



การประเมินภาวะการเจริญรุดเร็ว สู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ด้วยภาพรังสี

ดวงกมล อชพิววรรณ ท.บ.¹

นิรมล ชำนาญนิธิธรธ ท.บ., Dr. med. dent., อนุมัติบัตรสาขาทันตกรรมจัดฟัน²

¹ นิติบัณฑิตศึกษา ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมเนื้อหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินระยะการเจริญเติบโตของร่างกายและใบหน้าในช่วงวัยเริ่มเจริญพันธุ์ จากภาพรังสีมือ-ข้อมือ (hand-wrist radiograph) และจากกระดูกคอในภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง (lateral cephalometric radiograph) เปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว (early maturers) กับกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้า (late maturers) รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของร่างกายกับกระดูกขากรรไกร

(ว กบด จฬาฯ 2546;26: 229-41)

คำสำคัญ: กระดูกคอ การเจริญเติบโต วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ภาพรังสีมือ-ข้อมือ

บทนำ

การสบฟันผิดปกติ(malocclusion) เป็นภาวะที่เกิดจากการมีพัฒนาการที่เบี่ยงเบนไปของกระดูกขากรรไกร และ/หรือฟัน การเจริญเติบโตของผู้ป่วยจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในทางทันตกรรมจัดฟันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของกระดูกขากรรไกร หากความรุนแรงของความผิดปกติไม่มากนักและผู้ป่วยยังอยู่ในระยะที่ยังมีศักยภาพในการการเจริญเติบโตอีกมาก อาจใช้วิธีการรักษาโดยการจัดฟัน ร่วมกับการปรับแต่งการเจริญเติบโตของขากรรไกร (growth modification) แต่ถ้ามความผิดปกติดังกล่าวมีความรุนแรงมาก และกระดูกขากรรไกรเจริญค่อนข้างเต็มที่แล้ว อาจจำเป็นต้อง

ใช้วิธีการผ่าตัดกระดูกขากรรไกรร่วมกับการจัดฟัน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกวิธีตลอดจนเวลาการรักษาที่เหมาะสม

การเจริญเติบโตช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของร่างกายมากที่สุด เกิดขึ้นในขณะที่มีการเจริญจากเด็กเป็นผู้ใหญ่ หรือในภาวะการเจริญรุดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ (pubertal growth spurt) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลากการเข้าสู่ภาวะดังกล่าวมีความผันแปร (variation) ระหว่างเพศและระหว่างบุคคลได้ค่อนข้างมาก อีกทั้งผู้ป่วยในวัยนี้จำนวนหนึ่ง มีความจำเป็นและ/หรือต้องการการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทันตแพทย์จัดฟันจะต้องเข้าใจกระบวนการเจริญเติบโตใน

ระยะนี้อย่างดั่งแท้ ตลอดจนสามารถประเมินระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตในผู้ป่วยแต่ละราย เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการรักษาได้ การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้ชัดเจนที่สุดเมื่อร่างกายเข้าสู่ภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ คือ ส่วนสูงที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการแบ่งภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ออกเป็นระยะต่างๆ ตามอัตราเร็วของการเพิ่มส่วนสูง แต่การประเมินการเจริญเติบโตของผู้ป่วยสำหรับการรักษาทางทันตกรรมจัดฟัน ไม่สามารถที่จะวัดส่วนสูงของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาหลายปีได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีการประเมินระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตด้วยภาพรังสี ซึ่งสามารถบ่งชี้ระยะการเจริญเติบโตได้ทันที

ความหมายของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์

ภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ หมายถึง การเพิ่มอัตราเร็วของการเจริญเติบโตของส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อให้มีการเจริญเต็มที่ (maturation) ของอวัยวะในเพศชาย และรังไข่ในเพศหญิง กระบวนการของการเจริญเติบโตเพื่อเข้าสู่วัยหนุ่มสาวนี้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเป็นขั้นๆ โดยที่ในแต่ละคนจะมีอายุที่มีพัฒนาการถึงขั้นต่างๆ ไม่เท่ากัน

การเจริญเติบโตของร่างกายสามารถแบ่งได้เป็นระยะต่าง ๆ ตามอัตราเร็วของการเพิ่มส่วนสูง ดังนี้² (รูปที่ 1)

1. ระยะ Minimum (จุด A) เป็นระยะที่มีอัตราการเพิ่มความสูงน้อยที่สุด ก่อนที่จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด

2. ระยะ Start (จุด B) เป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มอัตราเร็วในการเจริญเติบโต

3. ระยะ Onset (จุด C) คือ จุดเริ่มต้นภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ อย่างแท้จริง มีอัตราเร็วมากกว่าจุด start 10 ม.ม.ต่อปี

4. ระยะ Peak height velocity (PHV) (จุด D) คือ ระยะที่มีการเพิ่มอัตราเร็วสูงสุดในการเจริญเติบโต

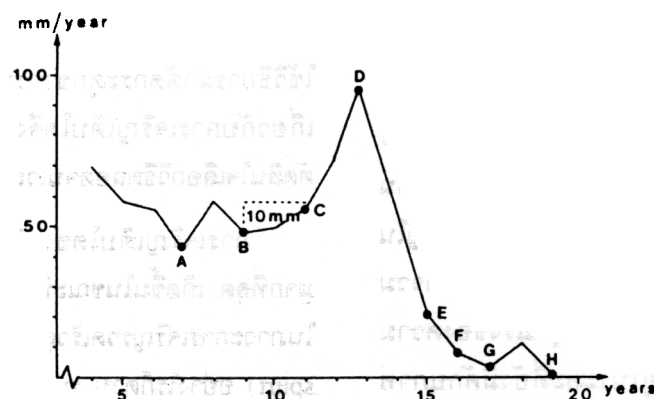
5. ระยะ D-20 (จุด E) คือ จุดที่มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่า 20 ม.ม.ต่อปี หลังจากผ่าน PHV มาแล้ว

6. ระยะ D-10 (จุด F) คือ จุดที่มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่า 10 ม.ม.ต่อปี หลังจากผ่าน PHV มาแล้ว

7. ระยะ D-5 (จุด G) คือ จุดที่มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่า 5 ม.ม.ต่อปี หลังจากผ่าน PHV มาแล้ว

8. ระยะ D-zero (จุด H) คือ จุดที่มีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่า 5 ม.ม.ต่อปี ติดต่อกัน 3 ครั้งที่วัด

ระยะที่ถือว่าการสิ้นสุดภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ได้มีผู้ให้นิยามไว้แตกต่างกัน Taranger และ Hägg² ใช้จุด D-20 Hunter³ ใช้จุดที่มีอัตราเร็วต่ำกว่าอัตราเร็วเฉลี่ยของ PHV ± 2.5 ปี ส่วน Largo⁴ ใช้จุดที่อัตราเร็วลดลงจนต่ำกว่าจุด minimum ส่วนการเจริญเติบโตที่ยังมีอยู่ต่อไปหลังจากภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ เรียกว่าระยะหลังภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ (post-pubertal period)



รูปที่ 1 กราฟอัตราเร็วของการเจริญเติบโต แสดงส่วนสูงที่เพิ่มขึ้นต่อปีกับอายุปฏิทิน

จาก Taranger J, Hägg U, The timing and duration of adolescent growth. Acta Odontol Scand 1980;38:58.

Fig. 1 The velocity curve, showing annual height increment.

