บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

1 การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น (Puberal growth spurt)

การเจริญเติบโตของร่างกายมนุษย์มีความไม่สม่ำเสมอตลอดชีวิต ซึ่งอาจเนื่องจากลักษณะและแบบแผนของการเจริญเติบโต (Growth pattern) ที่แตกต่างกันมากในแต่ละบุคคล การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ Longitudinal growth เริ่มโดย Count Philbert Gueneau de Montbeillard[52] ซึ่งได้ศึกษาการเจริญเติบโตของลูกชายของเขาจากปี ค.ศ. 1759-1777 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อัตราการเจริญเติบโต (growth velocity) ของร่างกายจะเริ่มลดลงหลังจากเด็กคลอดแล้ว แต่จะมี 2 ช่วงเวลาที่มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโต ช่วงแรกคือระหว่างอายุ 6 - 8 ปี การเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโตมีไม่มากนัก หลังจากนี้อัตราการเจริญเติบโตจะค่อนข้างคงที่ จนถึงช่วงอายุ 13 - 15 ปี จะมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโตอย่างมากและรวดเร็ว (accelerated growth) ช่วงการเพิ่มอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า "Puberal or Adolescent growth spurt" ช่วงอายุที่แสดง puberal growth spurt นี้ยังใช้เป็นแนวทางการศึกษาในปัจจุบัน แต่อาจมีความแตกต่างกันในช่วงเวลาของการเริ่มต้น (onset) ความรุนแรงหรือความมากน้อยของการเจริญเติบโต (intensity) และระยะเวลาของการเจริญเติบโต (duration) ของเด็กแต่ละคน

การศึกษาค้นคว้าของ Meredith[41] Rose[47] Bambha[3] Nanda[42] Scammon[49] Hanes[32] ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันอย่างมากของการเจริญเติบโตของโครงสร้างร่างกาย (General skeletal growth) การเจริญเติบโตด้านความสูง (growth in body height) และการเจริญเติบโตของโครงสร้างใบหน้า (facial

skeletal growth) และมีการศึกษามากมายที่มุ่งศึกษาถึงการเจริญเติบโตในด้านความสูง เพื่อการอ้างอิงถึงการเจริญเติบโตของโครงสร้างร่างกายทั่วไป Björk & Helm[7] ได้กล่าวไว้ว่าการเจริญเติบโตในด้านความสูงใช้อธิบายถึงช่วงอายุที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของโครงสร้างร่างกายในช่วงวัยรุ่น (maximum puberal skeletal growth spurt) ได้สะดวกที่สุด ฉะนั้น จึงแนะนำให้วัดส่วนสูงของคนไข้ทุก ๆ ปี และควรกำหนดให้มีการวัดส่วนสูงเป็นส่วนหนึ่งของข้อกำหนดในการปฏิบัติการทางทันตกรรมจัดฟันที่ใช้ระยะเวลานาน Tanner[55] ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการวัดการเจริญเติบโตของร่างกายว่า มักนิยมอธิบายโดยเส้นกราฟ (growth curve) และผลการศึกษาก็ยืนยันว่าเส้นกราฟที่แสดงถึงการเจริญเติบโตทั่วไปของโครงสร้างร่างกาย มีลักษณะคล้ายคลึงกับเส้นกราฟซึ่งแสดงถึงการเจริญเติบโตในด้านความสูง Burstone[14] ได้ให้ข้อสรุปว่าถึงแม้กระดูกแต่ละชิ้นจะมีขบวนการการเจริญเติบโตเต็มที่ (skeletal maturation) แต่ก็ยังเป็นที่นิยมที่จะใช้ height curve เพื่อการกำหนดถึงการเจริญเติบโตทั่วไปของโครงสร้างร่างกาย

การศึกษาทั่วไปเกี่ยวกับการเจริญเติบโตในด้านความสูงของร่างกาย มักอธิบายไว้ในรูปของความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อปี (height increment per year) การเจริญเติบโตของความสูงร่างกายจะไม่สม่ำเสมอในแต่ละช่วงอายุ ในช่วงเดือนที่ 4 ของทารกในครรภ์มารดาจะมี height increment สูงที่สุด แล้วจะค่อย ๆ ลดลงจนเด็กคลอด ระยะต่อมา height increment จะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอายุประมาณ 3 ปี การเจริญเติบโตจะค่อนข้างคงที่มาตลอดจนถึงช่วง 6 - 8ปี ในหญิง หรือ 8 - 10 ในชาย height increment จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแล้วจะมาเพิ่มขึ้นอย่างมากอีกครั้งหนึ่งในช่วงอายุ 10.5 - 12 ปี ในหญิง หรือ 12.5 - 14 ปี ในชาย height increment ที่เพิ่มขึ้นมากนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึงจุดสูงสุด (Peak of

growth in body height) และหลังจากนี้อัตราการเพิ่มของการเจริญเติบโตจะลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงอายุราว 15 ปี ในหญิง และ 17 ปี ในชาย (End of growth spurt)

การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น เป็นช่วงสำคัญที่สุดของช่วงการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะความสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการให้การบำบัดรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน (advantageous period for orthodontic treatment) ฉะนั้นจึงมีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวางจนถึงปัจจุบัน ในการกำหนดช่วงอายุที่เหมาะสมของ puberal growth spurt การศึกษาในระยะแรก ๆ มุ่งศึกษาถึงอายุตามปฏิทิน (chronological age) ที่จะบอกการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นเป็นส่วนใหญ่ ปัจจัยสำคัญที่มามีอิทธิพลต่อความแตกต่างของช่วงเวลาที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นคือ เชื้อชาติ (race) และเพศ (sex) เชื่อว่าเด็กผิวขาวจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (growth spurt) เกิดก่อนเด็กผิวดำ และเด็กหญิงก็จะย่างเข้าสู่ช่วงวัยรุ่นได้เร็วกว่าเด็กชาย

Björk & Helm[7] ให้ข้อคิดเห็นว่า อายุของการเริ่มต้นช่วงวัยรุ่นจะผันแปรตามเพศ, บรรพบุรุษ, กลุ่มประชากร, สิ่งแวดล้อม และบุคคล ได้ทำการศึกษาแบบต่อเนื่องในเด็กชาว Danish ประกอบด้วยหญิง 20 คน ชาย 32 คน เพื่อกำหนดช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว พบว่า การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นจะเกิดในเด็กหญิงก่อนในเด็กชายราว 1.4 ปี กล่าวคือ จะเกิดในหญิงราวอายุ 12.6 ปี และเกิดในชายราวอายุ 14 ปี

Frisch[22] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตในด้านความสูงของร่างกายจากเด็กกลุ่มใหญ่ซึ่งประกอบด้วยหญิง 201 คน และชาย 209 คน ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 18 ปี เพื่อทำนายอัตราการเจริญเติบโตที่ช่วงเวลาของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วง

วัยรุ่นจากส่วนสูง ผลการศึกษาก็ให้การยืนยันว่าการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จะเกิดในหญิงก่อนในชาย โดยจะเกิดราวอายุ 9.6 $\pm$ 0.1 ปี ในหญิง และ 11.1 $\pm$ 0.28 ปี ในชาย

Sinclair[52] ได้ศึกษาถึงอัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูงของเด็กที่มีอายุเฉพาะในช่วงวัยรุ่นทั้งชายและหญิง ได้ยืนยันว่าการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วจะเกิดในหญิงก่อนในชาย โดยจะเกิดราวอายุ 10.5 - 11 ปี ในหญิง และ 12.5 - 13 ปี ในชาย ด้วยช่วงความผันแปร 2 - 2.5 ปี ทั้งหญิงและชาย ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าระหว่างช่วงเวลามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เด็กชายจะมีความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 20 ซ.ม. (ราว 8 นิ้ว) อัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด (peak height velocity) อยู่ที่อายุ 14 ปี ส่วนในเด็กหญิงจะมีความสูงเพิ่มขึ้นประมาณ 16 ซ.ม. (ราว 6.5 นิ้ว) อัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดอยู่ที่อายุ 12 ปี Sinclair ให้ข้อสรุปว่า เนื่องจากมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในหญิงก่อนในชาย ฉะนั้นจะพบว่าที่อายุหนึ่งเด็กหญิงจะเริ่มสูงกว่าเด็กชายในอายุเดียวกัน อายุนี้ก็คืออายุที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่มากที่สุด (Peak growth velocity) ของหญิง หลังจากนี้พอมาถึงอายุ 14 ปี ชายและหญิงจะมีความสูงพอ ๆ กัน แล้วต่อไปชายจะเริ่มสูงกว่าหญิงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ต้องเข้าใจว่าการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในแต่ละคนนั้นเกิดขึ้นที่ช่วงเวลาแตกต่างกัน ผลการค้นคว้าของ Sinclair ตรงกับผลการศึกษาของ Tanner[55] นอกจากนี้ Tanner ยังได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการเริ่มต้นของช่วงวัยรุ่นว่าสำหรับในหญิงจะมีลักษณะแรกที่บ่งบอกชัดเจนว่ากำลังมีการเจริญเติบโตมาถึงช่วงวัยรุ่น ลักษณะนั้นก็คือการเริ่มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วบริเวณหน้าอก (begining of growth of the breast)

Shuttleworth[50] กล่าวเน้นถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นของเด็กอเมริกันว่า เกิดเมื่ออายุ 13 ปี ในหญิง และ 14 ปี ในชาย

Greulich & Pyle[28] ให้ผลการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นว่าคือช่วงอายุ 10 - 12 ปี ในหญิง และ 12 - 14 ปี ในชาย

Pike[43] ได้กล่าวไว้ว่าการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น เริ่มต้นที่อายุ 11 ปี ในหญิง และ 14 ปี ในชาย

