การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการในการใช้เครื่องมือช่วยวินิจฉัยอายุกระดูกและติดตามการเจริญเติบโตในเด็กไทย

รติกร ไชยศิวามงคล[1], นิภาพร เตวัฒนรัตน์[1], วิไลรัตน์ เถาวัลย์ดี[1], วิชุดา ไชยศิวามงคล[2], ชนกานต์ พูลผล[2], ฉัตรปรินท์ ปานสุขรดา[2], ศรัณย์ ไพศาลศรีสมสุข[3], ภาณวิชญ์ หาญพินิจศักดิ์[3], ขวัญข้าว ตั้งประเสริฐ[3], พิชญา วิรัชโชติเสถียร[2*]

รับบทความ: 4 กรกฎาคม 2568; ส่งแก้ไข: 11 พฤศจิกายน 2568; ตอบรับ: 1 ธันวาคม 2568

บทคัดย่อ

บทนำ : การประเมินอายุกระดูกมีความสำคัญต่อการวินิจฉัยและติดตามการเจริญเติบโตของเด็ก แม้ว่าวิธีกรูลิชแอนด์ไพล์ (GP) จะใช้กันแพร่หลาย แต่ก็มีข้อจำกัดด้านความแม่นยำและความแปรปรวน ในขณะที่ต่างประเทศใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประเมิน ประเทศไทยยังขาดข้อมูลด้านสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการในการนำ AI มาใช้ในบริบทนี้

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการในการใช้เครื่องมือช่วยวินิจฉัยอายุกระดูกและติดตามการเจริญเติบโต

วิธีดำเนินการวิจัย: เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ โดยการศึกษาเอกสารและสัมภาษณ์เชิงลึกในกลุ่มผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม ได้แก่ แพทย์ 6 คน (กุมารแพทย์ 3 คน, แพทย์ด้านรังสี 3 คน) และกลุ่มผู้ปกครองที่เกี่ยวข้องอีก 6 คน ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา

ผลการศึกษา : สภาพปัจจุบัน: แพทย์ผู้ให้ข้อมูลทั้งหมดใช้วิธี GP เนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว **ปัญหา:** วิธี GP มีข้อจำกัดด้านความแปรปรวนระหว่างผู้ประเมินเพราะต้องอาศัยประสบการณ์ของแพทย์ในบางช่วงอายุ ขณะที่ AI ของต่างประเทศมีค่าใช้จ่ายสูงและยังไม่แพร่หลายในไทย อีกทั้งผู้ปกครองยังขาดความรู้ในการสังเกตพัฒนาการเข้าสู่วัยรุ่นก่อนวัย ทำให้การตรวจพบความผิดปกติล่าช้า **ความต้องการ:** แพทย์เห็นความจำเป็นในการพัฒนา AI ที่เหมาะสมกับบริบทเด็กไทย เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดความแปรปรวนในการประเมิน และเสนอให้พัฒนาเป็นแอปพลิเคชันสำหรับแพทย์และผู้ปกครอง ที่สามารถประเมินอายุกระดูก คาดการณ์ความสูงสุดท้าย และติดตามการเจริญเติบโตทุติยภูมิได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้ปกครอง

สรุป : ปัจจุบันแพทย์นิยมใช้วิธี GP แต่ยังมีความซับซ้อนและความแปรปรวนสูง แนวทางที่มีศักยภาพและตอบโจทย์ความต้องการของทั้งแพทย์และผู้ปกครอง คือ การพัฒนา AI เพื่อประเมินอายุกระดูก ควบคู่กับการพัฒนาแอปพลิเคชันที่สะดวกและเหมาะสม เพื่อรองรับการติดตามการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่องในบริบทของเด็กไทย

คำสำคัญ : การประเมินอายุกระดูก การเจริญเติบโต การเจริญเติบโตทุติยภูมิ เครื่องมือช่วยวินิจฉัย

[1] คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

[2] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

[3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

[*] อีเมลผู้รับผิดชอบบทความ : pitcwi@kku.ac.th

Current status, problems, and needs assessment for diagnostic tools in bone age and growth monitoring in Thai children

Ratikorn Chaisiwamongkol[1], Nipaporn Tewattanarat[1], Wilairat Thawande[1], Wichuda Chaisiwamongkol[2], Chanakarn Poonpol[2], Chatparin Pansukrada[2], Sarun Paisarnsrisomsuk[3], Panawit Hanpinitsak[3], Kwankhao Tangprasert[3], Pitchaya Wiratchotisatian[2*]

Received: July 4,2025; Received revision: November 11, 2025; Accepted: December 1, 2025

Abstract

Background: Bone age assessment (BAA) is essential for diagnosing and monitoring growth in children. While the Greulich-Pyle (GP) method is widely used, it is limited by concerns regarding accuracy and inter-rater variability. Although other countries utilize Artificial Intelligence (AI) to enhance assessment efficiency, Thailand currently lacks data on the current status, problems, and needs for implementing AI in this context.

Objective: The study aims to investigate the current status, problems, and needs for utilizing diagnostic support tools in bone age assessment and growth monitoring.

Methods: This was a qualitative study involving document review and in-depth interviews with two user groups: 6 physicians (3 pediatricians, 3 radiologists) and 6 involved parents. Data were collected at Srinagarind Hospital, Khon Kaen University, and subsequently analyzed using content analysis.

Results: Current Status: All interviewed physicians confirmed using the GP method due to its convenience and speed. **Problems:** The GP method's reliance on physician experience in certain age ranges causes inter-rater variability. Foreign AI systems like BoneXpert are costly and not yet widespread in Thailand. Concurrently, parents lack knowledge in observing signs of early puberty, leading to delayed detection of growth abnormalities. **Needs:** Physicians perceive a need to develop AI tailored to the Thai child context to improve assessment accuracy and reduce variability. They propose this AI be integrated into a convenient application for both physicians and parents, capable of assessing bone age, predicting final height, and continuously monitoring growth and secondary sexual development, which aligns with parental needs.

Conclusion: Physicians currently favor the GP method, but its inherent complexity and high variability affect diagnostic accuracy and growth monitoring. A potential and promising approach is the development of AI for BAA, coupled with a suitable and convenient application, to continuously support growth monitoring within the context of Thai children.

Keywords: Bone age assessment, Growth, Secondary sexual development, Diagnostic support tool

[1] Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002.

[2] Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002.