From: Taranger J, Hägg U, The timing and duration of adolescent growth. Acta Odontol Scand 1980;38:58.

โดยทั่วไป รูปแบบการเจริญเติบโตจะมีลักษณะตามกราฟที่แสดงในรูปที่ 1 อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตในแต่ละบุคคล อาจมีความผันแปร ทั้งในแง่ของอายุที่มีการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตในระดับต่างๆ และปริมาณการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น⁶ ทำให้คนที่มียายุเท่ากัน อาจมีการเจริญเติบโตอยู่ในระดับที่ไม่เท่ากันได้^{6,7} ระยะเวลาที่แต่ละคนใช้ในการเปลี่ยนแปลงจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่ง อีกทั้ง อัตราเร็วในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตก็เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแต่ละคน โดยในเพศเดียวกันอาจมีความผันแปรของอายุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับหนึ่งๆ ได้ถึง 6 ปี⁸ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการประเมินการเจริญเติบโตของกระดูกโครงสร้าง เพื่อให้สามารถบ่งชี้ถึงระดับพัฒนาการของร่างกายในแต่ละบุคคลได้ ซึ่งในทางทันตกรรมจัดฟันมักใช้การประเมินจากกระดูกมือในภาพรังสีมือ-ข้อมือ และกระดูกคอในภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้าง

การประเมินด้วยภาพรังสีมือ-ข้อมือ

Greulich และ Pyle⁹ ในปี 1959 ได้นำเสนอวิธีการประเมินอายุกระดูกจากภาพรังสีมือ-ข้อมือเป็นครั้งแรก โดยเปรียบเทียบลักษณะของภาพรังสีมือ-ข้อมือของผู้ป่วยกับภาพในหนังสือภาพ (atlas) ที่ได้จากการรวบรวมภาพและอายุเฉลี่ยของระยะต่างๆ ของพัฒนาการของกระดูกมือ-ข้อมือ ไว้เป็นค่ามาตรฐาน 30 ระยะ ตั้งแต่เกิดจนถึงผู้ใหญ่ ค่ามาตรฐานเหล่านี้เรียกว่า อายุกระดูก (skeletal age, bone age) การประเมินด้วยวิธีเปรียบเทียบค่ามาตรฐานนี้มีข้อเสียหลายประการได้แก่ ภาพรังสีมือ-ข้อมือของผู้ป่วยอาจไม่ตรงกับอายุกระดูกในหนังสือภาพพอดี อีกทั้ง Tanner และคณะ¹⁰ ได้ตั้งข้อสังเกตว่าเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นค่ามาตรฐานในหนังสือภาพนี้เป็นกลุ่มผู้มีฐานะดี จึงส่งผลให้มีพัฒนาการของร่างกายค่อนข้างเร็ว

Tanner และคณะ¹⁰ ในปี 1975 เสนอวิธีการประเมินอายุกระดูกวิธีใหม่ เรียกว่า Tanner-Whitehouse (TW2) method โดยพิจารณาที่พัฒนาการของกระดูกมือ - ข้อมือ ตั้งแต่เกิดจนถึงผู้ใหญ่ 20 ตำแหน่ง โดยแบ่งออกเป็น 9 ระยะใช้อักษรกำกับตั้งแต่ A ถึง I และมีการให้คะแนนเป็นตัวเลขสำหรับการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ ของชิ้นกระดูกแต่ละชิ้น แล้วนำคะแนนมารวมกัน ในเด็กเล็กๆ จะมีคะแนนรวมน้อย

ส่วนในผู้ใหญ่ที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะได้คะแนนเต็ม 100 คะแนน การประเมินวิธีนี้จะแบ่งย่อยออกเป็น 3 หมวด กล่าวคือ หมวดแรกจะพิจารณาเฉพาะกระดูกฝ่ามือ หมวดที่สองหรือ RUS จะพิจารณา กระดูกเรเดียส (radius), อัลนา (ulna) และกระดูกบริเวณนิ้วมือ (short bones of the digits) หมวดนี้จะเป็นที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด ส่วนหมวดที่สาม ได้แก่ การพิจารณากระดูกสองหมวดไว้ด้วยกัน เมื่อได้คะแนนรวมของแต่ละคนออกมาแล้ว จึงนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอายุกระดูกที่ทำเป็นค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ไทล์ไว้ ทำให้สามารถระบุได้ว่าแต่ละคนมีอายุกระดูกเท่าไร และมีตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่เท่าไร วิธีนี้เป็นการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเหมือนอย่างวิธีแรก แต่มีข้อดีคือ การให้คะแนนเป็นผลรวมของตัวเลข ทำให้การประเมินอายุกระดูกมีความแม่นยำมากขึ้น

ต่อมา Hägg และ Taranger¹¹ (1980) ได้นำวิธี TW2 มาประยุกต์ใช้ในการบ่งชี้ระยะต่างๆ ของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ โดยมีตำแหน่งที่ใช้ในการพิจารณา 4 ตำแหน่งคือ กระดูกแอตดักเตอร์ เซซามอยด์ (adductor sesamoid, S) ข้อต่อกลางนิ้วกลาง (middle phalange of the third finger, MP3) ข้อต่อปลายนิ้วกลาง (distal phalange of the third finger, DP3) และกระดูกเรเดียส (radius, R) ซึ่งรายละเอียดของการพิจารณากระดูกแต่ละส่วนมีดังนี้

การพิจารณาที่กระดูกแอตดักเตอร์ เซซามอยด์(S)

เมื่อเริ่มปรากฏกระดูกเซซามอยด์ เรียกว่า ระยะ S หมายถึงร่างกายอยู่ในช่วงที่อัตราเร็วของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์กำลังเพิ่มขึ้น

การพิจารณาที่ข้อต่อกลางนิ้วกลาง(MP3)

1. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิส (epiphysis) กว้างเท่ากับไดอะไฟซิส (diaphysis) เรียกว่า ระยะ MP3-F หมายถึงร่างกายยังไม่เข้าสู่ภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์

2. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเริ่มมีขอบเป็นเหลี่ยม เรียกว่า ระยะ MP3-FG หมายถึงร่างกายอยู่ในภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์โดยที่อัตราเร็วของการเจริญกำลังเพิ่มขึ้น

3. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเป็นรูปหมวก คือมีขอบมนขึ้นไปเพื่อที่จะหุ้มไดอะไฟซิส เรียกว่า ระยะ MP3-G หมายถึงร่างกายมีอัตราเร็วของการเจริญสูงสุดพอดี หรือเพิ่งผ่านไป

4. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเริ่มเชื่อมกับไดอะไฟซิส เรียกว่า **ระยะ MP3-H** หมายถึง ร่างกายยังอยู่ในภาวะการเจริญรวดเร็ว สู้วัยเริ่มเจริญพันธุ์ แต่อัตราเร็วในการเจริญเติบโตค่อย ๆ ลดลง

5. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิสได้อย่าง **สมบูรณ์** เรียกว่า **ระยะ MP3-I** หมายถึง ร่างกายเจริญมาถึงจุดสิ้นสุดของภาวะการเจริญรวดเร็ว สู้วัยเริ่มเจริญพันธุ์พอดี หรือ เพิ่งผ่านไป

การพิจารณาที่ข้อต่อปลายนิ้วกลาง (DP3)

เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิส ได้อย่างสมบูรณ์ เรียกว่า **ระยะ DP3-I** หมายถึง ร่างกายเจริญผ่านจุดที่มีอัตราเร็วสูงสุดมาแล้ว

การพิจารณาที่กระดูกเรเดียส (R)

1. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเริ่มเชื่อมกับไดอะไฟซิส เรียกว่า **ระยะ R-I** หมายถึง ร่างกายเจริญมาถึงจุดสิ้นสุดของภาวะการเจริญรวดเร็ว สู้วัยเริ่มเจริญพันธุ์พอดี หรือ เพิ่งผ่านไป

2. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิส เกือบ **สมบูรณ์** เหลือเป็นช่องว่างเล็กๆ บริเวณผิวด้านนอก เรียกว่า **ระยะ R-IJ** หมายถึง ร่างกายอยู่ในจุดเริ่มระยะหลังภาวะการเจริญรวดเร็ว สู้วัยเริ่มเจริญพันธุ์

3. เมื่อแผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิสได้อย่าง **สมบูรณ์** เรียกว่า **ระยะ R-J** หมายถึง ร่างกายมีการเจริญเติบโต เสริมสมบูรณ์

ในปี 1982 Fishman⁵ ได้เสนอการใช้ตัวบ่งชี้การเจริญเติบโตในช่วงเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ เรียกว่า **Skeletal Maturity Indicators (SMI)** โดยมีจุดสังเกตจากภาพรังสีมือ-ข้อมือ 6 ตำแหน่ง คือ กระดูกเซซามอยด์ ข้อต่อส่วนต้น (proximal) ส่วนกลาง (middle) และส่วนปลาย (distal) ของนิ้วกลาง ข้อต่อกลางของนิ้วก้อย และ กระดูกเรเดียส ซึ่งจากหกตำแหน่ง

นี้สามารถแสดงถึงตัวบ่งชี้ของการเจริญเติบโตได้ทั้งหมด 11 ขั้น โดยเรียงลำดับตามพัฒนาการของกระดูกมือ-ข้อมือ ดังต่อไปนี้ (รูปที่ 2)

SMI 1 ความกว้างของแผ่นเอพิไฟซิสเท่ากับไดอะไฟซิส ที่ข้อต่อส่วนต้นนิ้วกลาง (PP3)

SMI 2 ความกว้างของแผ่นเอพิไฟซิสเท่ากับไดอะไฟซิส ที่ข้อต่อกลางนิ้วกลาง (MP3)

SMI 3 ความกว้างของแผ่นเอพิไฟซิสเท่ากับไดอะไฟซิส ที่ข้อต่อกลางนิ้วก้อย (MP5)

SMI 4 กระดูกแอตดักเทอร์ เซซามอยด์เริ่มปรากฏ

SMI 5 แผ่นเอพิไฟซิสมีขอบงุ้มขึ้นไปเป็นรูปหมวก ที่ข้อต่อปลายนิ้วกลาง (DP3)

SMI 6 แผ่นเอพิไฟซิสมีขอบงุ้มขึ้นไปเป็นรูปหมวก ที่ข้อต่อกลางนิ้วกลาง

SMI 7 แผ่นเอพิไฟซิสมีขอบงุ้มขึ้นไปเป็นรูปหมวก ที่ข้อต่อกลางนิ้วก้อย

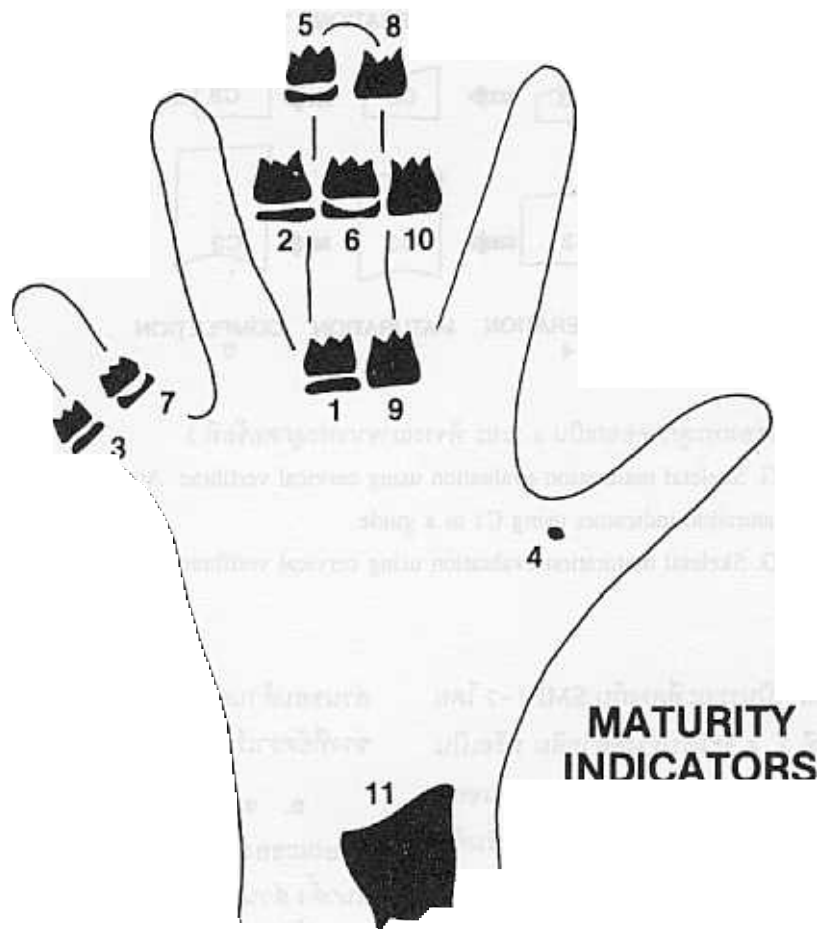
SMI 8 แผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิสอย่างสมบูรณ์ ที่ข้อต่อปลายนิ้วกลาง

SMI 9 แผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิสอย่างสมบูรณ์ ที่ข้อต่อส่วนต้นนิ้วกลาง

SMI 10 แผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิสอย่างสมบูรณ์ ที่ข้อต่อกลางนิ้วกลาง

SMI 11 แผ่นเอพิไฟซิสเชื่อมกับไดอะไฟซิสอย่างสมบูรณ์ ที่กระดูกเรเดียส

SMI 4 ตรงกับระยะที่อัตราเร็วของภาวะการเจริญรวดเร็ว สู้วัยเริ่มเจริญพันธุ์กำลังเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะที่มีอัตราเร็วของการเจริญเติบโตมากที่สุดตรงกับ SMI 5-6 ในเพศหญิง และ SMI 6-7 ในเพศชาย



รูปที่ 2 แสดงลักษณะทางรังสีของ SMI 11 ชิ้น

จาก Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: A clinically oriented method based on hand-wrist films. Angle Orthod. 1982;52:92.

Fig. 2 Radiographic identification of eleven skeletal maturity indicators (SMI)

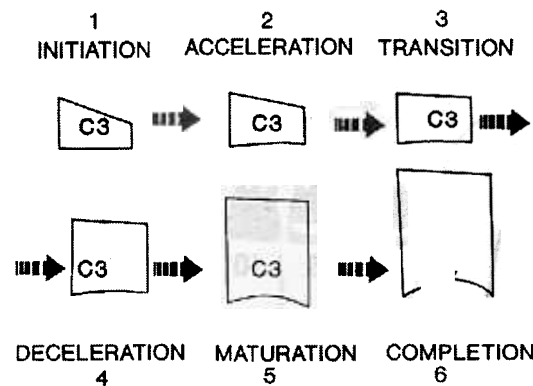
From: Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: A clinically oriented method based on hand-wrist films. Angle Orthod. 1982;52:92.

