children with overweight and obesity and differences by gender. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6714. doi: 10.3390/ijerph17186714.
15. Davoodeh S, Sheikh M, Houminiyan D, Bagherzadeh F. The effect of Wii Fit exergames on static balance and motor competence in obese and non-obese college women. *Acta Gymnica*. 2020;50(2):61-7.
16. Zeng N, Gao Z. Exergaming and obesity in youth: current perspectives. *Int J Gen Med* 2016;9:275-84.
17. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 2007;85(9):660-7.
18. Washabaugh EP, Kalyanaraman T, Adamczyk PG, Claflin ES, Krishnan C. Validity and repeatability of inertial measurement units for measuring gait parameters. *Gait Posture* 2017;55:87-93.
19. Voss S, Joyce J, Biskis A, Parulekar M, Armijo N, Zampieri C, et al. Normative database of spatiotemporal gait parameters using inertial sensors in typically developing children and young adults. *Gait Posture* 2020;80:206-13.
20. Liu W, Mei Q, Yu P, Gao Z, Hu Q, Fekete G, et al. Biomechanical characteristics of the typically developing toddler gait: A narrative review. *Children (Basel)* 2022;9(3):406. doi: 10.3390/children9030406.
21. Fukuchi CA, Fukuchi RK, Duarte M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev* 2019;8(1): 153. doi: 10.1186/s13643-019-1063-z.
22. Valeriani F, Protano C, Marotta D, Liguori G, Romano Spica V, Valerio G, et al. Exergames in Childhood Obesity Treatment: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(9):4938. doi: 10.3390/ijerph18094938. PMID: 34066369; PMCID: PMC8124431.
23. Mongkol S, Youngpaknam K, Khunsuwan B, Supinchompu P, Bunpeng S. The effect of balance training by program Wii Fit with Nintendo Wii and Wii balance board in female obese people. *J Assoc Med Sci* 2013;46(1):66-71. (in Thai)
24. Smits-Engelsman BCM, Jelsma LD, Ferguson GD. The effect of exergames on functional strength, anaerobic fitness, balance and agility in children with and without motor coordination difficulties living in low-income communities. *Hum Mov Sci* 2017;55:327-337. doi: 10.1016/j.humov.2016.07.006.
25. Mullins NM, Tessmer KA, McCarroll ML, Peppel BP. Physiological and perceptual responses to Nintendo® Wii Fit™ in young and older adults. *Int J Exerc Sci* 2012;5(1):79-92.
26. Kherdkarn P, Siripompanich V, Ajijmaporn A, Sriket N, Sriket P, Widjaja W. The acute effect of exergame on brain waves and response time in active and sedentary young adults. *J Sports Sci Technol* 2017;17(2):55-67. (in Thai)
27. Hwang J, Lee IM, Fernandez AM, Hillman CH, Lu AS. Exploring energy expenditure and body movement of exergaming in children of different weight status. *Pediatr Exerc Sci*. 2019;31(4):438-47.
28. Wolff C, Steinheimer P, Warmerdam E, Dahmen T, Slusallek P, Schlinkmann C, et al. Effects of age, body height, body weight, body mass index and handgrip strength on the trajectory of the plantar pressure stance-phase curve of the gait cycle. *Front Bioeng Biotechnol* 2023;11:1110099. doi:10.3389/fbioe.2023.1110099.

29. Bataweel EA, Ibrahim AI. Balance and musculoskeletal flexibility in children with obesity: a cross-sectional study. *Ann Saudi Med.* 2020;40(2):120-5.
30. Tracy JB, Petersen DA, Pigman J, Conner BC, Wright HG, Modlesky CM, et al. Dynamic stability during walking in children with and without cerebral palsy. *Gait Posture* 2019;72:182-7. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.06.008.
31. Goldfield GS, Adamo KB, Rutherford J, Murray M. The effects of aerobic exercise on psychosocial functioning of adolescents who are overweight or obese. *J Pediatr Psychol.* 2012;37(10):1136-47.
32. Foley L, Jiang Y, Ni Mhurchu C, Jull A, Prapavessis H, Rodgers A, et al. The effect of active video games by ethnicity, sex and fitness: subgroup analysis from a randomised controlled trial *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2014;11(1):46. doi:10.1186/1479-5868-11-46.
33. Sahoo K, Sahoo B, Choudhury AK, Sofi NY, Kumar R, Bhadoria AS. Childhood obesity: causes and consequences. *J Family Med Prim Care* 2015;4(2):187-92.
34. Kracht CL, Joseph ED, Staiano AE. Video Games, Obesity, and Children. *Curr Obes Rep.* 2020;9(1):1-14.