[3] Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

[*] Corresponding author E-mail: pitcwi@kku.ac.th

บทนำ

การประเมินอายุกระดูก (Bone Age Assessment: BAA) เป็นวิธีสำคัญในการประเมินพัฒนาการทางกายภาพและการคาดการณ์การเจริญเติบโตของเด็ก ซึ่งช่วยวินิจฉัยความผิดปกติ[1] เช่น ภาวะการเติบโตล่าช้าหรือเร็วไม่สมวัยและใช้ประกอบการประเมินความสูงสุดท้าย BAA สามารถประเมินได้จากภาพถ่ายทางรังสี ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ อัลตราซาวนด์หรือภาพเอกซเรย์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในส่วนของกระดูกมือ ข้อมือ ข้อศอก หัวเข่า และกระดูกไหปลาร้า เป็นต้น สำหรับในการปฏิบัติทางคลินิกของเด็กแพทย์มักจะใช้วิธีการอ่านภาพถ่ายทางรังสี[1] โดยนิยมอ่านด้วยตนเอง ซึ่งมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการของกรูลิชแอนด์ไพล์ (GP: Greulich, & Pyle) และ วิธีแทนเนอร์-ไวท์เฮาส์ (TW: Tanner-Whitehouse) แต่ปัจจุบันวิธี GP เป็นที่นิยม เนื่องจากสะดวกและใช้งานรวดเร็ว ทั้งนี้ยังมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำ โดยผลการอ่านขึ้นกับประสบการณ์ของแพทย์ ทำให้เกิดความแปรปรวนระหว่างผู้ประเมิน[1,2]

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย พบว่า สัดส่วนของเด็กหญิงที่มาเข้ารับการตรวจเพื่อประเมินอาการของภาวะสาวก่อนวัยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละปี โดยจำนวนเด็กที่มาเข้ารับการปรึกษาในปี พ.ศ. 2561 เริ่มต้นที่ 48 ราย เพิ่มอย่างรวดเร็วเป็น 133 รายในปี พ.ศ. 2563 และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็น 166 รายในปี พ.ศ. 2565 ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.04) [3] สะท้อนถึงความตระหนักของกลุ่มผู้ปกครองที่มีต่อสุขภาพการเจริญเติบโตของบุตรหลาน

เทคโนโลยีทางเลือกปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) จึงได้รับการประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินอายุกระดูก เช่น HANDX[4] ใช้ AI ช่วยอ่านอายุกระดูกมือ แต่ยังต้องอาศัยการป้อนจุดบ่งชี้ด้วยมือ ส่วน BoneXpert[5] เป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ของประเทศเดนมาร์คที่ใช้ AI โดยผ่านตัวแบบที่เน้นการวิเคราะห์รูปร่างและเนื้อกระดูกขั้นสูง ทำงานอัตโนมัติ ซึ่งสามารถแปลผลได้รวดเร็ว โดยมีรายงานว่าสามารถลดเวลาและความผิดพลาดในการอ่านภาพ ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error: MAE) 4.1 เดือน อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนา AI สำหรับการประเมินอายุกระดูกเด็กไทยโดยเฉพาะมาใช้ในเวชปฏิบัติอย่างแพร่หลาย และตัวแบบ AI ที่พัฒนาจากข้อมูลประชากรในต่างประเทศอาจไม่เหมาะสมกับบริบททางกายวิภาคของเด็กไทยโดยตรง[6]

ดังนั้น การศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการด้านการวินิจฉัยอายุกระดูกและติดตามการเจริญเติบโตในเด็กไทยทั้งจากมุมมองของแพทย์และกลุ่มผู้ปกครอง จึงมีความสำคัญ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องมือทางเลือกที่ตอบโจทย์บริบทประเทศไทย และสนับสนุนการดูแลเด็กให้มีการเจริญเติบโตที่เหมาะสมและมีคุณภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการประเมินอายุกระดูกของแพทย์ด้านรังสีวิทยาและกุมารแพทย์ด้านต่อมไร้ท่อ
2. เพื่อศึกษาปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการประเมินอายุกระดูก และการติดตามการเจริญเติบโตของเด็กไทย
3. เพื่อศึกษาความต้องการของแพทย์และกลุ่มผู้ปกครอง เกี่ยวกับทางเลือกหรือเครื่องมือที่

ช่วยประเมินอายุกระดูก และติดตามการเจริญเติบโตของเด็กไทย

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่พรรณนาผลจากการศึกษาเอกสารและสัมภาษณ์ผู้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแพทย์ และกลุ่มผู้ปกครองที่มารับการปรึกษาและติดตามเรื่องปัญหาการเจริญเติบโต จากนั้นนำมาสังเคราะห์เชิงเนื้อหาร่วมกัน (Content Analysis) เพื่อสรุปประเด็นของสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการที่จะนำไปสู่การพัฒนาตัวแบบเพื่อประเมินอายุกระดูกมือของเด็ก ตามกระบวนการของปัญญาประดิษฐ์ ในการอ่านภาพถ่ายทางรังสีด้วยเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยการศึกษานี้ดำเนินการภายใต้จริยธรรมหมายเลข HE674010 วันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2567 โดยมีรายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1.1) เอกสารเกี่ยวกับวิธีการอ่านภาพถ่ายทางรังสีของกระดูกมือเด็ก ได้แก่ ตำรามาตรฐาน Greulich-Pyle (GP)[7] และTanner-Whitehouse (TW)[8-10]โดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาวิธีการอ่านและวิธีการประเมินอายุกระดูกจากภาพถ่ายทางรังสี

1.2) วรรณกรรมต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) ด้านการพัฒนาตัวแบบสำหรับประเมินหรือวินิจฉัยอายุกระดูกมือเด็ก ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาตัวแบบการประเมินอายุกระดูกมือเด็กและการสร้างแอปพลิเคชัน[17-21]

2) สำหรับเครื่องมือในการสัมภาษณ์นั้น มี 2 ชุดตามกลุ่มผู้ใช้งาน โดยชุดของแพทย์ประกอบไปด้วยข้อคำถามหลัก 3 ข้อ ส่วนชุดของผู้ปกครองประกอบด้วยคำถามหลัก 5 ข้อ ทั้ง 2 ชุดได้ผ่านการตรวจสอบเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นแพทย์ด้านรังสีและด้านต่อมไร้ท่อในเด็กรวมจำนวน 3 คน ค่า IOC ของชุดแพทย์ 0.92 ส่วนชุดผู้ปกครอง 0.94 ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์