การประเมินด้วยภาพรังสีกระดูกสันหลังด้านข้าง

วิธีนี้สามารถประเมินการเจริญเติบโตได้จากภาพรังสีกระดูกสันหลังด้านข้าง ซึ่งใช้วินิจฉัยและวางแผนการรักษาเป็นประจำอยู่แล้วในงานทันตกรรมจัดฟัน โดยไม่มีความจำเป็นต้องถ่ายภาพรังสีมือ-ข้อมือเพิ่มเติม ทำให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และลดการรับปริมาณรังสี โดยไม่มีความจำเป็น^{12,13}

ในปี 1995 Hassel และ Farman¹² ได้เสนอวิธีการประเมินระยะการเจริญเติบโตด้วยกระดูกคอ จากภาพรังสีกระดูกสันหลังด้านข้าง เรียกว่า Cervical Vertebrae Maturation Indices (CVMI) โดยพิจารณาจากกระดูกคอข้อที่ 2, 3 และ 4

การประเมินรูปร่างของกระดูกคอ สามารถพิจารณาได้จาก 3 ปัจจัย คือ ความเว้าของขอบล่าง ความสูง และรูปร่าง กล่าวคือเมื่อร่างกายเจริญเติบโตมากขึ้น ความเว้าของขอบล่างจะเว้ามากขึ้นเรื่อยๆ โดยเริ่มจากข้อที่ 2 ลงไป ความสูงจะเพิ่มมากขึ้น และรูปร่างจะค่อยๆ เปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน สี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวตั้ง ตามลำดับ จึงได้มีการจัดแบ่งรูปร่างของกระดูกคอข้อที่ 2, 3 และ 4 ออกเป็น 6 ระยะ โดยลำดับตาม SMI จากการศึกษาของ Fishman⁵ ซึ่ง Hassel และ Farman² ได้สรุปไว้ดังนี้ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงการแบ่งพัฒนาการของกระดูกคอออกเป็น 6 ระยะ พิจารณาจากกระดูกคอข้อที่ 3

จาก Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. Am J Orthod Dentofac Orthop 1995;107:60.

Fig. 3 Cervical vertebrae maturation indicators using C3 as a guide.

From: Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. Am J Orthod Dentofac Orthop 1995;107:60.

1. **ระยะ initiation** เป็นระยะที่ตรงกับ SMI 1-2 โดยลักษณะของกระดูกคอข้อที่ 3, 4 จะมีรูปร่างคล้ายลิ้น หรือเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ที่มีมุมบนด้านหลังเป็นมุมแหลม ส่วนขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3, 4 จะเรียบตรง ระยะนี้เป็นระยะเริ่มต้นของภาวะการเจริญรุดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์

2. **ระยะ acceleration** เป็นระยะที่ตรงกับ SMI 3-4 โดยลักษณะของกระดูกคอข้อที่ 3, 4 ยังคงมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู แต่มุมบนด้านหลังจะเป็นมุมแหลมน้อยลง ทำให้ดูใกล้เคียงกับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามากขึ้น ส่วนขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3 จะเริ่มมีความเว้า แต่ ข้อที่ 4 จะยังเรียบตรง ระยะนี้ตรงกับช่วงที่มีการเร่งอัตราเร็วของการเจริญเติบโต

3. **ระยะ transition** เป็นระยะที่ตรงกับ SMI 5-6 โดยลักษณะของกระดูกคอข้อที่ 3, 4 มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3 จะเว้าอย่างชัดเจน แต่ข้อที่ 4 เพิ่งเริ่มเว้า ระยะนี้จะใกล้เคียงกับจุดสูงสุดของอัตราเร็วการเจริญเติบโต

4. **ระยะ deceleration** เป็นระยะที่ตรงกับ SMI 7-8 โดยลักษณะของกระดูกคอข้อที่ 3, 4 มีรูปร่างเกือบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ส่วนขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3, 4 จะเว้าอย่างชัดเจน ระยะนี้อยู่ในช่วงที่อัตราเร็วของการเจริญเติบโตลดลง

5. **ระยะ maturation** เป็นระยะที่ตรงกับ SMI 9-10 โดยลักษณะของกระดูกคอข้อที่ 3, 4 มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือเริ่มมีความสูงเพิ่มขึ้นเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าในแนวตั้ง

ส่วนขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3, 4 จะเว้ามากขึ้น ระยะนี้อยู่ในช่วงที่อัตราเร็วของการเจริญเติบโตลดลง จนเกือบจะสิ้นสุดแล้ว

6. **ระยะ completion** เป็นระยะที่ตรงกับ SMI 11 โดยลักษณะของกระดูกคอข้อที่ 3, 4 มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าในแนวตั้ง ส่วนขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3, 4 จะเว้าลึกมากขึ้นอีก ระยะนี้ถือว่าสิ้นสุดภาวะการเจริญรุดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์

Kucukkeles¹⁴ (1999) พบว่าการแบ่งระยะต่างๆ ของภาวะการเจริญรุดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ด้วย CVMI จะมีความสอดคล้องกับการใช้ SMI มากในช่วงก่อนและหลังที่มีอัตราเร็วของการเจริญเติบโตสูงสุด นั่นคือ ระยะ CVMI กับ SMI ตรงกันตามการศึกษาของ Hassel และ Farman¹² แต่ในระยะที่มีอัตราเร็วสูงสุด การใช้ CVMI และ SMI อาจจะไม่ตรงกันบ้าง ดังนั้น การใช้ CVMI ในการแบ่งระยะของการเจริญเติบโตจะต้องมีความระมัดระวังในช่วงที่กำลังมีอัตราเร็วสูงสุด ซึ่งอาจต้องมีการใช้ตัวบ่งชี้อื่นๆ ประกอบการตัดสินใจด้วย

การแบ่งกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว กับกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้า

เนื่องจากการเจริญเติบโตมีความผันแปรได้มาก และเป็นที่น่าสังเกตว่าเด็กบางคนมีการเจริญเต็มที่เร็วกว่าคนอื่น ๆ ที่มีอายุปฏิบัติเท่ากัน ส่วนบางคนช้ามาก แต่ท้ายที่สุดแล้วเมื่อเป็นผู้ใหญ่คนเหล่านี้ก็อาจมีส่วนสูงไม่แตกต่างกัน หรือบางครั้งคนที่เริ่มภาวะการเจริญรุดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ก่อนกลับมี

ส่วนสูงในวัยผู้ใหญ่ผู้น้อยกว่า แสดงว่ามีความผันแปรได้ทั้งในด้านเวลา และอัตราเร็วของการเพิ่มส่วนสูงในแต่ละคน¹⁵ ดังนั้นจึงมีผู้แบ่งกลุ่มการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันดังนี้