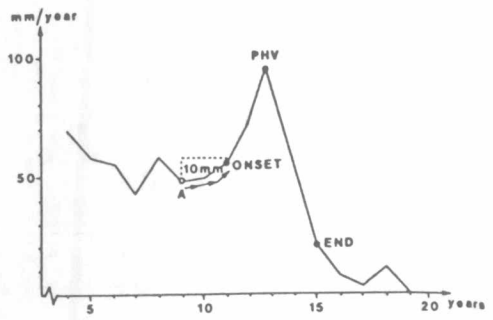
การศึกษาค้นคว้าก่อน ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น มักเน้นเฉพาะช่วงแรกเริ่มของการเข้าสู่ช่วงวัยรุ่นเป็นส่วนใหญ่ มีการกล่าวถึงช่วงอายุที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตของร่างกาย (peak growth velocity) เพียงเล็กน้อย แต่สำหรับการศึกษาค้นคว้าใหม่ ๆ มักกล่าวถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น โดยกล่าวเน้นถึงช่วงเวลาของการเริ่มต้น (Onset) ช่วงเวลาของการเพิ่มการเจริญเติบโตมากที่สุด (Peak) และช่วงเวลาของการสิ้นสุด (End) ของการเพิ่มการเจริญเติบโตช่วงวัยรุ่น ดังการศึกษาต่อไปนี้

Grave[24] ให้ข้อสรุปว่า สำหรับการเจริญเติบโตของคนพื้นเมืองแถบ Northern Territory of Australia จะมีช่วงเวลาที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตในด้านความสูง (Peak) เกิดที่อายุ 11.8 ปี ในหญิง และ 13.8 ปี ในชาย

Grave & Brown[25] ได้พยายามศึกษาถึงการกำหนด maturity indicators of skeletal ossification ที่บ่งบอกถึงช่วงเวลาของการเริ่มต้น การมีการเพิ่มมากที่สุด และการสิ้นสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นจากเด็กชาวออสเตรเลีย

Hagg & Taranger[30] ได้ทำการศึกษาใน Swedish urban children เพื่อหาความสัมพันธ์ของขั้นตอนการเกิดกระดูก (skeletal stages) ที่กำหนดขึ้นเอง กับช่วงเวลาที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น เพื่อการกำหนดตัวบ่งชี้ที่จะแสดงถึงช่วงเวลาของการเริ่มต้น การมีการเพิ่มมากที่สุด และการสิ้นสุดของการเจริญเติบโตอย่าง

รวดเร็วในช่วงวัยรุ่น เพื่อการกำหนดตัวบ่งชี้ที่จะแสดงถึงช่วงเวลาของการเริ่มต้น การมีการเพิ่มมากที่สุด และการสิ้นสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นนี้ ผลการศึกษาพบว่า อายุเฉลี่ยของการมีการเริ่มต้นคืออายุ 10 ปี ในหญิง และ 12 ปี ในชาย อายุเฉลี่ยของการมีการเพิ่มที่มากที่สุด จะเกิดขึ้นภายหลังอายุที่มีการเริ่มต้นแล้วประมาณ 2 ปี ทั้งในชายและหญิง ส่วนอายุเฉลี่ยที่มีการสิ้นสุดก็คืออายุ 15 ปี ในหญิง และ 17 ปี ในชาย สรุปได้ว่า ช่วงเวลาของการมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงก่อนวัยรุ่นคือ 4.7 และ 4.9 ปี ในหญิง และชาย ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดง Puberal growth spurt : Onset of the spurt (ONSET) คือความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อปีที่น้อยที่สุดจากช่วงปี การเพิ่มที่คงที่ของอัตราการเจริญเติบโต จนถึง PHV (peak height velocity) การกำหนด ONSET กำหนดได้ จากตำแหน่งที่มีความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อปีที่น้อยที่สุด (A) และมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเจริญเติบโตอยู่เรื่อย ๆ จนถึง PHV ลักษณะของ curve จากจุด A จะมีความเร็วของอัตราการเจริญเติบโตเป็นระยะราว 10 มม. แล้วจากนี้อัตราการเจริญเติบโตจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นอย่างมากและรวดเร็วจนถึง PHV จุดแรกที่มีความเร็วของอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ก็คือตำแหน่งของ ONSET,

Peak height velocity (PHV) คือความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อไปที่มากที่สุดในช่วง puberty, The end of the spurt (END) คือความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อไปอันแรกหลังจากมี PHV หรือมีความสูงที่เพิ่มขึ้นที่น้อยกว่า 20 มม. (From Hagg,U & Taranger,J. : Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the puberal growth spurt, Acta. Odontol. Scand. 38 : 190, 1980)

2. <u>ความเกี่ยวข้องระหว่างอายุตามปฏิทิน การเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย และการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น</u> (Chronological age, skeletal maturation and puberal growth spurt)

Marshall[40] ได้กล่าวถึงการเจริญเติบโตของร่างกายมนุษย์ว่า เป็นขบวนการที่แสดงถึงการพัฒนาการ (process of development) ของการเจริญเติบโต ซึ่งมักจะถูกกล่าวถึงในความหมายของอายุ (age) ได้ให้ข้อกำหนดว่าช่วงชีวิตของมนุษย์นั้นจะเป็นช่วงของการเจริญเติบโต (growth) เพียง 20 ปี ช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่หรือช่วงการมีวุฒิภาวะ (maturation) 30 ปี และช่วงของการเสื่อมโทรม (degeneration) อีก 20 ปี ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า "Age" เป็นเครื่องหมายอย่างหนึ่งที่แสดงถึงขบวนการต่าง ๆ ในช่วงชีวิตของมนุษย์ การศึกษาค้นคว้าทั่ว ๆ ไป จะใช้อายุตามปฏิทิน (chronological age) ในการอธิบายและประเมินผลของการเจริญเติบโต Falkner[18] และ Tanner[57] ให้การยืนยันถึงการใช้ chronological age ในการอธิบายถึงช่วงเวลาของการเจริญเติบโต แต่บางคนกลับให้ข้อคิดเห็นว่า chronological age ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญของการประเมินถึงความสามารถของการเจริญเติบโตทั้งหมด เพียงแต่มีความเกี่ยวข้องเพียงเล็กน้อยกับ maturation Greulich[27] และ Johnston[37] ได้กล่าวไว้ว่าการใช้ช่วงเวลาของ

การเจริญเติบโตของโครงสร้างร่างกาย เพื่อการอธิบายถึงการเจริญเติบโตทั่วไป เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่มี Todd's Atlas of Skeletal maturation[62] ก็เป็นที่นิยมใช้ Todd's Atlas ในการประเมินผลของ maturation ต่อมา การศึกษากลุ่มประชากรที่เป็นทารก (newborn) ของ Christie[16] และกลุ่มประชากรที่เป็นเด็กวัยรุ่น (pubescent) ของ Hewitt & Acheson[34] ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อย่างมากระหว่างอัตราการเจริญเติบโตเต็มที่ (maturation rate) กับการเจริญเติบโต Maresh[39] กล่าวว่าการประเมินหรือการวัดอายุกระดูกหรืออายุโครงสร้างร่างกาย (skeletal age) ก็คือการหาค่าจำกัดที่จะทำนายถึงการเริ่มต้นเข้าสู่ช่วงวัยรุ่น

Johnston[37] ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของ maturation กับ growth โดยใช้ additional anthropometric dimension ต่าง ๆ และคำนึงถึงความกระจ่างระหว่างการใช้อายุปฏิทินและอายุกระดูก ในเด็กช่วงวัยรุ่น ผลการศึกษาพอจะสรุปได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยของ dimension ต่าง ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการใช้อายุปฏิทินและอายุกระดูกเฉพาะในหญิง ช่วงอายุ 12 - 13 ปี และในชายช่วงอายุ 11 - 13 ปี เท่านั้น และเป็นความแตกต่างที่น้อยกว่าร้อยละ 50

2. อัตราความแตกต่างระหว่าง chronological age และ skeletal age มากขึ้น ค่าตัวกลางก็จะยิ่งต่างกันมากขึ้น และเมื่อใช้ F-test หาค่าตัวกลางเฉลี่ย โดยจัดกลุ่มตามอายุและเพศ ก็พบว่าการใช้อายุกระดูกจะมีคุณค่ามากกว่าการใช้อายุปฏิทินอย่างเห็นได้ชัด

3. ช่วงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีความสัมพันธ์กับอายุกระดูก มากกว่าอายุปฏิทิน โดยเฉพาะจะมีความสัมพันธ์มากขึ้นในเด็กชาย

Grave & Brown[26] กล่าวว่า การพัฒนาการของการเจริญเติบโตในเด็กพิจารณาได้จากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างที่กำลังมีการเจริญเติบโตของร่างกาย เช่น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด การเปลี่ยนแปลงของร่างกายเข้าสู่ช่วงวัยรุ่น (puberal change) หรือการเจริญเติบโตของโครงสร้างร่างกาย (stages of skeletal ossification) เป็นต้น ฉะนั้นตัวบ่งชี้ที่ใช้กำหนดอายุของการพัฒนาการการเจริญเติบโต (developmental age) จึงมีคุณค่ามากกว่าอายุปฏิทิน

Hunter[36] ได้ให้ข้อคิดเห็นว่าอายุกระดูกเป็นตัวบ่งชี้ตัวหนึ่งที่ใช้กำหนดช่วงอายุของการพัฒนาการ (developmental age) ในระหว่างที่มี skeletal growth จะมีการเปลี่ยนแปลงที่เป็นระบบของการเข้าสู่ช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่เกิดขึ้นด้วย ถ้าการเจริญเติบโตเกิดเร็ว ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (period of growth) จะสั้น แต่ถ้าการเจริญเติบโตช้า ๆ ช่วงเวลาของการเจริญเติบโตก็จะยาวนานขึ้น ฉะนั้น

จึงเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย นอกจากนั้นผลการศึกษายังได้แสดงให้เห็นว่าในระหว่างมีการเจริญเติบโตถึงการเริ่มต้นของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น จะพบว่า skeletal age range ในชาย จะเป็นครึ่งหนึ่งของ chronological age range แต่ในหญิงกลับมีความแตกต่างของ skeletal age กับ chronological age น้อยมาก

Siegel[51] ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้อายุกระดูกในการประเมินถึงผลของการเจริญเติบโตในช่วงวัยรุ่น พบว่า ช่วงการเจริญเติบโตของเด็กวัยรุ่นคือ ช่วงอายุ 10 - 16 ปี ในหญิง และอายุ 12 - 17 ปี ในชาย จะมีความผันแปรน้อยกว่าการใช้อายุปฏิทิน นอกจากนั้นพบว่า ถ้าใช้ Sign test จะได้ค่าความแตกต่างน้อยกว่า .05 และ .001 ในหญิง และชาย ตามลำดับ