3) สัมภาษณ์เชิงลึกในกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้อง 2 กลุ่ม แบบเผชิญหน้า ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น คนละประมาณ 20-30 นาที สัมภาษณ์โดยผู้ช่วยวิจัยและทีมวิจัยรวม 4 คน ที่ผ่านการฝึกร่วมกันมาแล้ว โดยมีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลในแต่ละประเด็นก่อนจบการสัมภาษณ์ จนกระทั่งบรรลุความอิ่มตัวของข้อมูล (data saturation) หรือเมื่อผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ก่อให้เกิดประเด็นหรือข้อมูลเชิงลึกใหม่เพิ่มเติม ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เชิงเนื้อหาใช้ระยะเวลา 2 เดือน (1 สิงหาคม ถึง 30 กันยายน พ.ศ. 2567) โดยลักษณะของผู้ให้ข้อมูลแต่ละกลุ่มมีดังนี้

3.1) กลุ่มแพทย์จำนวน 6 คน โดยต้องมีประสบการณ์ในการอ่านภาพถ่ายทางรังสีของกระดูกมือเด็กอย่างน้อย 2 ปี ได้แก่ กุมารแพทย์ด้านต่อมไร้ท่อจำนวน 1 คน กุมารแพทย์ทั่วไปจำนวน 2 คน แพทย์ด้านรังสีวินิจฉัยในเด็กจำนวน 1 คน และแพทย์ด้านรังสีวิทยาจำนวน 2 คน ทั้งนี้มีเป้าหมาย เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน และปัญหาในการวินิจฉัยอายุกระดูกมือเด็ก จากภาพถ่ายทางรังสี ได้แก่ วิธีการอ่านภาพถ่ายทางรังสีที่จะมีผลต่อการพัฒนาตัวแบบเพื่อประเมินอายุกระดูก และความต้องการของแพทย์เกี่ยวกับด้านปัญญาประดิษฐ์ และลักษณะของแอปพลิเคชันที่ต้องการ

3.2) กลุ่มผู้ปกครองที่พาเด็กมาปรึกษาและติดตามเรื่องปัญหาการเจริญเติบโตที่คลินิกต่อมไร้ท่อ ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ จำนวน 6 คน ในช่วงปี พ.ศ. 2567 หลังจากชี้แจงรายละเอียดตามที่ระบุในเอกสารจริยธรรมการวิจัยแล้ว หากไม่ประสงค์เข้าร่วมโครงการก็จะคัดออกจากการศึกษา โดยไม่กระทบต่อการรักษา โดยมีเป้าหมาย เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน และปัญหาของกลุ่มผู้ปกครองในการติดตามดูแลการเจริญเติบโตของบุตรหลาน รวมถึงความต้องการด้านเทคโนโลยีที่จะเข้ามาช่วยในการติดตามการเจริญเติบโตของบุตรหลานได้อย่างต่อเนื่อง และคัดกรองความผิดปกติของการเจริญเติบโตได้ในเบื้องต้น

4) นำข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยทำความเข้าใจกับข้อความที่เก็บรวบรวมมาได้ นำข้อความของทุกคนในแต่ละกลุ่มมาจับประเด็นที่คล้ายหรือซ้ำ ๆ กัน เพื่อนำไปกำหนดเป็นหมวดหมู่ และตีความรวมทั้งตรวจสอบความหมายร่วมกับผลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร จากนั้นสร้างเป็นข้อสรุป

ผลการศึกษา

1) ผลการศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

BAA เป็นกระบวนการทางการแพทย์ที่ช่วยในการประเมินการเจริญเติบโตทุติยภูมิของของเด็ก ช่วยวินิจฉัยความผิดปกติของการเจริญเติบโตรวมถึงโรคความผิดปกติของต่อมไร้ท่อ ใช้ติดตามผลของการบำบัดด้วยฮอร์โมน ประเมินช่วงเวลาของการเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และคาดคะเนความสูงสุดท้าย โดย BAA เป็นการเปรียบเทียบภาพรังสีของกระดูกกับพัฒนาการของกระดูกตามช่วงอายุที่ควรจะเป็นสำหรับกระดูกที่สามารถนำมาประเมินอายุกระดูกได้ ได้แก่ กระดูกมือและข้อมือ กระดูกข้อศอก กระดูกฟัน กระดูกไหปลาร้า กระดูกสะโพก และกระดูกหัวเข่า เป็นต้น ซึ่งกระดูกที่นิยมใช้ในการประเมินอายุกระดูกอย่างแพร่หลายที่สุด ได้แก่ กระดูกมือและข้อมือด้านซ้าย เนื่องจากมือซ้ายเป็นด้านที่คนส่วนใหญ่ไม่ถนัดจึงมีโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บและเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือผิดรูปของกระดูกน้อยกว่าด้านที่ถนัด และกระดูกบริเวณนี้มีการพัฒนาตามอายุที่เป็นลำดับขั้นและสามารถคาดการณ์ได้

Prokop-Piotrkowska และคณะ[2] รายงานว่า การประเมินอายุกระดูกในเวชปฏิบัติกุมารเวชศาสตร์ยังคงอาศัยภาพถ่ายรังสีมือและข้อมือร่วมกับวิธีดั้งเดิม ได้แก่ GP และ TW แม้ว่าเทคโนโลยีประมวลผลอัตโนมัติ เช่น BoneXpert จะถูกพัฒนาเป็นทางเลือกแล้ว แต่ยังมีข้อจำกัดด้านฐานข้อมูลการฝึกที่ส่วนใหญ่ได้จากประชากรเด็กยุโรปและสหรัฐอเมริกา ทำให้เกิดข้อกังวลต่อความเหมาะสมในการประเมินเด็กต่างเชื้อชาติ

1.1) วิธีกรูลิชแอนด์ไพล์ (Greulich and Pyle: GP)

จากหนังสือ "The Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist" ที่จัดทำโดย Greulich และ Pyle[7] วินิจฉัยอายุของเด็ก โดยอ้างอิงจากภาพถ่ายรังสี ที่แสดงลักษณะของกระดูกจำแนกตามเพศในแต่ละช่วงการพัฒนาการตั้งแต่เด็กทารกจนถึงอายุ 18 ปี ในเพศหญิงและอายุ 19 ปี การแปลผลจะประเมินจากศูนย์กลางของการเกิดกระดูก (Ossification Center) ขนาด รูปร่างของส่วนปลายของกระดูก (Epiphysis) และการปิดของแผ่นกระดูกอ่อน (Growth Plate) ด้วยวิธีการจับคู่ลักษณะโดยรวมระหว่างภาพถ่ายรังสีของเด็ก