Hägg⁸ ใช้อายุปฏิทินเฉลี่ยที่มีอัตราเร็วในการเจริญสูงสุดเป็นเกณฑ์ กล่าวคือในเพศชายอายุเฉลี่ยที่มีการเจริญสูงสุดที่อายุ 14 ปี ส่วนเพศหญิงที่อายุ 12 ปี ถ้ารายใดมีอายุขณะเจริญสูงสุดอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย ± 1 ปี (ชาย 13-15 ปี, หญิง 11-13 ปี) ถือว่าอยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็วปานกลาง คนที่อายุต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนี้ถือว่าอยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว ส่วนถ้ามีการเจริญสูงสุดที่อายุมากกว่าค่าเฉลี่ยนี้ ถือว่าอยู่กลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้า การแบ่งกลุ่มของ Tanner และ Davies¹⁶ ใช้อายุปฏิทินที่ร่างกายมีอัตราเร็วในการเจริญสูงสุด ณ เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50 เป็นเกณฑ์ คนที่มีอัตราเร็วสูงสุดที่อายุน้อยกว่า 2SD จะอยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว แต่ถ้ามากกว่า 2SD จะอยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้า ส่วนการแบ่งกลุ่มของ Fishman¹⁷ มาจากการศึกษาจากภาพรังสีมือ-ข้อมือนับจำนวน 4000 ภาพซึ่งแบ่งเป็นระยะต่าง ๆ ตาม SMI 11 ขึ้นนำข้อมูลมาเขียนกราฟระหว่างค่าเฉลี่ยอายุปฏิทินกับ SMI โดยกำหนดให้ข้อมูลที่มีอายุปฏิทินน้อยกว่า 1SD ในแต่ละ SMI อยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว และกลุ่มที่มีอายุปฏิทินมากกว่า 1SD เป็นกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้า

กลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว กับ กลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้า มีรูปแบบการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ดังนี้

1. **อัตราเร็วในการเจริญเติบโต** ในช่วงภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ กลุ่มเจริญเต็มที่เร็วมีอัตราเร็วในการเจริญเติบโตมากกว่ากลุ่มเจริญเต็มที่ช้าโดยตลอด^{8,15}

2. **ปริมาณการเจริญเติบโต** จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ พบว่ากลุ่มเจริญเต็มที่เร็วมีส่วนสูงเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มเจริญเต็มที่ช้า ความแตกต่างนี้อาจมากถึง 7 ซม. ในเพศหญิง และ 4.5 ซม. ในเพศชาย⁸

3. **เวลาที่เกิดพัฒนาการของกระดูกในแต่ละขั้น** การประเมินระยะของการเจริญเติบโตของร่างกายจากการพิจารณากระดูกมือ-ข้อมือนั้น เป็นการประเมินโดยทั่วไป ไม่ได้มีการแบ่งกลุ่มการเจริญเติบโต แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยนี้ร่วมด้วยแล้ว พบว่าในระยะการเจริญเติบโตของร่างกายเท่า ๆ กัน สองกลุ่มนี้ไม่ได้มีพัฒนาการของกระดูกมือ-ข้อมือนี้อีกเท่ากัน

กล่าวคือ กลุ่มเจริญเต็มที่ช้าจะมีพัฒนาการของกระดูกมือ-ข้อมือนี้นานกว่ากลุ่มเจริญเต็มที่เร็ว ณ ระยะการเจริญเติบโตเดียวกัน เช่น ในเพศหญิง ที่ระยะ PHV พบว่ากลุ่มเจริญเต็มที่เร็วมีพัฒนาการของกระดูกมือ-ข้อมืออยู่ที่ระยะ MP3-FG แต่ในกลุ่มเจริญเต็มที่ช้าจะอยู่ที่ระยะ MP3-G⁸ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า พัฒนาการของกระดูกมือ-ข้อมือไม่ได้แปรผันตามส่วนสูงที่เพิ่มขึ้นเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีปัจจัยของเวลาตามปฏิทินเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

4. **เวลาที่ใช้ในภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์** กลุ่มเจริญเต็มที่ช้าใช้เวลาจาก SMI 1 ถึง SMI 11 นานกว่ากลุ่มเจริญเต็มที่เร็วทั้ง 2 เพศ ซึ่งความแตกต่างนี้เห็นได้ชัดในเพศหญิง และถ้าเปรียบเทียบกลุ่มเจริญเต็มที่เร็วปานกลางกับเจริญเต็มที่ช้าของทั้ง 2 เพศ พบว่าเพศชายใช้เวลา SMI 1 ถึง SMI 11 น้อยกว่าเพศหญิง¹⁷

ถึงแม้ว่ากลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็วปานกลางของเพศชายและหญิงมีระยะเวลาสำหรับภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ใกล้เคียงกันก็ตาม^{11,17} แต่สาเหตุที่เพศชายมีปริมาณการเจริญเติบโตทั้งหมดในวัยหนุ่มสาวมากกว่าเพศหญิงเนื่องจากในช่วงตอนต้นกับตอนกลางของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ (SMI 1-4 และ SMI 4-7) ซึ่งมีอัตราเร็วของการเจริญเติบโตสูง เพศชายจะใช้เวลานานกว่าเพศหญิง ส่วนเพศหญิงจะไปใช้เวลานานกว่าเพศชายในช่วงตอนปลายของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ (SMI 7-11)¹⁷ และระยะหลังภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์แทน^{2,11} Hägg¹¹ กล่าวว่า ช่วงที่ภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์กำลังจะสิ้นสุด เพศหญิงจะใช้เวลานานกว่าเพศชาย เขาตั้งสมมติฐานว่าอาจมีสาเหตุมาจากเพศชายมีการหลั่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน เพิ่มขึ้นในช่วงระยะหลังของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ทำให้มีการเจริญเติบโตในช่วงนี้เร็วกว่าเพศหญิง ส่วนในเพศหญิงจะมีการหลั่งฮอร์โมนเอสโตรเจนมากในช่วงแรก จึงทำให้เพศหญิงใช้เวลาในช่วงนี้สั้นกว่า และอีกเหตุผลหนึ่งคือ เพศชายจะเริ่มภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ช้ากว่าเพศหญิง จึงทำให้ขณะเริ่มเร่งการเจริญเติบโต เพศชายมักมีส่วนสูงมากกว่า^{15,17}

อย่างไรก็ตาม การแบ่งกลุ่มการเจริญเติบโตอย่างที่กล่าวมานี้ มีข้อควรระวังในการพิจารณา เพราะบางรายอาจมีการเปลี่ยนกลุ่มได้เมื่อเวลาผ่านไป เช่น คนที่อยู่ในกลุ่มเจริญเต็มที่

เร็วอาจเปลี่ยนมาอยู่ในกลุ่มเจริญเต็มที่ปานกลางหรือช้าได้ในระยะต่อมา เพราะ การแบ่งกลุ่มนี้ใช้เกณฑ์การแบ่งที่ค่าเฉลี่ยของประชากร แต่การเจริญเติบโตของแต่ละบุคคลเป็นสิ่งที่มีความผันแปรมาก¹⁷

ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของใบหน้าและร่างกาย

ในการรักษาผู้ป่วยทางทันตกรรมจัดฟัน มีความจำเป็นที่จะต้องทราบระยะการเจริญเติบโตของใบหน้าเพื่อตัดสินใจวางแผนการรักษา จึงมักเกิดคำถามว่า จะมีการเพิ่มขนาดของใบหน้าขึ้นอีกเท่าไร จะมีการเร่งอัตราเร็วขณะเจริญเติบโตในช่วงเข้าวัยหนุ่มสาวเช่นเดียวกับร่างกายหรือไม่ ถ้ามี จะทำให้นขนาดของใบหน้าเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด และการเปลี่ยนแปลงในแต่ละส่วนของใบหน้ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่¹⁸