Bayley[5] ได้ทำการศึกษาถึงข้อแตกต่างของการใช้อายุปฏิทิน และอายุกระดูก ในการพิจารณาถึงผลการเจริญเติบโต (growth in absolute size) โดยวิธีการเปรียบเทียบ centhropometric dimension กับ developmental change ของเด็กที่มีอายุอยู่ในช่วงวัยรุ่น ผลการศึกษาที่พบพอจะสรุปได้ดังนี้

1. skeletal age เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับการอธิบายถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ทางกายภาพ

2. มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างขบวนการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย และการเจริญเติบโตของร่างกาย ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของเด็กที่ศึกษาออกเป็น 3 ประเภท คือ early-, average- หรือ late-maturing group

3. ในกลุ่มเด็กหญิง พบว่า ในช่วงอายุ 13 ปี เด็กส่วนใหญ่จะเป็นประเภท early-maturing girls แต่หลังจากอายุ 13 ปี ไปแล้ว กลับจะมีกลุ่ม late-maturing girls มากกว่า

4. ในกลุ่มเด็กชาย พบว่า ส่วนใหญ่จะเป็นประเภท early-maturing boys ในทุกอายุ แต่ในช่วงระหว่างอายุ 11 - 16 ปี อาจมีกลุ่ม late-maturing boys ปะปนอยู่บ้างเล็กน้อย

5. อายุกระดูก จะเท่ากับอายุปฏิทิน ในหญิงที่อายุ 16.25 ปี ในเด็กชายจะมีการเจริญเติบโตเต็มที่ช้ากว่าในเด็กหญิงราว 2 ปี แต่จะมีอายุกระดูกเท่ากับอายุปฏิทินที่อายุ 17.25 ปี

Burstone[14] เสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการพิจารณาถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกายว่าจำเป็นจะต้องแยกพิจารณาถึงระดับการเจริญเติบโตเต็มที่ (maturation level) และอัตราการเจริญเติบโตเต็มที่ (maturation rate) ประกอบ

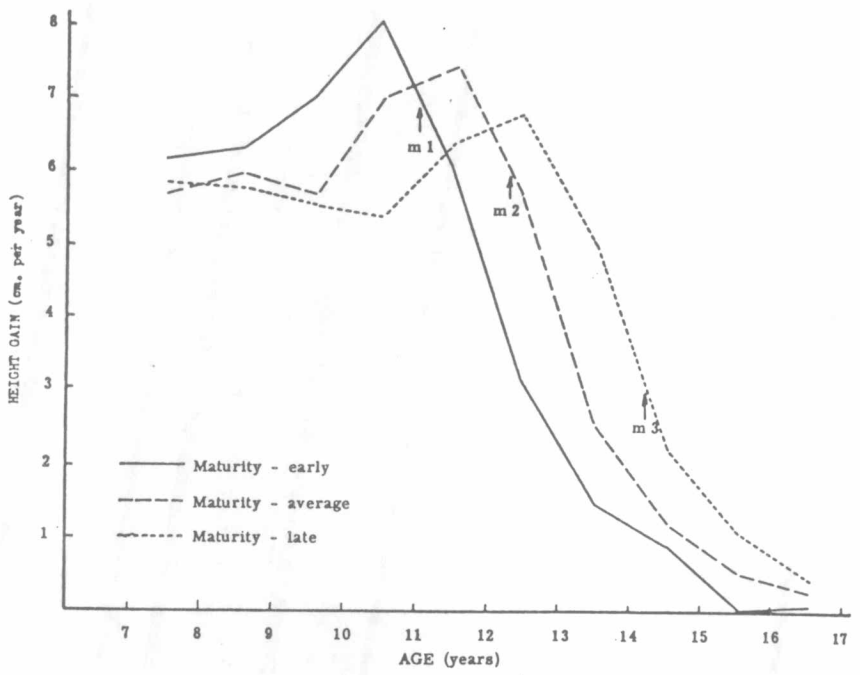
กัน สำหรับระดับของการเจริญเติบโตเต็มที่พิจารณาได้จากเส้นกราฟระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของร่างกายกับช่วงอายุตามปฏิทิน สำหรับอัตราการเจริญเติบโตเต็มที่มีความผันแปรตามช่วงอายุตามปฏิทินมาก ให้ข้อสรุปว่าอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตในด้านความสูงของหญิงเกิดที่อายุ 11.5 ปี (range 9.5 - 14.5 ปี) และ ของชายเกิดที่อายุ 14 ปี (range 10.5 - 16 ปี) ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้มี range กว้างมาก จึงสามารถให้ข้อสรุปได้ว่า อายุปฏิทินไม่ได้เป็นแนวทางที่ดีของการประเมินถึงอัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง แต่แนวทางที่เป็นไปได้ที่จะนำมาประเมินระดับของการเจริญเติบโตเต็มที่และอัตราการเจริญเติบโตเต็มที่ ได้แก่ อายุกระดูก (skeletal age) อายุฟัน (dental age) เพศ (sex) การพัฒนาการทางเพศ (sexual development) ขนาดและรูปร่างของร่างกาย (body type) และผลที่เกี่ยวข้องทางกรรมพันธุ์ (genetic factor) ในกลุ่มตัวกำหนดเหล่านี้ เพศและการพัฒนาการทางเพศเป็นตัวกำหนดของการเจริญเติบโตเต็มที่ที่ค่อนข้างดี ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะระบบสืบพันธุ์ และคุณลักษณะทางเพศที่แสดงให้เห็นได้ (secondary sex characteristic) เป็นแนวทางของการบอกถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของโครงสร้างร่างกาย โดยเฉพาะการมีประจำเดือนครั้งแรก (menarche) ในหญิง แต่สำหรับอายุกระดูกถือว่าเป็นตัวกำหนดที่มีประโยชน์และเที่ยงตรงที่สุดในการประเมินถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย และอายุกระดูกก็ประเมินได้จาก hand-wrist radiograph

3. <u>การเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกเป็นแนวทางหนึ่งที่บ่งบอกถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น</u> (Menarche as an indicator of the puberal growth spurt)

การเจริญเติบโตของร่างกายในช่วงการเริ่มต้นของวัยรุ่นมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากมาย ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ก็คือ การเปลี่ยนแปลงของระดับ

ฮอร์โมนในร่างกาย ทำให้มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของความสูง การเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็วของกระดูกใบหน้า (โดยเฉพาะกระดูก mandible) การพัฒนาการอย่างรวดเร็วของอวัยวะระบบสืบพันธุ์ (reproductive organs) และการเริ่มต้นของคุณลักษณะทางเพศที่แสดงให้เห็นได้ เป็นต้น

Burstone[14] กล่าวว่า การพัฒนาการของอวัยวะระบบสืบพันธุ์ (reproductive organs) และการเริ่มต้นของคุณลักษณะทางเพศที่แสดงให้เห็นได้ เช่น การเริ่มมีเสียงแตกห้าว (voice change) และการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก (menarche) เป็นแนวทางที่แสดงถึง skeletal growth spurtได้ อย่างไรก็ตาม มักพบว่า การเริ่มต้นของคุณลักษณะทางเพศที่แสดงให้เห็นได้ เป็นช่วงเวลาที่ผ่านช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (Peak growth velocity) มาแล้วเป็นส่วนใหญ่ ประเด็นสำคัญอย่างหนึ่งคือ อายุที่เริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก (age at menarche) จะเป็นแนวทางที่ดีของการแสดงถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของโครงสร้างร่างกายในหญิง โดยมีความเชื่อว่าการมีประจำเดือนครั้งแรกจะเกิดภายหลังช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด



รูปที่ 2 แสดงแบบแผนของความสูง (height pattern) ของหญิง กลุ่ม early, average และ late maturer โดยเปรียบเทียบระหว่างอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดกับอายุที่มีประจำเดือนครั้งแรก (age at menarche) จะพบว่า กลุ่ม early maturer จะมี menarche ก่อนอีก 2 กลุ่ม Menarche ของกลุ่ม early maturer จะเกิดที่อายุใกล้เคียงอายุที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดมากกว่าอีก 2 กลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในกลุ่ม early maturer นั้น เมื่อเริ่มมี menarche แล้ว อัตราการเจริญเติบโตจะเริ่มลดลง หรือมีความหมายว่า เมื่อเลยอายุที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดแล้ว กลุ่ม early maturer จะมีการเจริญเติบโตหลัง menarche ได้มากกว่ากลุ่ม late maturer (From Burstone, J. : Process of maturation and growth prediction, Am. J. Orthod. 49 (12) : 916, 1963)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

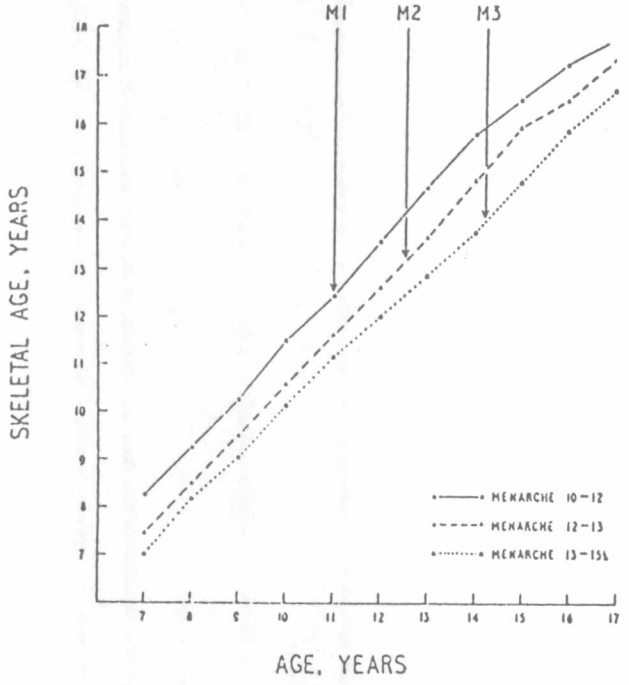
Björk & Helm ให้ข้อสรุปว่าอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงของหญิงมีความสัมพันธ์อย่างมากกับ age at menarche และการเริ่มต้นการเกิดเป็นกระดูกของแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ (onset of ossification of adductor sesamoid) กล่าวคือ Menarche เกิดช่วง 17 $\pm$ 2.5 เดือน หลังจากมีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงแล้ว แต่ในบางครั้ง menarche ก็อาจเกิดภายในปีเดียวกันกับอายุที่มีอัตราสูงสุดของอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว สำหรับการเริ่มต้นของการเกิดของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ (onset of ossification of adductor sesamoid) จะเกิดก่อนการมีประจำเดือนครั้งแรก (menarche) ราว 2 - 3 ค่าเฉลี่ยของอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก (age at menarche) ในหญิงชาวเดนมาร์ค คือ 13 ปี 11 เดือน ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้ใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Bojlen, Rasch และ Bentzon[11] ที่สรุปว่าอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกของเด็กหญิงใน Copenhagen คือ 13 ปี 9 เดือน