กับภาพอ้างอิงจากตำราที่ใกล้เคียงกันที่สุด อายุกระดูกจะถูกกำหนดตามภาพที่เทียบได้

การประเมินอายุกระดูกด้วยวิธีนี้อาศัยการประเมินภาพรวมของภาพถ่ายทางรังสีเทียบกับภาพอ้างอิงมาตรฐาน ซึ่งในบางภาพมีความแตกต่างกันของอายุกระดูกในแต่ละส่วนของมือ และในบางช่วงของอายุกระดูกไม่มีภาพอ้างอิง ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนในการแปลผลระหว่างผู้ประเมินแต่ละคน แต่เนื่องจากวิธีการนี้ทำได้ง่ายและรวดเร็วในการแปลผล จึงได้รับความนิยมในเวชปฏิบัติ อย่างไรก็ตามภาพอ้างอิงที่ใช้ในวิธี GP นี้ พัฒนามาจากข้อมูลกระดูกของประชากรชาวอเมริกันเชื้อสายคอเคเชียนในช่วงกลางศตวรรษที่ 20 และไม่ได้มีการปรับภาพอ้างอิงให้เป็นปัจจุบัน จึงอาจมีข้อจำกัดในการแปลผล เนื่องจากในปัจจุบันประชากรมีความแตกต่างกันในเรื่องของโภชนาการ สุขภาพ และพันธุกรรม

1.2) วิธีแทนเนอร์-ไวท์เฮาส์ (Tanner and Whitehouse: TW)

TW เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ใช้ในการประเมินอายุกระดูกที่มีประวัติการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยมีจุดเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ศูนย์กลางของการเกิดกระดูก ในมือเด็กชาวอังกฤษช่วงทศวรรษ 1950 ซึ่งเป็นวิธี Tanner-Whitehouse รุ่นแรก (TW1)[8] พัฒนาขึ้นในสหราชอาณาจักรช่วงปี ค.ศ. 1950 โดยใช้การถ่ายภาพรังสีกระดูกมือของเด็กชาวอังกฤษเป็นฐานในการสร้างเกณฑ์มาตรฐาน วิธีนี้เริ่มต้นจากการประเมินกระดูกบริเวณมือและข้อมือซ้าย โดยมีการวิเคราะห์ศูนย์กลางของการเกิดกระดูกที่ละเอียดกว่าวิธี Greulich and Pyle ที่ใช้กันอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน สำหรับในรุ่นที่สอง (TW2)[9] มีการพัฒนาระบบการให้คะแนนที่ละเอียดมากขึ้น โดยประเมินกระดูกบริเวณมือจำนวน 20 ชิ้น และแบ่งการประเมินเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ (1) TW2-RUS ซึ่งประเมินกระดูก 13 ชิ้น ได้แก่ กระดูก Radius, Ulna และกระดูกมือส่วน Short bone (Metacarpals, Phalanges) และ (2) TW2-Carpal ซึ่งประเมินกระดูกข้อมือ (Carpal bones) 7 ชิ้น

การแปลผลจะให้คะแนนกระดูกแต่ละชิ้นตามระดับการพัฒนา แล้วนำคะแนนมารวมกันเพื่อหาค่าอายุกระดูกโดยรวม วิธี TW2 ถึงแม้จะใช้เวลามากกว่าวิธีอื่น แต่ก็ได้รับการยอมรับว่ามีความแม่นยำและเชื่อถือได้มากในปี ค.ศ. 2001 ได้มีการปรับปรุงครั้งล่าสุดเป็น TW3 เพื่อให้สอดคล้องกับแนวโน้มการเจริญเติบโตของกระดูกที่เร็วขึ้นในหลายประเทศ โดย TW3 มีการปรับปรุงค่าอ้างอิงใหม่โดยใช้ข้อมูลจากประชากรอเมริกันและยุโรปที่เก็บระหว่างทศวรรษ 1960 ถึง 1990 โดยการให้ความสำคัญกับคะแนนการประเมินกระดูก 13 ชิ้น (RUS) มากกว่าคะแนนประเมินกระดูกข้อมือ (Carpal) เนื่องจากพบว่า ในสถานการณ์ส่วนใหญ่ คะแนน RUS เพียงอย่างเดียวก็เพียงพอ ทำให้วิธีนี้มีความสะดวกและรวดเร็วมากขึ้นและยังคงมีความแม่นยำ การให้คะแนนกระดูกแต่ละชิ้นจะให้ตามเกณฑ์พัฒนาการของกระดูกเทียบกับภาพอ้างอิงมาตรฐานในหนังสือ “Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method)[10] โดยให้ค่าคะแนนตามลักษณะของกระดูกเป็นตัวอักษร A, B, C, D,..., I แล้วนำตัวอักษรเหล่านั้นมาเทียบเป็นค่าคะแนน โดยคะแนนรวมของเพศชายจะอยู่ระหว่าง 42-1000 คะแนน ซึ่งประเมินออกมาเป็นอายุกระดูกตั้งแต่ 2-16.5 ปี ส่วนผู้หญิงจะอยู่ระหว่าง 126-1000 คะแนน ซึ่งประเมินออกมาเป็นอายุกระดูกตั้งแต่ 2-15 ปี โดยการเทียบคะแนนประเมินเป็นอายุกระดูกจะอาศัยตาราง

ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างเพศชายและหญิง แม้ว่า TW3 เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือ มีความถูกต้องแม่นยำในการประเมินอายุกระดูก และสามารถทำซ้ำ รวมถึงมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี GP[27] และได้มีการนำไปใช้ในกลุ่มประชากรเชื้อชาติต่าง ๆ แต่การประเมินกระดูกด้วยวิธีนี้มีความซับซ้อนและใช้เวลาในการแปลผล ต้องอาศัยการฝึกฝนและความเชี่ยวชาญ[11-15]

1.3) การเรียนรู้ของเครื่องและปัญญาประดิษฐ์กับการอ่านภาพถ่ายทางรังสี

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning: DL) เป็นเทคนิคหนึ่งในกระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) ซึ่งเป็นแขนงสำคัญของปัญญาประดิษฐ์ (AI)[16] ที่ใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้จากข้อมูลจำนวนมากได้ด้วยตนเอง โดยระบบจะค้นหารูปแบบหรือเงื่อนไขที่ซับซ้อนในข้อมูล เช่น ภาพถ่าย ข้อความ เสียง หรือข้อมูลประเภทอื่น ๆ แล้วนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงลึกและสร้างแบบจำลองที่สามารถคาดคะเนผลลัพธ์ได้อย่างแม่นยำ ทั้งนี้ในปัจจุบันมีงานวิจัยหลายงาน[17-21] ที่พยายามใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพิ่มความแม่นยำ เพิ่มประสิทธิภาพ และความรวดเร็ว รวมถึงในกระบวนการอ่านภาพถ่ายทางรังสีมือของเด็ก ซึ่งอาจจะทดแทนผู้เชี่ยวชาญโดยตรงไม่ได้ แต่เป็นการเสริมสร้างให้การทำงานของแพทย์มีประสิทธิผลมากขึ้น