เมื่อนำการเจริญเติบโตของขากรรไกรบนและล่างมาเทียบกับส่วนอื่นของร่างกายในส่วนโค้งของสแคมมอน (Scammon's curves)¹⁵ พบว่าขากรรไกรล่างมีการเจริญเติบโตคล้ายกับร่างกายมากกว่าขากรรไกรบน กล่าวคือในขากรรไกรล่างแสดงลักษณะของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ด้วย ถึงแม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็นำมาพิจารณาด้วย ส่วนขากรรไกรบนมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นช้า ๆ ไม่แสดงลักษณะของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ และเจริญเต็มที่ก่อนขากรรไกรล่าง โดยสังเกตได้จากขากรรไกรบนมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดขณะโตเต็มที่มากกว่าขากรรไกรล่างโดยตลอด⁵ ดังนั้นเมื่อถึงช่วงหนุ่มสาว จึงมีการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างหลงเหลืออยู่มากกว่าขากรรไกรบน¹⁵

Bambha¹⁹ (1961) อธิบายว่ารูปแบบการเจริญเติบโตของส่วนกะโหลกศีรษะ (cranium) จะมีลักษณะคล้ายกับการเจริญเติบโตของระบบประสาท (neural type) ในส่วนของฐานกะโหลก (cranial base) และ นาโซแมกซิลลารีคอมเพล็กซ์ (nasomaxillary complex) จะมีลักษณะผสมกันระหว่างรูปแบบการเจริญของระบบประสาทกับร่างกาย (general type) ส่วนขากรรไกรล่างจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกับร่างกายมากกว่า

ถึงแม้ว่าการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างโดยทั่วไปจะมีความคล้ายคลึงกับการเจริญเติบโตของร่างกาย แต่พบว่าในบางรายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเพศหญิงมีภาวะการเร่งอัตราเร็วในวัยเด็ก (juvenile acceleration) เกิดขึ้น 1-2 ปีก่อนเริ่ม

ภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ซึ่งเหตุการณ์นี้อธิบายได้ว่า ในช่วงอายุ 6 ปี อาจมีการหลั่งฮอร์โมนไดไฮโดรอีพิแอนโดรสเตอโรน (dihydroepiandrosterone, DHEA) ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนแอนโดรเจน ออกมาจากต่อมหมวกไต เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า "adrenarche" ทำให้ในช่วงนี้ขากรรไกรล่างมีอัตราเร็วในการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีลักษณะประหนึ่งเป็นภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์¹⁵ ภาวะการเร่งอัตราเร็วในวัยเด็กของเพศหญิง อาจทำให้ขากรรไกรล่างมีการเจริญเติบโตในช่วงนี้มากกว่าระยะภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ได้ แต่ถ้าเพศชายเกิดภาวะการเร่งอัตราเร็วในวัยเด็ก พบว่าจะมีความรุนแรงน้อยกว่าภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์เสมอ¹⁵

ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างกับร่างกาย

ในการประเมินระยะการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างมักจะประเมินจากการเปรียบเทียบกับภาวะการเปลี่ยนแปลงของร่างกายที่เกิดขึ้น ได้แก่ ส่วนสูงของร่างกาย ลักษณะทางเพศ ทุติยภูมิ พัฒนาการของกระดูกมือ และพัฒนาการของกระดูกคอ²⁰ การศึกษาของ Bishara¹⁸ (1981) , Moore²¹ (1990) และ Mitani²⁰ (1992) สนับสนุนแนวคิดที่ว่า ลักษณะการเจริญเติบโตของแต่ละบุคคลมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวและมีความผันแปรมาก ถึงแม้ว่าการเพิ่มส่วนสูงของร่างกายจะมีความสัมพันธ์กับพัฒนาการของกระดูกมือ และพัฒนาการของกระดูกคอมาก^{21,22} แต่พบว่า การเจริญของกะโหลกศีรษะและขากรรไกรล่างมีรูปแบบของตัวเองไม่มีความสัมพันธ์กับอวัยวะอื่น^{18, 20, 21}

การศึกษาที่ระบุว่าขากรรไกรล่างมีภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ได้แก่ การศึกษาของ Bambha¹⁹ (1961) และ Hunter³ (1966) ที่พบว่าขากรรไกรล่างเกิดภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ที่สอดคล้องกับส่วนสูงของร่างกาย โดยเพศหญิงจะมีภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ของขากรรไกรล่างก่อนเพศชาย แต่เพศชายจะมีอัตราเร็วและปริมาณมากกว่า ส่วนเวลาที่เกิดภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ของขากรรไกรล่างนั้น Hunter³ พบว่าใกล้เคียงกับส่วนสูง แต่ Bambha¹⁹ และ Fishman⁵ (1982) พบว่าจะเกิดหลังจากส่วนสูงเริ่มเร่งอัตราเร็วไปแล้วเล็กน้อย นอกจากนี้การเจริญเติบโตของใบหน้าจะยังมียอดไปได้อีกเล็กน้อยหลังจากที่

ร่างกายโตเต็มที่แล้ว โดยเฉพาะในเพศชาย^{17,19} ส่วนการศึกษาของ Lewis และคณะ²³ (1982) พบว่าคนส่วนใหญ่จะเกิดภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ของขากรรไกรล่างแต่ก็ไม่เสมอไป และพบว่าเพศชายจะมีโอกาสเกิดมากกว่าเพศหญิง อีกทั้งยังมีอัตราเร็วและปริมาณมากกว่า เพศหญิงจะมีอัตราเร็วในการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างสูงสุดในเวลาใกล้เคียงกับร่างกายมีอัตราเร็วการเจริญเติบโตถึงจุดสูงสุด แต่เพศชายจะมีอัตราเร็วในการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างสูงสุด หลังจากร่างกายผ่านอัตราเร็วของการเจริญเติบโตสูงสุดไปแล้วประมาณ 1 ปี

ลักษณะการเจริญเติบโตของส่วนต่างๆ ของใบหน้า ในบางคนจะมีการเพิ่มขนาดอย่างรวดเร็ว แต่บางคนก็มีการเจริญในลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไป เพิ่มขนาดอย่างช้าๆ จนไม่แสดงลักษณะที่เรียกว่าเป็นภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ได้²¹ ส่วนบางการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตของกระดูกใบหน้าไม่สัมพันธ์กับร่างกาย อาจเป็นเพราะการวัดค่าต่างๆ ของกระดูกใบหน้าบางค่าไม่มีความแม่นยำ (valid) เพียงพอ เนื่องมาจากกระดูกใบหน้าที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของร่างกายมากที่สุด คือขากรรไกรล่าง โดยเฉพาะบริเวณคาง โดยที่เพศหญิงอาจมีความผันแปรได้มากกว่าเพศชาย⁶

Tofani²⁴ (1972) พบว่าการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างของเพศหญิงในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็วจะมีอัตราเร็วสูงที่สุดมากกว่ากลุ่มที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ช้า สอดคล้องกับรูปแบบของความสูงของร่างกาย^{6,16} นอกจากนี้กลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็วมักจะมีรูปแบบการเจริญเติบโตที่น่าพอใจ (favorable growth pattern) มากกว่ากลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่ช้าอีกด้วย⁶