Frisancho, Garn and Rohmann[21] ให้ข้อสรุปเช่นเดียวกับ Björk & Helm แต่ค่าเฉลี่ยที่ได้คือการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ จะเกิดก่อนการมีประจำเดือนครั้งแรก ราว 22 เดือน

Dermaut[19] กล่าวว่า ภายหลังการเกิดอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเพียงเล็กน้อย ก็จะเป็นการเริ่มต้นของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก แต่ Deming's กลับกล่าวว่าการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกเกิดหลัง อัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างเร็วเป็นเวลาหลาย ๆ เดือน โดยไม่มีข้อยกเว้นใด ๆ ทั้งสิ้น ต่อมา Boas[9] ได้ให้การสนับสนุนข้อสรุปของ Deming's

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Tanner[55] ให้การยืนยันว่า สัญญลักษณ์แรกของการเริ่มช่วงวัยรุ่น (first sign of puberty) ในหญิง คือการเริ่มต้นมีการเจริญเติบโตบริเวณหน้าอก (beginning of growth of the breast) และ การเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก จะเกิดภายหลังมีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงแล้วค่าเฉลี่ยของอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกใน Great Britain มีช่วงอายุตามปฏิทินอยู่ในช่วง 10 - 16 ปี (ราวอายุ 13.1 ปี) และมีช่วงอายุกระดูกอยู่ในช่วง 12 - 14 ปี (ราวอายุ 13 ปี) เด็กที่มีอายุกระดูกมากกว่าปกติ (advanced skeletal age) มักจะเป็นกลุ่ม early maturer ในทางกลับกัน เด็กที่มีอายุกระดูกน้อยกว่าปกติ (retarded skeletal age) ก็จะเป็น late maturer



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย และอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก พิจารณาจากอายุการพัฒนาการของกระดูกโครงสร้างร่างกาย (skeletal development ages)ตาม Todd Standards แล้ว สามารถแบ่งกลุ่มเด็กหญิงออกเป็น 3 กลุ่ม คือ early-, average-, และ late-menarche groups จากอายุ 7 ปี จนถึงอายุการเจริญเติบโตเต็มที่ M_1, M_2, M_3 คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่เป็น เวลาของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกของเด็กแต่ละกลุ่ม เด็กกลุ่ม early-, average- และ late-menarche groups มีช่วงอายุของการเริ่มมีประจำเดือนทั้งหมดที่อายุ 10 - 12 ปี, 12 - 13 ปี และ 13 - 15.5 ปี ตามลำดับ

(From Tanner, J.M. : Growth at Adolescence, Blackwell Sci. Publ. : Oxford)

I16026388

การศึกษา Hagg & Taranger[30] ในการนำอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกมาเป็นตัวบ่งชี้ของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น ให้ข้อคิดเห็นว่า บางครั้งแทนที่จะดำเนินการตรวจร่างกายคนไข้อย่างละเอียดถี่ถ้วนเพื่อการกำหนดการพัฒนาการของร่างกายในช่วงวัยรุ่นของคนไข้หญิงที่ต้องการจะจัดฟัน การพิจารณาแต่เฉพาะอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกก็น่าจะเป็นแนวทางที่ดีทางหนึ่ง ได้ทำการศึกษาในเด็กชาวสวีเดน จำนวน 212 คน ซึ่งประกอบด้วย หญิง 90 คน ชาย 122 คน ได้ข้อมูลของการศึกษาระยะยาว ตั้งแต่เกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ (ราวอายุ 18 ปี) และที่อายุ 20 - 22 ปี ด้วย ในหญิงจะเพิ่มการพิจารณาถึงการเริ่มมีประจำเดือน (menstrual bleeding) ทุก ๆ 3 เดือน ตั้งแต่เมื่ออายุครบ 10 ปี เป็นต้นมา สำหรับความสูงพิจารณาตามเทคนิคของ Tanner[55] แต่อายุเฉลี่ยของ menarche คำนวณโดย Probit analysis[22,54,59] ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงช่วงอายุของการเริ่มต้น (ONSET) การมีอัตราสูงสุด (PHV) และการสิ้นสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (END)[31] ดังนี้

Puberal Spurt	Sex	Mean	S.D.	Range
ONSET	G	10.04	1.26	6.5-13.5
PHV	G	11.98	1.02	9.5-15.5
END	G	14.82	0.88	13.5-17.5
Menarche	G	13.08	1.11	10.7-16.1

การประเมินผลเกี่ยวกับการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกนั้น ปรากฏว่าครั้งสุดท้ายของการตรวจก่อนปีที่ 10 นั้น มีหญิง 81 คน ยังไม่มีการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก ในจำนวนหญิงเหล่านี้มี 1 คน ขาดหายไป 73 คน ใน 80 คน พบว่าเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกในการตรวจครั้งต่อมา เหลืออีก 7 คน ที่ให้ประวัติการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกในระยะหลัง ผลการศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจน ดังนี้

1. เด็กหญิงจะยังไม่เริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกแน่นอน จนกว่าจะมาถึงหรือผ่านพ้นช่วง PHV ไปแล้ว ในการศึกษานี้มีเด็กอยู่ 1 คน ใน 80 คน ที่มีลักษณะเลือดออกที่คล้ายประจำเดือน (bleeding) ก่อนมาถึงช่วง PHV คือเกิดราวอายุ 11.7 ปี แต่พออายุได้ 12 ปี เด็กคนนี้ก็ยังไม่มีสัญญลักษณ์ที่แสดงถึงการเริ่มเป็นสาวให้เห็นได้ (sign of puberty) PHV ของเด็กอยู่ที่อายุ 12.5 ปี ปรากฏว่าลักษณะเลือดออกครั้งต่อมาเกิดเมื่ออายุ 13.3 ปี ฉะนั้นจึงเชื่อว่าลักษณะเลือดออกที่คล้ายประจำเดือนนั้นไม่ใช่การเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก แต่เป็นลักษณะเลือดออกที่เกิดจากสาเหตุอื่น ๆ ที่ไม่ทราบแน่ชัด ลักษณะเลือดออกในครั้งต่อมานั้นคือการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก

2. ไม่อาจใช้ประโยชน์ของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกเป็นสัญญลักษณ์แสดงถึงการเริ่มเป็นสาวของหญิงในการปฏิบัติการทางทันตกรรมจัดฟัน เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากคนไข้นั้นอาจไม่ตรงกับความเป็นจริงเสมอไป ฉะนั้นโอกาสที่จะพบว่าเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรกก่อนช่วง PHV ก็จะสูงขึ้น แต่ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้อาจหลีกเลี่ยงได้จนหมดสิ้น ถ้าผู้ถามรู้จักใช้ศิลปของการซักถามให้ความละเอียดละออในการสังเกตคนไข้เป็นราย ๆ ไป และการรู้จักใช้จิตวิทยาเข้าร่วมด้วย

ผลสรุปของการศึกษานี้อาจกล่าวได้ดังนี้

1. หญิงที่เริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก (menarche) แล้ว ก็หมายความว่า ช่วง PHV ได้ผ่านพ้นไปแล้ว และอัตราการเจริญเติบโตกำลังลดลง

2. หญิงที่ยังไม่เริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก ก็หมายความว่าอัตราการเจริญเติบโตอาจกำลังลด แต่ยังไม่ถึงช่วงของการสิ้นสุดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น (end of puberal growth spurt)

4. <u>ขั้นตอนการเจริญเติบโตของกระดูกมือและข้อมือจากภาพถ่ายรังสีเอ๊กซ์ และความเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น</u> (Skeletal stages of the hand-wrist radiographs and the puberal growth spurt)

การหาการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกายมักอาศัยการประเมินผลการเจริญเติบโตของกระดูกโครงสร้างร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่งในภาพถ่ายรังสีเอ๊กซ์ Hunter[36] ให้การยืนยันว่า ภาพถ่ายรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกมือและข้อมือ (Hand-wrist radiograph) เป็นส่วนที่น่าพอใจที่สุดของนักค้นคว้าส่วนใหญ่ โดยใช้วิธีการแตกต่างกันหลาย ๆ วิธี ของการหาอายุกระดูก จาก hand-wrist radiograph แต่วิธีที่ใช้กันมากที่สุดคือ การเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่าง ๆ ที่ได้เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป เช่น Greulich & Pyle Standard[28] หรือ Todd Standard[62] เป็นต้น จุดประสงค์ของการเปรียบเทียบก็เพื่อจะดูว่าอายุกระดูกที่หาได้นั้นมีความแตกต่างกับอายุปฏิทินอย่างไร

Bolton[10] ได้ให้ข้อเสนอแนะถึงวิธีการที่จะหาอายุกระดูก โดยการเปรียบเทียบกับ Greulich & Pyle Standard ไว้ว่ามีวิธีการดำเนินการเปรียบเทียบได้ 2 วิธี ดังนี้

1. Cursory or general assessment หมายความว่า จำเป็นต้องดูให้ทั่วทั้งฟิล์ม โดยเปรียบเทียบกับอายุกระดูกจาก atlas

2. Recommended method or mean assessment หมายความว่า ใช้วิธีการเปรียบเทียบกับระดับอายุการพัฒนาการของร่างกาย (developmental age level) ของกระดูกแต่ละชิ้น แล้วจึงมาหาค่าเฉลี่ยของอายุกระดูก วิธีนี้ถือว่าเป็นวิธีที่ดีกว่าวิธีที่ 1

Marshall[40] กล่าวไว้ว่า เหตุผลอันหนึ่งที่เป็นการอ้างอิงการหาอายุกระดูกจาก hand-wrist radiograph ก็คือในบริเวณกระดูกมือและข้อมือนั้นมีศูนย์กลางของการเกิดกระดูก (center of ossfication) อยู่มากมาย และแต่ละศูนย์กลางก็มีขั้นตอนของ