การประเมินอายุกระดูกด้วยปัญญาประดิษฐ์มีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง ในปี ค.ศ. 1995 Gross และคณะ[17] ได้ใช้หลักการโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อประเมินอายุกระดูก ด้วยการใช้ภาพถ่ายทางรังสีของมือและข้อมือจากผู้ป่วยเด็กที่มีสุขภาพดี ในปี ค.ศ. 2017 สมาคมรังสีวิทยาแห่งอเมริกาเหนือ (Radiological Society of North America: RSNA)[18] ได้จัดการแข่งขัน Pediatric Bone Age Machine Learning Challenge เพื่อพัฒนาตัวแบบหรืออัลกอริทึมโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (ML) เพื่อทำนายอายุกระดูกจากภาพถ่ายทางรังสีมือของเด็ก โดยใช้ค่า MAE ในหน่วยเดือนเป็นเกณฑ์การประเมิน นับว่าเป็นความร่วมมือระหว่างนักวิจัยทางปัญญาประดิษฐ์กับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ในการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางคลินิกได้จริง ต่อมาในปี ค.ศ. 2020 Cao และคณะ[19] ได้ใช้ภาพถ่ายทางรังสีกระดูกมือของเด็กจากหลากหลายเชื้อชาติ เพื่อประเมินอายุกระดูกมือ พบว่าตัวแบบที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้น มีค่า MAE 6.43 เดือน ในปี ค.ศ. 2021 Metha และคณะ[20] ได้พัฒนาโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการประเมินอายุกระดูกโดยใช้สถาปัตยกรรม Inception V3 ร่วมกับเทคนิคการถ่ายโอนการเรียนรู้ (transfer learning) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำนายอายุกระดูกจากภาพถ่ายทางรังสีมือ ตัวแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำนายอายุกระดูกได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย 5.92 เดือน และในปี ค.ศ. 2023 Maratova, K. และคณะ[21] พบว่าในการประเมินอายุกระดูก ระหว่างแบบอัตโนมัติ (BoneXpert: BX3) กับ TW3 และ GP นั้น มีค่าความคลาดเคลื่อน RMSE อยู่ที่ 0.51 และ 0.68 ปีในเด็กชาย และ 0.49 และ 0.52 ปีในเด็กหญิง ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยด้านปัญญาประดิษฐ์หลายงาน[22-24] ได้ระบุถึงความท้าทายที่สำคัญ คือ ตัวแบบการประเมินอายุกระดูกที่เรียนรู้จากภาพข้อมูลของประเทศใดประเทศหนึ่งหรือชาติพันธุ์ใดชาติพันธุ์หนึ่ง อาจไม่เหมาะสม ที่จะนำไปใช้ประเมินอายุกระดูกของเด็กในประชากรที่มีชาติพันธุ์แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ตัวอย่างเช่น ตัวแบบที่ใช้ประเมิน

ในกลุ่มประชากรจากออสเตรเลียและตะวันออกกลาง อาจให้ผลที่ไม่แม่นยำสำหรับประชากรเชื้อชาติแอฟริกันและเอเชีย ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องพิจารณาอย่างยิ่งในการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในวงกว้าง

2) ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของกลุ่มแพทย์

จากการสัมภาษณ์ทั้งแพทย์ด้านรังสีและกุมารแพทย์ต่อมไร้ท่อ รวม 6 ราย พบว่าแพทย์ทั้ง 2 กลุ่ม ต้องการนำแนวคิดของปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการพัฒนาตัวแบบเพื่อประเมินอายุกระดูกจากภาพถ่ายทางรังสี ที่มีความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้ และนำไปสู่แอปพลิเคชันที่ทันสมัย ในการนำเข้าภาพและประเมินอายุกระดูกจากภาพถ่ายทางรังสี อย่างอัตโนมัติ รวดเร็ว และสะดวกต่อการใช้งาน โดยระบบควรมีรายงานที่แพทย์สามารถเข้าถึงและใช้งานได้ง่าย แม้ไม่มีการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต สำหรับแอปพลิเคชันสำหรับบันทึกและคัดกรองปัญหาการเจริญเติบโตควรคำนึงถึงลักษณะของแอปพลิเคชันที่กลุ่มผู้ปกครองเข้าถึงได้ ได้แก่ การบันทึกข้อมูล การประเมินการเจริญเติบโตและการเจริญเติบโตทุติยภูมิใบเบื้องต้นได้ด้วยตนเอง และการแสดงกราฟการเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ตามรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของแพทย์ระหว่างแพทย์ด้านรังสีและกุมารแพทย์ด้านต่อมไร้ท่อ

สภาพปัจจุบัน	ปัญหา	ความต้องการ
เครื่องมือช่วยวินิจฉัยอายุกระดูกมือ		
แพทย์ด้านรังสี และกุมารแพทย์ด้านต่อมไร้ท่อ		
1. การประเมินต้องใช้ตำราอ้างอิงทั้งวิธี GP และ TW **2. แพทย์ทั้ง 6 ราย ใช้วิธี GP ในการประเมิน เนื่องจาก TW ต้องให้คะแนนกับกระดูกทั้ง 13 ชิ้น ค่อนข้างซับซ้อน อย่างไรก็ตาม ในบางช่วงอายุของวิธี GP จะไม่มีเกณฑ์อ้างอิง ต้องอาศัยประสบการณ์และความเชี่ยวชาญเพื่อประมาณด้วยตนเอง**	1. แพทย์ที่ไม่ได้ประเมินบ่อยอาจไม่มีตำราอยู่กับตัว ซึ่งตำราดังกล่าวเป็นตำราเฉพาะต้องค้นหาและหายาก ต้องทบทวนก่อนอ่านในบางกรณี 2. ในบางช่วงอายุของวิธี GP ไม่มีเกณฑ์อ้างอิง ทำให้เกิดความแปรปรวนระหว่างผู้ประเมิน 3. วิธี TW แม่นยำกว่า แต่การประเมินมีความซับซ้อน ใช้เวลามากจึงไม่เลือกใช้ 4. ภาพถ่ายไม่สมบูรณ์ทำให้อ่านยาก/อ่านไม่ได้	1. ต้องการ AI ช่วยประมวลผลภาพให้พร้อมใช้ และช่วยอ่านอายุกระดูกเพื่อลดความแปรปรวนระหว่างผู้ประเมิน หรือใช้ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างค่าที่แพทย์อ่านได้กับค่าที่ประเมินจาก AI ซึ่งจะสร้างความมั่นใจ ทำให้มีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น 2. ต้องการระบบหรือแอปพลิเคชันที่สามารถรายงานเปรียบเทียบระหว่างอายุกระดูกมือกับอายุจริงของเด็ก พร้อมกับแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเข้าถึงได้แม้ออฟไลน์
3. แพทย์รู้จักและเคยใช้ระบบ AI ในการอ่านภาพถ่ายทางรังสี เช่น BoneXpert	5. ระบบ AI ที่มีอยู่นั้นมีราคาค่อนข้างสูง การใช้งานจึงยังไม่แพร่หลาย และเป็นการประเมินอายุกระดูกในบริบทของเด็กต่างประเทศซึ่งอาจจะไม่เหมาะกับบริบทของเด็กไทย	