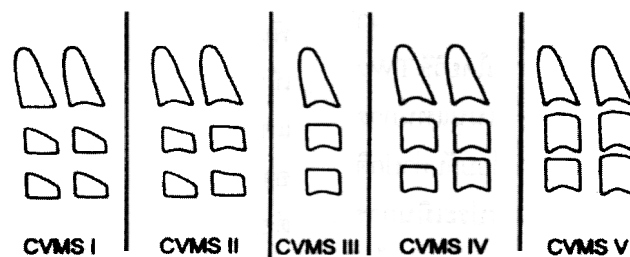
ความแตกต่างของการเจริญเติบโตของใบหน้าระหว่างกลุ่มเจริญเต็มที่เร็ว และช้า

จากการศึกษาของ Silveira²⁵ (1992) พบว่าในช่วงตอนปลายของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ (SMI 8-11) กลุ่มเจริญเต็มที่ช้ามีการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างทั้งในแนวหน้า-หลัง และในแนวดิ่ง มากกว่ากลุ่มเจริญเต็มที่เร็วปานกลางกับเจริญเต็มที่เร็ว สำหรับขากรรไกรบนก็พบว่ามีลักษณะอย่างเดียวกัน จากข้อมูลการศึกษาข้างต้น สามารถนำมาใช้ทางคลินิกได้²⁵ เช่น การรักษาผู้ป่วยที่มีการเจริญเต็มที่ช้าจะต้องอยู่ในระยะคงสภาพภายหลังการรักษาค่อนข้างนาน โดยเฉพาะถ้ามีการรักษาด้วยวิธีปรับแต่งการเจริญเติบโตของขากรรไกรในวัยเด็ก หรือในการพิจารณาทำการจัดฟันร่วมกับผ่าตัดในผู้ใหญ่ ก็อาจเริ่มการรักษาได้เร็วขึ้นในผู้ป่วยที่อยู่ในกลุ่มที่มีการเจริญเต็มที่เร็ว เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการของกระดูกคอกับการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง

O'Reilley และ Yanniello¹³ (1988) พบว่าความยาวขากรรไกรล่างทั้งในแนวดิ่งและแนวหน้า-หลังจะมีอัตราเร็วในการเจริญเติบโตสูงสุด อยู่ในช่วงระหว่าง CVMI ระยะที่ 3 กับ 4 ซึ่งใกล้เคียงกับการเจริญเติบโตของร่างกายที่ประเมินด้วยวิธีของ Hassel & Farman¹²

Baccetti, Franchi และ McNamara²⁶ (2002) ได้เสนอวิธีประเมินการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่างจากกระดูกคอเรียกว่า Cervical Vertebral Maturation Stages (CVMS) ซึ่งแบ่งระยะพัฒนาการของกระดูกคอเป็น 5 ระยะ ดังนี้ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 แสดงพัฒนาการของกระดูกคอ 5 ระยะ ที่ใช้ในการประเมินการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง

จาก Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved version of the cervical vertebrae maturation (CVM) for the assessment of mandibular growth. Angle Orthod. 2002;72:322.

Fig. 4 5 cervical vertebrae maturation stages (CVMS) indicate mandibular maturity.

From: Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved version of the cervical vertebrae maturation (CVM) for the assessment of mandibular growth. Angle Orthod 2002;72:322.

1. CVMS I: ขอบด้านล่างของข้อที่ 2 เรียบหรือเริ่มงอเล็กน้อย ส่วนขอบล่างข้อที่ 3, 4 ยังเรียบอยู่ รูปร่างของข้อที่ 3, 4 เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ระยะนี้แสดงว่า อีกมากกว่า 1 ปี จะถึงการเจริญเติบโตสูงสุดของขากรรไกรล่าง
2. CVMS II: ขอบด้านล่างของข้อที่ 2 และ 3 มีความงอ รูปร่างของข้อที่ 3, 4 เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู หรือ สี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน ระยะนี้แสดงว่าอีกภายใน 1 ปี จะถึงการเจริญเติบโตสูงสุดของขากรรไกรล่าง
3. CVMS III: ขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3 และ 4 มีความงอ รูปร่างของข้อที่ 3, 4 เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน ระยะนี้แสดงว่าผ่านการเจริญเติบโตสูงสุดของขากรรไกรล่างมาแล้วภายใน 1-2 ปี
4. CVMS IV: ขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3 และ 4 มีความงอ รูปร่างของข้อที่ 3, 4 เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะนี้แสดงว่าผ่านการเจริญเติบโตสูงสุดของขากรรไกรล่างมาแล้วไม่เกิน 1 ปี
5. CVMS V: ขอบด้านล่างของข้อที่ 2, 3 และ 4 มีความงอ รูปร่างของข้อที่ 3, 4 เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน ระยะนี้แสดงว่าผ่านการเจริญเติบโตสูงสุดของขากรรไกรล่างมาแล้วไม่เกิน 2 ปี

บทวิจารณ์และบทสรุป

การประเมินการเจริญเติบโตด้วยภาพรังสีสามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อด้อยแตกต่างกัน วิธีของ Greulich และ Pyle เป็นวิธีแรกที่มีการคิดค้นขึ้น แต่ปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้วเนื่องจากภาพรังสีมือ-ข้อมือของผู้ป่วยอาจจะไม่ตรงกับในหนังสือภาพ และมีผู้ตั้งข้อสังเกตว่ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาอ้างอิงมีการเจริญเต็มที่ค่อนข้างเร็ว¹⁰ การประเมินโดยวิธี TW2 ที่เสนอโดย Tanner และคณะ¹⁰ ใช้การให้คะแนนแทนการเทียบเคียงภาพ แต่เนื่องจากยังต้องนำคะแนนมาเทียบกับค่าปกติเพื่อนำมาคำนวณเป็นอายุกระดูก จึงทำให้การประเมินการเจริญเติบโตยังต้องอ้างอิงกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มหนึ่งอยู่ ไม่สามารถประเมินเป็นรายบุคคลได้ ต่อมา Hägg และ Taranger¹¹ (1980) ได้นำเอาหลักการของวิธี TW2 มาประยุกต์ใช้ในการประเมินการเจริญเติบโตเฉพาะในช่วงวัยเริ่มเจริญพันธุ์ โดยเลือกมาเฉพาะตัวอักษร F ถึง J ทำให้ง่ายต่อการประเมินมากขึ้นเพราะไม่ต้องมีการคิดคะแนนเพื่อเทียบกับค่าปกติ และ

สามารถบ่งบอกถึงระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตได้อย่างชัดเจน โดยไม่ต้องมีการเทียบเป็นอายุกระดูกอีกต่อไป ในปี 1982 Fishman⁵ ได้คิดค้นวิธีประเมินวิธีใหม่ขึ้นโดยใช้ SMI 11 ระยะเพื่อบ่งชี้ระยะต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตในช่วงวัยเริ่มเจริญพันธุ์ วิธีนี้มีหลักการคล้ายกับของ Hägg และ Taranger แต่เปลี่ยนตัวอักษร 5 ตัว มาใช้เป็นตัวเลข 1 ถึง 11 แทน จึงทำให้ประเมินได้ละเอียดมากขึ้น สำหรับการศึกษากการเจริญเติบโตที่ใช้การประเมินระบบ SMI สามารถแบ่งช่วงวัยเริ่มเจริญพันธุ์ออกเป็น 3 ช่วงได้คือ ตอนต้น (SMI 1-4) ตอนกลาง (SMI 4-7) และตอนปลาย (SMI 7-11) การประเมินด้วยวิธีนี้จึงเอื้อประโยชน์ให้กับการวิจัยในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างให้มีความชัดเจนได้มากขึ้น