การเกิดของกายภาพ (series of morphologic stages) ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่าง ๆ โดยทั่วไป แต่ก็มีเหตุผลหนึ่งที่ต้องพิจารณาร่วมด้วย กล่าวคือ อาจจะมีบางศูนย์กลางของการเกิดของกระดูกที่เกิดขึ้นแล้วในสภาวะจริง ๆ แต่กลับไม่ปรากฏให้เห็นใน hand-wrist radiograph ได้ในทันที

Biggerstaff[6] กล่าวว่า Hand-wrist radiograph เหมาะสำหรับการประเมินค่าอายุกระดูกของเด็ก เพราะภาพถ่ายนี้สามารถสะท้อนให้เห็นถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของขบวนการเจริญเติบโตของเด็กแต่ละคนได้ดีจนถึงช่วงมีการเจริญเติบโตเต็มที่ เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าแบบแผนของการเจริญเติบโตของกระดูกแต่ละชิ้นมีความสัมพันธ์กับการเริ่มต้นของคุณลักษณะทางเพศที่แสดงให้เห็นได้ ในช่วงวัยรุ่น ฉะนั้นการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในหญิงและชาย จึงสังเกตได้จาก hand-wrist radiograph

Hansman & Maresch[33] ให้ข้อเสนอแนะว่า การกำหนดอายุกระดูกจาก hand-wrist radiograph ควรกำหนดเป็นกลุ่มของ accelerated or advanced skeletal maturer, average or moderate skeletal maturer และ retarded or delayed skeletal maturer โดยมีข้อกำหนดว่า accelerated skeletal maturer ก็คือเด็กที่มีอายุกระดูกเร็วกว่าอายุปฏิทิน 1 ปี และ delayed skeletal maturer ก็คือเด็กที่มีอายุกระดูกช้ากว่าอายุปฏิทิน 1 ปี

การใช้ hand-wrist radiograph เป็นการบ่งชี้โดยตรงกับอายุช่วงวัยรุ่น มีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวาง Pryor[45] , Rotch[48] , Crampton[17] กล่าวถึงการพัฒนาการของโครงสร้างร่างกายจาก hand-wrist radiograph โดยกำหนดเป็น sequential indicators of maturation progress Howard[35] ใช้

hand-wrist radiograph เป็นการกำหนดถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ของร่างกาย เพื่อการอธิบายถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น

Buehl & Pyle[13] ได้แสดงไว้ว่าการพัฒนาการของกระดูกพิซิฟอร์ม (Pisiform bone) เป็นสิ่งที่ใช้บ่งชี้ถึงอายุเริ่มต้นของช่วงที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น แต่ใน hand-wrist radiograph ที่ใช้ถ่ายด้วยตำแหน่ง dorso-palmar position นั้น กระดูกพิซิฟอร์มมักถูกปิดบังด้วยกระดูกชิ้นอื่น

Flory[20] แนะนำให้ใช้การเริ่มมีการเกิดของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ใน hand-wrist radiograph เป็นการบ่งชี้ถึงช่วงอายุการเข้าสู่ช่วงวัยรุ่น

Brown[12] ได้ชี้ให้เห็นว่าการเริ่มมีการเกิดเป็นกระดูก (calcification) ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ จะเป็นช่วงเวลาที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของความสูงและการเจริญเติบโตของกระดูกใบหน้า

Todd[62] ได้แสดงให้เห็นถึงวิธีการหาการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย จาก hand-wrist radiograph โดยไม่คำนึงถึงผลที่อาจจะเกิดจากอิทธิพลของเชื้อชาติและเพศ (racial background & sexual phenomenon) ได้ให้ข้อสรุปว่า hand-wrist radiograph ของมือซ้าย จะใช้แสดงการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกายได้ดีกว่ามือขวา ด้วยเหตุผลที่ว่าการถนัดมือขวานั้นอาจเป็นการเพิ่มการพัฒนาการของกายภาพของร่างกาย (physical development) ทำให้กระดูกมือขวาโตกว่ามือซ้ายได้ แต่จากการศึกษาเพิ่มเติมของ Greulich[27] พบว่า ไม่มีความแตกต่างของการพัฒนาการของโครงสร้างร่างกายในการแปลผลจากภาพถ่ายรังสีเอ๊กซ์ของมือและข้อมือของมือขวาและมือซ้าย (Left and right hand-wrist radiographic interpretation) อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Pileski, Woodside & James[44] ก็ให้การยืนยันว่าการศึกษาค้นคว้า

ส่วนใหญ่ที่จะอธิบายถึงอายุกระดูกนั้น จะใช้การประเมินผลจากช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างในกระดูกมือและข้อมือของมือซ้าย (left hand-wrist bones)

Webber[63] เริ่มใช้อลูมิเนียมสเต็ปเวดจ์ (Aluminium step wedge) และเครื่องมือวัดความเข้มของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ (densitometer) เข้ามาร่วมกับการถ่ายภาพรังสีเอ๊กซ์ของมือและข้อมือ เพื่อการประเมินผลของการเกิดเป็นกระดูก (mineralization of bone) หรือ ความเข้มของกระดูก (bone density)

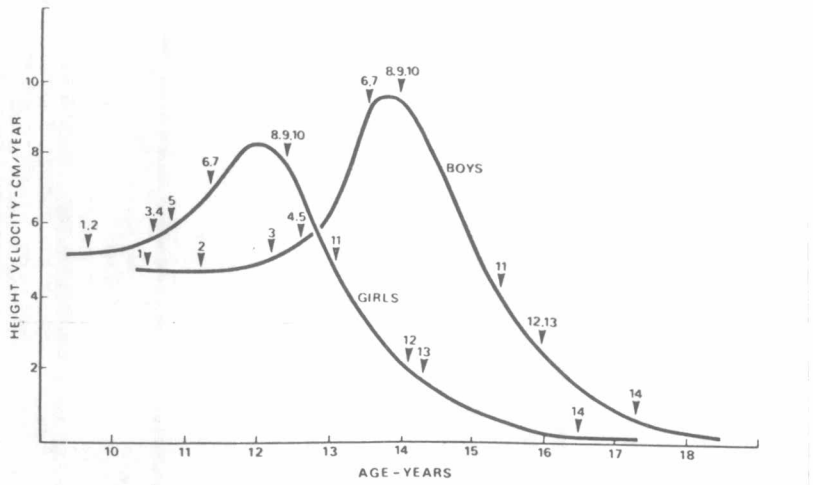
มีการศึกษาค้นคว้ามากมายที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อันใกล้ชิดระหว่างอายุที่เริ่มอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว กับการเกิดของกระดูกมือและข้อมือ การศึกษาของ Grave & Brown[26] ได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้อย่างชัดเจน โดยทำการศึกษาแบบ longitudinal study ในคนพื้นเมืองแถบตอนเหนือของออสเตรเลียใต้ (aboriginal ancestry in the Northern Territory of South Australia) จำนวน 88 คน เป็นข้อมูลหญิง 36 คน และชาย 52 คน โดยเลือกศึกษาตัวแปรที่กำหนดขึ้น 14 ตัวแปร (14 ossifications) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

Abbreviation	*Ossification event*
1. PP2=	Proximal phalanx of second finger; epiphysis is as wide as its diaphysis
2. MP3=	Middle phalanx of third finger; epiphysis is as wide as its diaphysis
3. H-1	Hooking of hamate—Stage 1
4. Pisi	Appearance of pisiform
5. R=	Radius; epiphysis is as wide as its diaphysis
6. S	Appearance of ulnar sesamoid at metacarpophalangeal joint of first finger
7. H-2	Hooking of hamate—Stage 2
8. $MP3_{cap}$	Middle phalanx of third finger; epiphysis caps its diaphysis
9. $PP1_{cap}$	Proximal phalanx of first finger; epiphysis caps its diaphysis
10. R_{cap}	Radius; epiphysis caps its diaphysis
11. $DP3_{u}$	Distal phalanx of third finger; complete epiphyseal union
12. $PP3_{u}$	Proximal phalanx of third finger; complete epiphyseal union
13. $MP3_{u}$	Middle phalanx of third finger; complete epiphyseal union
14. R_{u}	Radius; complete epiphyseal union

ตารางที่ 1 แสดงสัญญลักษณ์ปรากฏของ 14 ตัวแปร (14 ossifications) ที่กำหนดขึ้นเพื่อการศึกษาของ Grave & Brown

(From Grave, K.C. & Brown, T. : Skeletal ossification and the adolescent growth spurt, Am. J. Orthod. 69 (6) : 614, 1976)

ผลการศึกษาที่ได้แสดงให้เห็นถึงอายุที่เริ่มต้นของแต่ละตัวแปร แยกตามเพศให้เห็นชัด ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 และตารางที่ 2 อายุการเริ่มต้นของการเกิดกระดูก (ossification age) ที่ได้จากการศึกษานี้ใกล้เคียงกับการศึกษาก่อน ๆ ของ Abbie & Adey[1] และผลที่ได้ก็ยังอยู่ในช่วงของอายุการเริ่มต้นของการเกิดกระดูกที่ศึกษาในเด็กผิวขาว (Caucasian Children)



รูปที่ 4 แสดงถึงช่วงเวลาที่มีการเริ่มต้นของการเกิดกระดูก (Ossification times) ของแต่ละตัวแปร ทั้ง 14 ตัวแปร (ossifications) ที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาของ peak growth velocity โดยใช้ สัญญลักษณ์ปรากฏแทน 14 ตัวแปร ดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 และแยกแสดง growth curve เป็นกลุ่มเด็กชายและหญิงของกลุ่มข้อมูลที่ศึกษาโดย Grave & Brown

(From Grave, K.C. & Brown, T. : Skeletal ossification and the adolescent growth spurt, Am. J. Orthod. 69 (6) 614 1976)

Ossification event	*Sex*	*No.*	*Age in years*	
			Mean	*Standard deviation*
PP2=	M	20	10.5	1.2
	F	13	9.6	0.9
MP3=	M	32	11.2	1.3
	F	19	9.7	1.0
H-1	M	31	12.2	1.1
	F	18	10.6	1.4
Pisi	M	44	12.6	1.2
	F	25	10.5	1.1
R=	M	41	12.6	1.2
	F	26	10.8	1.1
S	M	47	13.5	0.9
	F	27	11.3	1.3
H-2	M	46	13.6	0.9
	F	25	11.3	1.1
$MP3_{cap}$	M	48	14.0	0.8
	F	29	12.4	1.2
$PP1_{cap}$	M	46	14.0	0.7
	F	28	12.3	1.1
R_{cap}	M	44	14.0	0.8
	F	28	12.4	1.1
$DP3_{\mu}$	M	33	15.4	0.7
	F	23	13.1	1.0
$PP3_{\mu}$	M	23	16.0	0.9
	F	20	14.1	0.9
$MP3_{\mu}$	M	22	16.0	0.9
	F	19	14.3	1.1
R_{μ}	M	11	17.3	0.7
	F	10	16.5	1.2