เครื่องมือช่วยติดตามการเจริญเติบโตในเด็ก		
กุมารแพทย์ด้านต่อมไร้ท่อ		
1. การตรวจติดตามและคัดกรองปัญหาการเจริญเติบโตในเด็ก แพทย์จะอาศัยการซักประวัติ ตรวจร่างกาย ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง รวมถึงสังเกตการเจริญเติบโตทุติยภูมิ (Tanner staging) ซึ่งคือการประเมินพัฒนาการของอัณฑะ องคชาติ และขนหัวหน่าวในเด็กชาย หรือหน้าอกและขนหัวหน่าวในเด็กหญิง **2. ใช้ผล BAA ประกอบการวินิจฉัยและติดตามการรักษาเด็กที่มีปัญหาการเจริญเติบโต** **3. บันทึกค่าน้ำหนัก ส่วนสูง และผล BAA อย่างต่อเนื่องบนกราฟการเจริญเติบโต (Thai Growth Chart) ซึ่งพัฒนาโดยสมาคมต่อมไร้ท่อเด็กและวัยรุ่นไทย**	1. ลืมกราฟการเจริญเติบโตมา/กราฟการเจริญเติบโตสูญหาย ทำให้ขาดความต่อเนื่องของข้อมูล เสียเวลาในการสร้างใหม่ ยากต่อการวินิจฉัยและติดตามการรักษา 2. ผู้ปกครองส่วนใหญ่ยังขาดความรู้และทักษะในการสังเกตความผิดปกติของการเจริญเติบโตในเด็กโดยเฉพาะการเจริญเติบโตทุติยภูมิ	1. ต้องการระบบหรือแอปพลิเคชันสำหรับติดตามและคัดกรองการเจริญเติบโตในเด็กที่สามารถเข้าถึงได้ทั้งแพทย์และผู้ปกครองเพื่อใช้แทนการบันทึกแบบเดิม โดยระบบหรือแอปพลิเคชันสามารถบันทึกน้ำหนัก ส่วนสูง ผล BAA และแสดงผลการบันทึกบนกราฟการเจริญเติบโต (Thai Growth Chart) ซึ่งพัฒนาโดยสมาคมต่อมไร้ท่อเด็กและวัยรุ่นไทย 2. ต้องการระบบหรือแอปพลิเคชันสามารถบันทึกข้อมูลได้อย่างต่อเนื่อง สามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลที่บันทึกก่อนหน้า 3. ต้องการระบบหรือแอปพลิเคชันที่ผู้ปกครองสามารถประเมินการเจริญเติบโตทุติยภูมิ ได้ด้วยตนเองในเบื้องต้น โดยบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตทุติยภูมิผ่านรูปภาพตาม Tanner staging 4. ในระบบหรือแอปพลิเคชันควรมีแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ที่กลุ่มผู้ปกครองสามารถเข้าถึงได้ง่าย เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการเจริญเติบโตทั้งปกติและผิดปกติ
4. ใช้ผล BAA ในการคำนวณส่วนสูงสุดท้าย (predicted adult height: PAH) โดยการเปรียบเทียบส่วนสูงปัจจุบันของเด็กกับเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต (percent of mature height) ซึ่งจะต้องเทียบกับอายุกระดูก ตามค่ามาตรฐานที่ระบุหรืออ้างอิงไว้ในตำราของ Bayley-Pinneau[25] สำหรับเกณฑ์ประเมินแบ่ง	3. การคำนวณ PAH ต้องเปิดตำราทุกครั้ง ใช้เวลามาก 4. การคำนวณ PAH ในเด็กไทยยังมีข้อจำกัด เนื่องจากค่ามาตรฐานดังกล่าวพัฒนามาจากข้อมูลเด็กในต่างประเทศ การคำนวณ PAH ในเด็กไทยจึงมักจะใช้เกณฑ์ average ซึ่งหากใช้ค่าดังกล่าวพบว่าจะเกิดความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณ 6 ซม.	5. ต้องการระบบหรือแอปพลิเคชันที่ช่วยคำนวณ PAH จากอายุกระดูกที่มีความถูกต้องและรวดเร็วในบริบทของเด็กไทย และหากทราบข้อมูลส่วนสูงของพ่อและแม่ แอปพลิเคชันควรคำนวณส่วนสูงตามกรรมพันธุ์ทั้ง mid parental height (MPH) และ target adult height (TAH) ได้ พร้อมกับระบบแจ้งเตือนหากผลการคำนวณ

ออกเป็น 3 เกณฑ์ ได้แก่ อายุกระดูกช้ากว่าเกณฑ์ (retarded) เร็วกว่าเกณฑ์ (accelerated) และเท่ากับเกณฑ์ (average)		ส่วนสูงสุดท้ายอยู่ต่ำหรือสูงกว่า TAH ของเด็ก

3) ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของกลุ่มผู้ปกครอง

จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ปกครองรวม 6 คน พบว่าผู้ปกครองต้องการระบบที่สามารถบันทึกน้ำหนัก ส่วนสูง และสร้างกราฟการเจริญเติบโตได้อย่างอัตโนมัติที่สามารถเรียกดูได้ตลอดเวลา รวมถึงต้องการให้มีระบบที่สามารถประเมินการเจริญเติบโตที่ผิดปกติได้ เพื่อได้เข้ารับการรักษาได้อย่างทันท่วงที นอกจากนี้ยังต้องการแหล่งความรู้ที่ถูกต้อง และเข้าถึงได้ง่าย รายละเอียดตาม ที่ปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สภาพปัจจุบัน ปัญหาและความต้องการของกลุ่มผู้ปกครอง