ตารางที่ 2 แสดงถึงช่วงเวลาของการเริ่มต้นมีการเกิดกระดูก (Timing of ossification events) ของตัวแปรทั้ง 14 ตัวแปร ที่เกิดขึ้นในกลุ่มเด็กที่ศึกษาของ Grave & Brown (aboriginal boys and girls)

(From Grave, K.C. & Brown, T. : Skeletal ossification and the adolescent growth spurt, Am. J. Orthod. 69 (6) : 615, 1976)

ผลที่ได้จากการศึกษาของ Grave & Brown อาจกล่าวโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ช่วงเวลาของ PHV (peak height velocity) หรือ PGV (peak growth velocity) เกิดที่ช่วงอายุ 11.8 ปี ในหญิง และ 13.8 ปี ในชาย ข้อค้นพบนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาแต่ก่อนของ Grave[24]

2. พบว่ามี 2 ตัวแปร เกิดให้เห็นอย่างชัดเจนที่ช่วงอายุก่อนถึงช่วงเวลาของ PGV คือ PP2= และ MP3= และมี 3 ตัวแปร ที่อาจแสดงถึงช่วงอายุก่อนจะถึงช่วงเวลาของ PHV คือ H-1, Pisi และ R=

3. พบว่ามี 5 ตัวแปร เกิดให้เห็นที่ช่วงอายุของ PGV คือ S, MP3cap, H-2, PP1cap และ Rcap โดยสามารถแยกพิจารณาให้ละเอียดได้ว่า S และ MP3cap จะเกิดให้เห็นชัดเจนในกลุ่มเด็กชายมากกว่าหญิง แต่สำหรับ H-2, PP1cap และ Rcap จะเกิดให้เห็นชัดเจนในเด็กทั้ง 2 เพศ

4. พบว่ามี 3 ตัวแปร เกิดให้เห็นชัดเจนที่ช่วงอายุหลังจากช่วงเวลาของ PGV คือ PP3u, MP3u และ Ru

5. DP3u เกิดที่ช่วงอายุ 1.5 ปี หลังจากช่วงเวลาของ PGV

6. ความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละตัวแปรกับช่วงเวลาของ PGV นั้น ปรากฏว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงมากคือ MP3cap ในหญิง และ S ในชาย คือมีค่าความสัมพันธ์เป็น 0.88 และ 0.83 ตามลำดับ

7. มีความสัมพันธ์สูงระหว่างตัวแปรกับช่วงเวลาของ PGV ในทุกตัวแปรที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาของ PGV และความสัมพันธ์ในหญิงสูงกว่าในชาย

ทอสมุดกลาง

Björk และคณะผู้ร่วมงาน[8] ได้กล่าวถึงการประเมินผลความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตเต็มที่ของกระดูกมือและข้อมือกับการเจริญเติบโตในด้านความสูง ว่าควรพิจารณาเป็นขั้นตอนตามลำดับ ได้กำหนดขั้นตอนของการมีการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย (Skeletal maturing stages) เป็น 8 ขั้นตอน (stages) ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนของการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย (skeletal maturing stages)	การเจริญเติบโตในด้านความสูง (Growth in height)
1. PP2 = stage	Before the period of peak growth spurt, rate of growth is smallest.
2. MP3 = stage	Onset of the period of growth spurt.
3. S stage	Two years prior to the period of peak growth spurt.
4. MP3cap stage	One year after the period of peak growth spurt.
5. DP3u stage	After the period of peak growth spurt.
6. PP3u stage	
7. MP3u stage	
8. Rcap stage	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการศึกษาของ Hagg & Taranger[30] ได้พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างอายุที่เริ่มต้นของ 10 ตัวแปร (10 Skeletal stages) ที่กำหนดขึ้นกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงของวัยรุ่นในเด็กชาวสวีเดน ซึ่งประกอบด้วย เด็กชาย 122 คน และหญิง 90 คน ตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร ที่กำหนดขึ้นนั้น อาจจำแนกออกเป็นจำพวก ดังต่อไปนี้

1. กระดูก adductor sesamoid : S. (onset of ossification of adductor sesamoid)

2. กระดูกส่วน middle phalanx (MP) และ distal phalanx (DP)ของนิ้วมือกลาง (third finger) :

MP3-F (MP3=)

MP3-G (MP3cap)

MP3-H (Stage H of Tanner et.al)[55]

MP3-I (Stage I of Tanner et.al)

MP3-FG (กำหนดขึ้นใช้เฉพาะการศึกษาของ Hagg & Taranger)

DP3-I (MP3u หรือ DP3u)

3. กระดูก radius :

R-I (Stage I of Tanner et.al)

R-J (Stage J. of Tanner et.al)

R-IJ (กำหนดขึ้นใช้เฉพาะการศึกษาของ Hagg & Taranger)

ผลการศึกษาของ Hagg & Taranger นั้นแสดงให้เห็นว่า

1. ช่วงอายุของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นกำหนดได้ดังนี้ ONSET เกิดที่อายุ 10 ปี ในหญิง และ 12 ปี ในชาย PHV เกิดที่ช่วงอายุ 2 ปี หลังจากเกิด ONSET ของทั้ง 2 เพศ และ END เกิดที่อายุ 15 ปี ในหญิง และ 17 ปี ในชาย

2. ตัวแปร ที่พบในช่วงอายุที่เกิด ONSET คือ MP3-F และอาจจะพบ MP3-G ได้ด้วย

3. ตัวแปร ที่พบได้ระหว่างช่วงอายุที่เกิด ONSET ถึง ช่วงอายุที่เกิด S คือ S และอาจจะพบ MP3-FG ได้ด้วย

4. ตัวแปร ที่พบในช่วงอายุที่เกิด PHV คือ MP3-FG และอาจจะพบ S ได้ด้วย

5. ตัวแปร ที่พบได้ระหว่างช่วงอายุที่เกิด PHV ถึง ช่วงอายุที่เกิด END คือ R-I, MP3-H, MP3-I และอาจจะพบ DP3-I ได้ด้วย

6. ตัวแปร ที่พบในช่วงอายุที่เกิด END คือ DP3-I และ R-IJ

7. ตัวแปร ที่พบได้ในช่วงอายุหลังช่วงเวลาของ END คือ R-J และอาจจะพบ R-IJ ได้ด้วย

ข้อสรุปของการศึกษา Hagg & Taranger อาจกล่าวได้ดังนี้

1. ความแตกต่างของช่วงเวลาการพบตัวแปรที่ศึกษานั้นอาจ เนื่องมาจากเป็นความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (sampling)

2. ควรพิจารณาใช้ MP3-FG เป็นตัวกำหนดหรือตัวบ่งชี้ (indicator) ของช่วงอายุที่เกิด PHV เนื่องจากเป็นตัวแปรที่พบได้ถึง 90 % ในเด็กกลุ่มศึกษาทั้ง 2 เพศ

3. ควรพิจารณาใช้ R-IJ เป็นตัวกำหนดของช่วงอายุที่เกิด END เนื่องจากเป็นตัวแปรที่พบได้ถึง 80 % และ 40 % ในเด็กกลุ่มศึกษาที่เป็นหญิงและชาย ตามลำดับ

4. ช่วงอายุที่เกิด PHV พบว่า การพัฒนาการของโครงสร้างร่างกายในเด็กหญิงจะ advance มากกว่าในเด็กชาย แต่สำหรับช่วงอายุที่เกิด END กลับพบว่าการพัฒนาการของโครงสร้างร่างกายในเด็กหญิงจะเจริญได้น้อยกว่าในเด็กชาย

5. MP3-FG ของการศึกษานี้ก็คือตัวแปรที่อยู่ระหว่าง MP3-F และ MP3-G stagesและ R-IJ ของการศึกษานี้ก็คือ ตัวแปรที่อยู่ระหว่าง R-I และ R-J stages

มีการศึกษาอยู่บ้างที่กล่าวถึงความไม่เหมาะสมของการนำ hand-wrist radiograph มาใช้เป็นแนวทางของการประเมินถึงช่วงที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย Roche[46] กล่าวไว้ว่า เป็นการไม่สมควรอย่างยิ่งที่จะใช้ x-ray film of carpal indexes ในการบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ของเด็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็กเล็ก (young children) ที่มีขนาดของกระดูกมือและข้อมือเล็กมากไม่มีขอบเขตชัดเจน และในช่วงปลายของการเจริญเติบโตเต็มที่ (end of maturation) ซึ่งกระดูกมือและข้อมือมีการซ้อนทับกัน (overlap) ยากที่จะกำหนดขอบเขตได้ ผลที่ประเมินมาได้นั้นจึงถือว่าไม่มีคุณค่าควรแก่การใช้ประโยชน์

Smith[53] ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จาก hand-wrist radiograph ว่ามีขอบเขตจำกัดสำหรับการนำไปให้พิจารณาอยู่หลาย ๆ ข้อ ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ตำแหน่งของโครงสร้างร่างกายในระหว่างที่กำลังมีการเจริญเติบโตนั้นมีความแตกต่างกันมาก กระดูกมือและข้อมือเป็นเพียงส่วนประกอบเล็ก ๆ ส่วนหนึ่งของระบบโครงสร้างร่างกาย ฉะนั้น ก็ไม่น่าจะใช้กระดูกมือและข้อมือเป็นตัวแทนของโครงสร้างร่างกายทั้งหมดได้

2. กระดูกมือและข้อมือมีขอบเขตที่ไม่แน่นอน ให้ความคลาดเคลื่อนได้มากในการกำหนดอายุ ทั้งนี้เนื่องจากว่ากระดูกมือบางตำแหน่งอาจเกิดขึ้นแล้วในสภาวะจริง ๆ แต่กลับไม่ปรากฏให้เห็นใน hand-wrist radiograph และเชื่อว่าความคลาดเคลื่อนนี้มีได้มากถึง 6 เดือน แต่จากข้อสรุปของ Björk & Helm[7] ก็ได้ให้การยืนยันอยู่แล้วว่า แม้กระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ จะปรากฏขึ้นมาแล้วนานถึง 6 เดือน ก่อนที่จะปรากฏเป็นเงาภาพให้เห็นครั้งแรกในภาพถ่ายรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกมือและข้อมือก็ตาม แต่การนำไปใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติการทางทันตกรรมจัดฟันนั้น ก็คำนึงเฉพาะช่วงอายุที่จะพบการเริ่มมีการปรากฏครั้งแรกของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เท่านั้น

3. ถ้าจะใช้ประโยชน์จาก hand-wrist radiograph แล้ว ก็ควรนำไปใช้ในเด็กผู้ชายมากกว่าเด็กผู้หญิง ข้อสรุปนี้ตรงกับการค้นพบของ Bambha & Natta[4] ที่รายงานไว้ว่าอายุกระดูกมีคุณค่ามากกว่าอายุปฏิทิน สำหรับการหาช่วงเวลาที่จะเกิด PHV เฉพาะในเด็กผู้ชายเท่านั้น และการศึกษาของ Thompson[61] ก็ให้การยืนยันว่าอายุกระดูกไม่ได้ดีกว่าอายุปฏิทิน ในการทำนายถึงการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นของเด็กผู้หญิง

5. <u>การเจริญเติบโตของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เป็นแนวทางของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่น</u> (Ossification of the adductor sesamoid as an indicator of the puberal growth spurt)

การศึกษาค้นคว้าที่ยืนยันความสำคัญของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ต่อลักษณะที่แสดงถึงการเริ่มเป็นหนุ่มเป็นสาว ของ Björk & Helm[7] ที่กล่าวไว้ว่าในบรรดาตัวบ่งชี้ของการเจริญเติบโตเต็มที่ ที่สังเกตได้จาก hand-wrist radiograph นั้น มีเพียงการเริ่มการปรากฏของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ที่เกิดให้เห็นชัดเจนใน

ช่วงเวลาที่ใกล้ช่วงวัยรุ่นมากที่สุด ข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ก็คือการเริ่มต้นมีการเกิดของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ นั้น เป็นช่วงเวลาของการเริ่มต้นเข้าสู่ช่วงวัยรุ่นของเด็ก และในระยะเวลาอีกประมาณ 6 เดือนต่อมา การเกิดกระดูกมีมากพอที่จะปรากฏให้เห็นได้เป็นครั้งแรกในภาพถ่ายรังสีเอ๊กซ์ ข้อสรุปต่าง ๆ ที่ได้จากการศึกษาของ Björk & Helm พอจะกล่าวได้ดังนี้

1. มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างการเริ่มการปรากฏของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ กับช่วงอายุที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของโครงสร้างร่างกาย (ค่าความสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.47 ถึง 0.75) รวมทั้งความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก

2. การเริ่มต้นของการปรากฏเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เกิดที่ช่วงอายุ 12 $\pm$ 2.1 เดือน ก่อนจะถึงช่วง PHV ในหญิง และที่ช่วง 9 $\pm$ 1.4 เดือน ก่อนจะถึงช่วง PHV ในชาย

3. การเริ่มต้นของการปรากฏเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ จะเกิดในหญิงก่อนในชายราว 21 $\pm$ 3.0 เดือน (sex difference in ossification age)

4. ในบางคนอาจจะมีการเริ่มมีการปรากฏของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับช่วงเวลาของ PHV แต่จะไม่มีการเริ่มมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ภายหลังช่วงเวลาของ PHV อย่างแน่นอน

5. ช่วงอายุของการเริ่มมีการปรากฏของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ คือ 11.5 ปี ในหญิง และ 13 ปี ในชาย

6. ช่วงอายุของการเริ่มมีประจำเดือนครั้งแรก เกิดหลังการเริ่มมีการปรากฏของเงาภาพรังสีเอ๊กซ์ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ประมาณ 2 - 3 ปี

7. การใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติการทางทันตกรรมจัดฟัน คำนึงเฉพาะอายุที่เริ่มปรากฏครั้งแรกของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ในภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ ของกระดูกมือและข้อมือ

การศึกษาในระยะต่อมาของ Flory[20] และ Buehl & Pyle[13] ก็ยืนยันถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุที่เริ่มมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ และช่วงอายุที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ด้วยค่า correlation coefficient เป็น 0.75 และ 0.71 ตามลำดับ

Garn & Rohmann[23] ก็ยืนยันในทำนองเดียวกันด้วยค่า correlation coefficient 0.65 พร้อมกับการเน้นถึงช่วงอายุของการเริ่มมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ คือ 10.5 ปี ในหญิง และ 12.6 ปี ในชาย Pileski, Woodside & James ให้ข้อค้นพบของอายุที่เริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ คือ 10.88 ปี ในหญิง และ 13.22 ปี ในชาย โดยที่จะเกิดขึ้นในหญิงก่อนในชายราว 2.34 ปี ซึ่งผลการศึกษานี้ตรงกับข้อค้นพบของการศึกษาก่อน ๆ ด้วย[9,38] การศึกษาของ Biggerstaff[6] ให้อายุการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เป็น 10.3 ปี ในหญิง และ 12.8 ปี ในชาย สำหรับกลุ่มของเด็กใน Cleveland และอายุ 10.7 ปี ในหญิง 12.6 ปี ในชายสำหรับกลุ่มของเด็กใน Boston Grave & Brown[26] กำหนดอายุของการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เป็น 11.3 ปี ในหญิง และ 13.5 ปี ในชาย สำหรับกลุ่มเด็ก aboriginal of Australia Hagg & Taranger[30] กำหนดอายุการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซาซามอยด์ เป็น 10.7 ปี ในหญิง และ 13.1 ปี ในชาย สำหรับเด็กชาวสวีเดน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดอายุของการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ที่แตกต่างกันออกไป สำหรับเด็กกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้[30]

Children	Age at onset of ossification of adductor sesamoid (Yrs)	
	Girls	boys
Denmark	11.5	13.2
Iceland	11.2	13.4
Australia	11.0	13.0
U.S.A.	10.7	12.6

Hagg & Taranger[30] ให้ข้อสรุปว่าถ้ายังไม่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์เซสซามอยด์ ก็หมายความว่ายังไม่ถึงช่วงเวลาของ PHV อย่างไรก็ตาม อาจมีข้อยกเว้นในบางคน ที่พบว่าการเกิดกระดูกจะเริ่มต้นทันทีที่มาถึงช่วงเวลาของ PHV แต่ถ้าพบว่าเริ่มสังเกตเห็นกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ได้ ก็มีความหมายว่าเด็กคนนั้นกำลังอยู่ในช่วงที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

Chapman[15] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์เซสซามอยด์ โดยละเอียดและน่าสนใจมาก โดยได้ทำการศึกษาทั้ง short longitudinal study และ cross-sectional study เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของความสูงกับช่วงอายุที่มีการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ด้วยวิธีการใช้ dental intraoral film ถ่ายภาพบริเวณ metacarpophalangeal joint of the thumb เนื่องจากกลุ่มเด็กที่ศึกษามีอายุตั้งแต่ระยะก่อนวัยรุ่น (preadolescent) จนถึงระยะเกือบจะสิ้นสุดช่วงวัยรุ่น (complete adolescent) ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดการดำเนินการของการเกิดกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เป็นขั้นตอน ๆ ถึงแม้ว่าขนาดของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ในแต่ละคนจะมีขนาดแตกต่างกันก็ตาม โดยแบ่งการพัฒนาการของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ที่เห็นใน x-ray film ออกเป็น stages ต่าง ๆ ดังนี้

1. ASO stage : ไม่มีการเกิดกระดูกปรากฏให้เห็นใน x-ray film

2. AS1 stage : กระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ มีขนาด "Pinhead" หมายความว่าเริ่มมีการปรากฏให้เห็นใน x-ray film ด้วย ขนาดประมาณ 1 มม. stage นี้ยังมีช่วงเวลาประมาณ 3 เดือน

3. AS2 stage : ผ่าน stage ของ AS1 มาแล้ว แต่ยังไม่มีขอบเขตที่แน่นอน stage นี้มีช่วงเวลาประมาณ 6 เดือน

4. AS3 stage : มีขอบเขตของการเกิดของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ชัดเจน ปกติเห็นเป็นรูป "Seed-shaped" ที่ stage นี้ กระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ มีขนาดโตได้ 70 % แล้ว

5. AS3 + stage : เริ่มมีการเชื่อมต่อกันของ epiphyseal-diaphyseal proximal phalanx ขณะเดียวกันกับอาจจะเริ่มมองเห็นการเกิดของกระดูก flexor sesamoid ที่บริเวณ head of first metacarpal

6. E.F. : Epiphyseal diaphyseal fusion of proximal phalanx ปรากฏให้เห็นอย่างสมบูรณ์

กลุ่มเด็กที่ใช้ศึกษาของ Chapman นั้น อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม A (ชาย 11 คน และ หญิง 5 คน) คือ กลุ่มเด็กที่ไม่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ให้เห็นเลย ตั้งแต่แรกเริ่มที่ศึกษาจนเสร็จสิ้นการศึกษา

2. กลุ่ม B (ชาย 18 คน และ หญิง 23 คน) คือ กลุ่มเด็กที่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ให้เห็นในระหว่างดำเนินการศึกษา

3. กลุ่ม C (ชาย 4 คน และ หญิง 10 คน) คือ กลุ่มเด็กที่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ให้เห็นตั้งแต่แรกที่เริ่มศึกษาแล้ว

ฉะนั้น จะเห็นว่า เด็กกลุ่ม B คือ กลุ่มที่มีคุณสมบัติตรงตามความมุ่งหมายของการศึกษาที่ Chapman กำหนดได้มากที่สุด และก็เป็นกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ที่สุดด้วย