ประเด็น	สภาพปัจจุบัน	ปัญหา	ความต้องการ
1. การรับรู้และการสังเกตการเจริญเติบโตของผู้ปกครอง	ผู้ปกครองสังเกตเห็นความผิดปกติของพัฒนาการทางเพศทุติยภูมิหรือส่วนสูง เช่น เริ่มมีเต้านม ประจำเดือนเร็ว มีกลิ่นตัว หรืออารมณ์แปรปรวน จึงพาบุตรหลานมาพบแพทย์	ผู้ปกครองบางรายขาดความรู้ด้านการประเมินการเจริญเติบโต ทำให้พบความผิดปกติช้า หรือพบโดยบังเอิญในขณะรักษาโรคอื่น	ควรมีระบบหรือแอปพลิเคชันที่สามารถคัดกรองการเจริญเติบโตที่ผิดปกติได้ด้วยตนเองในเบื้องต้น ที่เข้าถึงและใช้งานง่าย พร้อมแหล่งความรู้ที่ถูกต้อง เข้าถึงได้ง่าย เพื่อช่วยให้ผู้ปกครองสังเกตความผิดปกติได้เร็ว
2. การติดตามพัฒนาการการเจริญเติบโตของเด็ก	แพทย์บันทึกข้อมูลส่วนสูง น้ำหนัก และผล BAA ในกราฟการเจริญเติบโตแบบกระดาษเพื่อติดตามการเติบโตอย่างต่อเนื่อง	เมื่อมาพบแพทย์ผู้ปกครองมักลืมนำกราฟมา/ทำกราฟสูญหาย ทำให้ข้อมูลไม่ครบ ขาดความต่อเนื่อง แพทย์ต้องสร้างกราฟใหม่และค้นประวัติเก่า ทำให้เสียเวลาและเพิ่มภาระงาน	ควรมีระบบหรือแอปพลิเคชันที่สามารถบันทึกและแสดงผลส่วนสูง น้ำหนัก ผล BAA ลงบนกราฟการเจริญเติบโตที่สามารถเข้าถึงได้ตลอดเวลา
3. การแบ่งปันข้อมูลระหว่างผู้ปกครองและแพทย์	ผู้ปกครองยินดีให้แพทย์เข้าถึงข้อมูลเพื่อการประเมินและรักษา	ด้านความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคลในการส่งต่อข้อมูลไปยังแพทย์	ควรมีระบบแชร์หรือส่งต่อข้อมูลที่ปลอดภัย เช่น ให้แพทย์สแกน QR Code จากอุปกรณ์ของผู้ปกครองโดยตรง

สรุปและอภิปรายผล

BAA มีความสำคัญในการคัดกรองเด็กที่มีปัญหาการเจริญเติบโตไม่สมวัย หรือใช้ติดตามเด็กที่มีปัญหาพัฒนาการทางเพศทุติยภูมิที่ผิดปกติ ไม่ว่าจะเป็นช้าหรือเร็วไม่สมวัย ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อเด็กทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่ง BAA สามารถประเมินได้จากภาพถ่ายทางรังสีของกระดูกมือเด็ก

เมื่อศึกษาเอกสารร่วมกับการสัมภาษณ์แพทย์และกลุ่มผู้ปกครองที่เกี่ยวข้อง ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา สรุปได้ว่าวิธีการประเมินนิยมใช้วิธี GP มากกว่า TW เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลา แต่วิธี GP มีข้อจำกัดเนื่องจากในบางช่วงอายุไม่มีเกณฑ์อ้างอิงมาตรฐาน จึงต้องใช้ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญของแพทย์ในการคาดคะเน จึงเป็นที่มาของการเกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างผู้ประเมิน ดังนั้น แพทย์จึงต้องการนำปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการอ่านภาพถ่ายทางรังสีและแสดงผลของ BAA ได้อย่างแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Prokop-Piotrkowska และคณะ[2]

ประโยชน์ของ BAA ที่กุมารแพทย์นำไปใช้ คือช่วยในการวินิจฉัยและติดตามการรักษาเด็กที่มีปัญหาการเจริญเติบโตไม่สมวัยทางคลินิก ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Cavallo F., และคณะ[1] นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ PAH ในเด็กได้ หากคำนวณด้วยมือจะมีความยุ่งยากซับซ้อน โดยแต่ละครั้งต้องเปิดตำราเพื่อเทียบเคียงกับค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานดังกล่าวพัฒนามาจากข้อมูลเด็กในต่างประเทศ การคำนวณ PAH ในเด็กไทยจึงมักจะใช้ค่าเฉลี่ย สำหรับเด็กไทยมีอายุกระดูกเร็วกว่าเกณฑ์ พบว่าค่าอ้างอิงดังกล่าวจะเกิดความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณ 6 ซม.

สำหรับในมุมมองของผู้ปกครอง พบผู้ปกครองบางรายที่ยังไม่เข้าใจและไม่ทราบว่าต้องสังเกตการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของบุตรหลานอย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Marceau, K. และคณะ[26] และพบว่ามีผู้ปกครองจำนวนไม่น้อยที่มาพบแพทย์โดยไม่นำกราฟที่บันทึกการเจริญเติบโตมาด้วย ทำให้แพทย์จะต้องใช้เวลาค่อนข้างมากในการค้นข้อมูลที่ผ่านมาและสร้างกราฟใหม่ เพื่อดูพัฒนาการในภาพรวมของการเจริญเติบโตปัจจุบันเปรียบเทียบกับข้อมูลในอดีต ดังนั้นควรมีแอปพลิเคชันที่ผู้ปกครองสามารถเข้าถึงและใช้งานง่าย เพื่อบันทึกและติดตามข้อมูลการเจริญเติบโตของบุตรหลานได้อย่างต่อเนื่อง โดยแสดงผลด้วยกราฟการเจริญเติบโตที่มีมาตรฐาน และแอปพลิเคชันควรมีเมนูที่ผู้ปกครองสามารถประเมินการเจริญเติบโตที่ผิดปกติของเด็กในเบื้องต้นที่ง่ายได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้แอปพลิเคชันควรเป็นแหล่งความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือและเข้าถึงได้ง่าย ที่ผู้ปกครองสามารถเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของเด็กทั้งกรณีที่ปกติและผิดปกติได้