ผลการศึกษาที่พบจาก cross-sectional study : ชี้ให้เห็นว่าการเริ่มปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ที่พบในเด็กชาย 70 คน และ หญิง 70 คน ได้ผลสอดคล้องกับ progressive stage of metacarpophalangeal joint development ที่ได้จาก short longitudinal study ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ที่อายุ 10 ปี เด็กผู้หญิงเริ่มมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ แล้วถึง 3 คน แต่ในเด็กผู้ชายไม่มีเลย จนกระทั่งอายุ 11 ปี เด็กผู้ชายจึงเริ่มมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ให้เห็นเพียง 1 คน จะพบว่าเด็กผู้ชายอายุ 12 ปี จะมีคนที่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ 3 คน เท่ากับเด็กผู้หญิงอายุ 10 ปี และในเด็กผู้หญิงอายุ 12 ปี ก็มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ แล้วครบทุกคน ขณะที่ในเด็กผู้ชายจะต้องมีอายุ 15 ปี จึงจะมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ครบทุกคน

Age Yrs.	Sex	N	Adductor Sesamoid Metacarpophalangeal Joint Status AS0	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5
10	F	10	7	1	1	1		
	M	10	10					
11	F	10	2	1	1	6		
	M	10	9		1			
12	F	10		2	1	4	3	
	M	10	7	1	1	1		
13	F	10				5	4	1
	M	10	2	1		7		
14	F	10				1	3	6
	M	10	1	1		6	2	
15	F	10						10
	M	10				3	4	3
16	F	10						10
	M	10				3	3	4

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนการปรากฏของ adductor sesamoid ossification และ thumb joint development ของเด็กผู้หญิง 70 คน และ เด็กผู้ชาย 70 คน จากอายุ 10 ปี ถึง 16 ปี ของการศึกษาของ Chapman

(From Chapman, S.M. : Ossification of the Adductor Sesamoid and the Adolescent Growth Spurt, Angle Orthod. 42 (3) : 240, 1972)

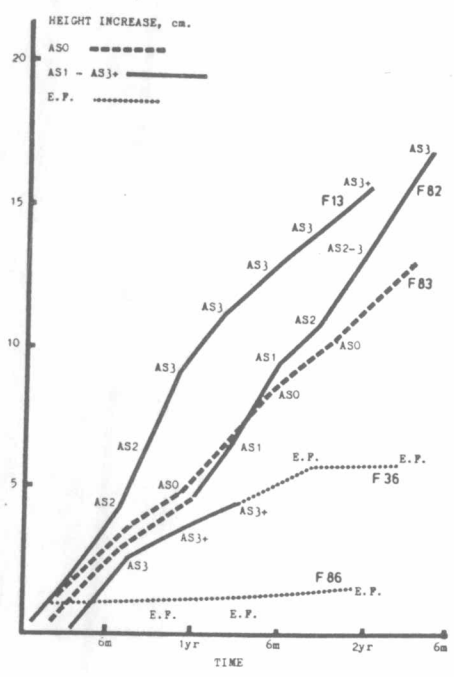
สำหรับผลการศึกษาที่พบจาก Short-longitudinal study : อธิบายตามที่แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเป็น growth curves ของเด็ก 5 คน (ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะกลุ่มของเด็กผู้หญิงเท่านั้น) ที่มีความแตกต่างของระดับการเจริญเติบโตของกระดูกแอดดัคเตอร์เซสซามอยด์ และ first metacarpophalangeal joint ทั้งนี้โดยถือว่าเด็กผู้หญิงที่ถูกเลือกมาทั้ง 5 คน นั้นเป็นตัวแทนของเด็กผู้หญิงทั้งหมด 33 คน

- growth curves ส่วนที่เป็นเส้นจุด (dotted lines) แสดงการเจริญเติบโตในด้านความสูง หลังจากที่มี epiphyseal-diaphyseal fusion แล้ว (E.F.)

- growth curves ส่วนที่เป็นเส้นประ(broken lines) แสดงการเจริญเติบโตในด้านความสูงก่อนที่จะเริ่มมีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ (AS0)

- growth curves ส่วนที่เป็นเส้นทึบ (unbroken lines) แสดงการเจริญเติบโตในด้านความสูงขณะที่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ (AS1 - AS3 +)

จาก growth curves แสดงให้เห็นว่า 1. อัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง ในช่วงที่กำลังมีการเกิดกระดูก จะมากกว่าในช่วงก่อนการเกิดกระดูก และช่วงปลายของการเกิดกระดูก 2. เด็กที่มีช่วงของการเกิดกระดูกยาว ก็จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงมากด้วย ในทางกลับกัน ถ้าเด็กมีช่วงของการเกิดกระดูกสั้น ก็จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงน้อยด้วย 3. หลังจากที่มีการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ แล้ว ก็จะเริ่มมี epiphyseal diaphyseal fusion ของ proximal phalanx of first metacarpophalangeal joint ตามมา 4. ในระหว่างที่เริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ จะมีอัตราเร่งของการเพิ่มความสูง 5. อัตราเร่งสูงสุดของความสูงในเด็กแต่ละคน จะเกิดขึ้นภายหลังการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ แล้วเสมอ และโดยมากมักจะอยู่ระหว่าง stage of AS3



รูปที่ 5 แสดงเส้นกราฟของการเจริญเติบโตในด้านความสูงของเด็กหญิง 5 คน ที่มีความแตกต่างของระดับการเจริญเติบโตของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์

(From Chapman, S.M. : Ossification of the Adductor Sesamoid and the Adolescent Growth spurt, Angle Orthod. 42 (3) : 241, 1972)

การศึกษาของ Chapman อาจให้ข้อสรุปได้ดังนี้

1. ใน cross-sectional study : อายุของการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ คือ 11 - 12 ปี ในหญิง และ 13 - 14 ปี ในชาย

2. ใน short-longitudinal study : อายุของการเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ คือ 11.6 ปี ในหญิง และ 12.9 ปี ในชาย

3. การเริ่มการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เกิดในช่วงเวลาเดียวกันกับช่วงเวลาที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของช่วงวัยรุ่น

4. ช่วงเวลาที่มีอัตราสูงสุดของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในด้านความสูงจะเกิดภายหลังการปรากฏของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ประมาณ 9.4 เดือน ในหญิง และ 11.7 เดือน ในชาย และปกติจะเกิด PHV ในช่วงที่เห็นกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ เป็นรูป "Seed-shaped"

นอกจากนี้ Grave & Brown[26] ยังกล่าวไว้ว่า กระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ไม่ได้มีความสำคัญต่อการกำหนดช่วงอายุการเริ่มเป็นวัยรุ่นเท่านั้น หน้าที่ของกระดูกแอดดัคเตอร์ เซสซามอยด์ ก็มีความสำคัญมากเช่นกัน กล่าวคือ ทำหน้าที่ป้องกันเอ็นที่เชื่อมระหว่างกระดูก (tendon) ไม่ให้มีอันตรายจากแรงความกดดันต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

6. <u>การเจริญเติบโตของกระดูกปลายนิ้วมือกลางเป็นแนวทางของการบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตเต็มที่ของโครงสร้างร่างกาย</u> (Maturity indicator of the epiphysis of the distal phalanx of the third finger)

การศึกษาถึงการเจริญเติบโตของกระดูกส่วนปลายนิ้วมือกลาง (distal phalanx of the third finger) นั้นมักเน้นถึงช่วงอายุที่จะเกิดมี complete epiphyseal union หรือเรียกว่าส่วนของไดอะไฟเซียล โกรท คาร์ทิเล็จ เพล็ท (diaphyseal growth cartilage plate) ที่เห็นเป็นเส้นเงาดำในภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์เริ่มมีการเกิดเป็นกระดูก หรือมีการแทนที่ของแคลเซี่ยมจนเกิดเป็นกระดูกชิ้นเดียวกัน และเส้นเงาดำในภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์หายไป เชื่อกันว่าช่วงเวลาที่มีการเกิดกระดูกอย่างสมบูรณ์ของกระดูกส่วนนี้ มีความเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงวัยรุ่นด้วย

ตาม Greulich, Waterhourse & Pyle Reference Standard[29] : completion age of distal phalanx III เกิดที่อายุ 13.3 ปี ในหญิง และ 15.5 ปี ในชาย เช่นเดียวกับ completion age of distal phalanx IV

Grave & Brown[26] กล่าวว่า fusion of distal phalanx III (DP3u) เกิดที่ช่วงเวลาประมาณ 1.5 ปี หลังจากช่วงเวลาของ PHV ความมุ่งหมายของการพิจารณาถึง DP3u ก็คือ เพื่อการประเมินถึงช่วงเวลาที่อัตราการเจริญเติบโตของร่างกายลดลงแล้ว

Hagg & Taranger[30] กล่าวถึงการเจริญเติบโตของ DP3 ในลักษณะของ DP3-I ซึ่งก็มีความหมายเท่ากับ DP3u นั่นเอง ถ้าพบว่าเด็กกำลังอยู่ช่วงDP3-I ก็หมายความว่า ช่วงเวลาของ PHV ได้ผ่านพ้นไปแล้ว

Sinclair[52] กล่าวว่า fusion of distal phalanges จะพบได้ในช่วงเวลาเดียวกันกับช่วงเวลาของ menarche

Björk และคณะผู้ร่วมงาน[8] กล่าวเน้นถึงการพบ DP3u stage เป็นการยืนยันว่า growth rate เริ่มลดลงแล้วอย่างแน่นอน

7. <u>สเต็ปเวดจ์</u> (Step wedge or Penetrometer)

โดยทั่วไปแล้ว เครื่องมือ step wedge เป็นเครื่องมือที่ใช้ประโยชน์ทางรังสีเทคนิคมากมาย กล่าวคือ

1. ใช้สำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องถ่ายภาพรังสีเอ๊กซ์ที่ต่างชนิดกัน
2. ใช้สำหรับทดสอบ output ของเครื่องถ่ายภาพรังสีเอ๊กซ์
3. ใช้สำหรับการทดสอบเทคนิคการถ่ายภาพรังสีเอ๊กซ์ โดยใช้ค่า Kv ต่าง ๆ กัน

4. ใช้สำหรับการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของน้ำยาล้างฟิล์มในแต่ละวัน

5. ใช้สำหรับการตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มหรือสกรีนที่จะเลือกมาใช้งาน

Webber[63] ได้เริ่มใช้อลูมิเนียมสเต็ปเวดจ์มาร่วมในการถ่าย hand-wrist radiograph เพื่อดู bone density

Bolton[10] ได้นำ Webber step wedge เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการถ่าย hand-wrist radiograph หรือการประเมินผลของ ossification of wrist bones and adductor sesamoid โดยการเทียบค่าความดำของเงาภาพกระดูกต่าง ๆ เป็นค่าความดำที่ระดับต่าง ๆ ของ step wedge