ข้อเสนอแนะต่อยอดการวิจัย

1. พัฒนาและประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์สำหรับการประเมินอายุกระดูกมือ ให้มีความแม่นยำและเหมาะสมกับข้อมูลของเด็กไทย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวินิจฉัย
2. พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับแพทย์ในการอ่านและแสดงผลของ BAA รายงานผลเทียบกับอายุจริงและคำนวณ PAH เพื่อลดภาระงาน
3. พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับผู้ปกครองที่สามารถบันทึก คัดกรองความผิดปกติของการเจริญเติบโต และการเจริญเติบโตทุติย

ภูมิในเบื้องต้น สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ พร้อมทั้งมีช่องทางที่ปลอดภัยในการแบ่งปันข้อมูลกับแพทย์ เพื่อแก้ปัญหาข้อมูลขาดหาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติที่จัดสรรทุนให้กับโครงการวิจัยนี้ในการทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาที่ค้นพบอันจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศต่อไป และขอขอบคุณรังสีแพทย์ กุมารแพทย์ และผู้ปกครองหรือญาติของเด็กที่มารับการปรึกษาเรื่องปัญหาการเจริญเติบโต ณ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลและสละเวลาให้ข้อมูลแก่ทีมวิจัย และขอขอบคุณคณะกรรมการพิจารณากลั่นกรองบทความทุกท่านที่ให้คำชี้แนะที่เป็นประโยชน์ต่อการตีพิมพ์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Cavallo F, Mohn A, Chiarelli F, Giannini C. Evaluation of bone age in children: a mini-review. Front Pediatr 2021.
2. Prokop-Piotrkowska M, Marszałek-Dziuba K, Moszczynska E, Szalecki M, Jurkiewicz E. Traditional and New Methods of Bone Age Assessment-An Overview. J Clin Res Pediatr Endocrinol. 2021;13(3):251-262.
3. Yaisilp P, Numsriskulrat N, Sahakitrungruang T. Clinical and epidemiological insights into early puberty in Thai girls: a 5-year study. Ann Pediatr Endocrinol Metab. 2025;30(1):17–24.
4. Michael DJ, Nelson AC. HANDX: a model-based system for automatic segmentation of bones from digital hand radiographs. IEEE transactions on medical imaging. 1989 Mar;8(1):64-9.
5. Visiana A/S. BoneXpert User Manual, Version 3.2. Copenhagen, Denmark; 2020. (Available from https://www.visiana.com/bonexpert)
6. Thodberg HH, Neuhof J, Ranke MB, Jenni OG, Martin DD. Validation of bone age methods by their ability to predict adult height. Horm Res Paediatr. 2010;74(1):15-22.
7. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford University Press; 1959.
8. Tanner JM. Growth at Adolescence with a General Consideration on the Effects of Hereditary and Environmental Factors Upon Growth and Maturation from Birth to Maturity. Blackwell; 1966.
9. Tanner JM. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height: TW2 method. London: Academic Press; 1983. p. 50–106.
10. Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height: TW3 method. London: W.B. Saunders; 2001.
11. Buken B, Safak AA, Yazici B, Buken E, Mayda AS. Is the assessment of bone age by the Greulich-Pyle method reliable at forensic age estimation for Turkish children?

Forensic Sci Int 2007; 173:146–153.

12. Ranjitkar S, Lin NH, Macdonald R, Taylor JA, Townsend GC. Stature and skeletal maturation of two cohorts of Australian children and young adults over the past two decades. Aust Orthod J 2006; 22:47–58.
13. Soudack M, Ben-Shlush A, Jacobson J, Raviv-Zilka L, Eshed I, Hamiel O. Bone age in the 21st century: Is Greulich and Pyle's atlas accurate for Israeli children? Pediatr Radiol 2012; 42:343–348.
14. Lin NH, Ranjitkar S, Macdonald R, Hughes T, Taylor JA, Townsend GC. New growth references for assessment of stature and skeletal maturation in Australians. Aust Orthod J 2006; 22:1–10.
15. Zafar AM, Nadeem N, Husen Y, Ahmad MN. An appraisal of Greulich-Pyle atlas for skeletal age assessment in Pakistan. J Pak Med Assoc 2010; 60:552–555.
16. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A, Bengio Y. Deep learning. Cambridge: MIT press; 2016 Nov 18.
17. Gross GW, Boone JM, Bishop DM. Pediatric skeletal age: determination with neural networks. Radiology 1995;195(3):689–695.
18. Radiological Society of North America (RSNA). (2017). RSNA Pediatric Bone Age Machine Learning Challenge 2017 [Internet]. Retrieved April 10, 2025, from https://www.rsna.org/rsnai/ai-image-challenge/rsna-pediatric-bone-age-challenge-2017
19. Cao F, et al. Digital hand atlas and web-based bone age assessment: System design and implementation. Comput Med Imaging Graph 2000;24(5):297–307.
20. Mehta C, Ayeesha B, Sotakanal A, Desai SD, Ganguly AD, Shetty V. Deep learning framework for automatic bone age assessment. In: 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). 2021:3093–3096.
21. Maratova K, Zemkova D, Sedlak P, et al. A comprehensive validation study of the latest version of BoneXpert on a large cohort of Caucasian children and adolescents. Front Endocrinol (Lausanne). 2023;14: 1130580. Published 2023 Mar 24.
22. Larrazabal AJ, Nieto N, Peterson V, Milone DH, Ferrante E. Gender imbalance in medical imaging datasets produces biased classifiers for computer-aided diagnosis. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2020 Jun 9;117(23):12592-4.
23. Seyyed-Kalantari, L., Liu, G., McDermott, M., Chen, I. Y., & Ghassemi, M. (2021). CheXclusion: Fairness gaps in deep chest X-ray classifiers. In Biocomputing 2021: Proceedings of the Pacific Symposium (pp. 232–243).
24. Seyyed-Kalantari L, Zhang H, McDermott MB, Chen IY, Ghassemi M. Underdiagnosis bias of artificial intelligence algorithms applied to chest radiographs in under-served patient populations. Nature

medicine. 2021 Dec;27(12):2176-82.

25. Bayley N, Pinneau SR. Tables for predicting adult height from skeletal age: Revised for use with the Greulich-Pyle hand standards. J Pediatr. 1952;40(4):423–441.

26. Marceau K, Abar CC, Jackson KM. Parental Knowledge is a Contextual Amplifier of Associations of Pubertal Maturation and Substance Use. J Youth Adolesc. 2015;44(9):1720-1734.