ในระยะหลังมานี้ได้มีการใช้กระดูกคอจากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างในการประเมินการเจริญเติบโต Hassel และ Farman¹² (1995) ได้เสนอการใช้ CVMI ในการบ่งชี้ระยะการเจริญเติบโตของร่างกาย ส่วน Baccetti, Franchi และ McNamara²⁶ (2002) ได้เสนอการใช้ CVMS ในการบ่งชี้การเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง ทั้งสองวิธีนี้มีข้อดีประการสำคัญคือสามารถประเมินจากภาพรังสีกะโหลกศีรษะด้านข้างซึ่งจำเป็นต้องใช้อยู่แล้วในงานทันตกรรมจัดฟัน โดยไม่ต้องถ่ายภาพรังสีมือ-ข้อมือเพิ่มเติม จึงช่วยลดปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับ ประหยัดเวลา ทรัพยากรและค่าใช้จ่าย^{7,22,26} แต่มีข้อควรระวังคือ การประเมิน ในช่วงที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด อาจทำได้ได้ไม่แม่นยำนัก จึงต้องอาศัยการประเมินจากภาพรังสีมือ-ข้อมือด้วย¹⁴

ในขณะที่ร่างกายมีภาวะการเจริญรุดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ขากรรไกรล่างมีการเจริญอย่างรวดเร็วด้วยหรือไม่นั้น ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ เนื่องจากการเจริญของขากรรไกรล่างในแต่ละปีมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับร่างกาย จนในบางคนไม่อาจแสดงให้เห็นเป็นลักษณะการเจริญอย่างรวดเร็วได้ และเสี่ยงต่อการวัดขนาดผิดพลาดได้มาก นอกจากนี้ยังพบว่าในเพศหญิงมักเกิดมีภาวะการเร่งอัตราเร็วในวัยเด็กของขากรรไกรล่าง ที่อาจมีอัตราเร็วและปริมาณในการเจริญมากกว่าในวัยเริ่มเจริญพันธุ์ ทำให้ในเพศหญิงไม่ค่อยพบการเร่งอัตราเร็วในวัยเริ่มเจริญพันธุ์ของขากรรไกรล่างมากนัก ส่วนในเพศชาย มักพบว่าการเร่งการเจริญของขากรรไกรล่างในช่วงวัยเจริญพันธุ์ แต่จะมีอัตราเร็วสูงสุดหลังจากร่างกายประมาณ 1 ปี

การแบ่งกลุ่มการเจริญเติบโตออกเป็นเจริญเต็มที่เร็วหรือช้า นั้นเป็นสิ่งที่มิประโยชน์มาก เพราะทั้งสองกลุ่มนี้มีรูปแบบของการเจริญเติบโตในวัยเริ่มเจริญพันธุ์แตกต่างกัน กล่าวคือ กลุ่มเจริญเต็มที่เร็วมีอัตราเร็วและปริมาณของการเจริญเติบโตมากกว่า แต่มีพัฒนาการของกระดูกน้อยกว่าที่ระยะการเจริญเติบโตเท่าๆ กัน นอกจากนี้ยังใช้เวลาในการเจริญเติบโตเพื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์น้อยกว่ากลุ่มเจริญเต็มที่ช้า ดังนั้นเมื่อทันตแพทย์พิจารณา ภาพรังสีว่ามีพัฒนาการของกระดูกไปถึงขั้นใดแล้ว ยังควรคำนึงด้วยว่าผู้ป่วยอยู่ในกลุ่มการเจริญเติบโตแบบใด จึงจะสามารถ บ่งชี้ระยะการเจริญเติบโตได้อย่างแม่นยำ สามารถรู้ได้ว่าผู้ป่วยจะมีอัตราเร็ว และปริมาณการเจริญเติบโตเป็นอย่างไร และเหลือเวลาอีกมากน้อยเพียงใดที่จะหมดภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์

การใช้เครื่องมือปรับแต่งการเจริญเติบโตของขากรรไกร เช่น เฮดเกียร์ (headgear) หรือ เครื่องมือจัดฟันชนิดฟังก์ชันนอล (functional appliance) ควรจะต้องใช้ให้ถูกจังหวะเวลา นั่นคือ ควรเริ่มการรักษาด้วยเครื่องมือประเภทนี้ ในช่วงเริ่มต้นของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ หรือช่วงที่มีการเร่งของอัตราการเจริญเติบโต⁷ เพื่อให้ครอบคลุมช่วงที่มีอัตราเร็วของการเจริญเติบโตสูงสุด เป็นผลให้การรักษามีประสิทธิภาพ และผู้ป่วยได้รับประโยชน์จากเครื่องมืออย่างเต็มที่ ในส่วนของความเชื่อที่ว่า เพศชายใช้เวลาทั้งหมดของภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์นานกว่าเพศหญิงนั้น ดูเหมือนจะไม่เป็นความจริง เพราะจากการศึกษาพบว่าในช่วง SMI 1 ถึง SMI 11 ใช้เวลาใกล้เคียงกัน แต่การที่เพศชายมีปริมาณการเจริญเติบโตมากกว่า เกิดจากเพศชายเริ่ม SMI 1 ที่อายุปฏิทินมากกว่า และมีช่วงที่เป็นอัตราเร่งนานกว่า ส่วนในเพศหญิงจะไปใช้เวลานานในช่วงตอนปลาย และหลังจากนั้น¹⁷ นอกจากนี้การประมาณว่าเพศหญิงเริ่มภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ที่อายุประมาณ 10 ปี ถึงจุดสูงสุดประมาณอายุ 12 ปี และสิ้นสุดที่ประมาณ 14 ปี นั้น เป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้เสมอไป เพราะค่าดังกล่าวเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วมีคนจำนวนมากที่ไม่ได้มีรูปแบบดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในเพศหญิงบางรายที่มีภาวะการเร่งอัตราเร็วในวัยเด็ก ก่อนที่จะมีภาวะการเจริญรวดเร็วสู่วัยเริ่มเจริญพันธุ์ ทำให้การใช้เครื่องมือทันตกรรมจัดฟันเพื่อปรับแต่งการเจริญเติบโตในระยะที่ฟันแท้อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร

เนื่องจากการเจริญเติบโตของขากรรไกรล่าง ส่วนใหญ่อาจหมดไปก่อนหน้าแล้ว¹⁵

เอกสารอ้างอิง

1. Marshall WA, Tanner JM. Puberty. In: Tanner JM, ed. Human Growth. New York: Plenum Press; 1986. Cited in: Cederquist R: General body growth and development. In: Enlow DH, ed. Facial Growth. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1990:413.
2. Taranger J, Hägg U. The timing and duration of adolescent growth. Acta Odontol Scand 1980;38:57-67.
3. Hunter CJ. The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. Angle Orthod 1966;36:44-53.
4. Largo RH, Gasser T, Prader A, Stuetzle W, Huber PJ. Analysis of the adolescent growth spurt using smoothing spline function. Ann Hum Biol 1978;5:421-34. Cited in: Taranger J, Hägg U. The timing and duration of adolescent growth. Acta Odontol Scand 1980;38: 65.
5. Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation: A clinically oriented method based on hand-wrist films. Angle Orthod 1982;52:88-112.
6. Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. Angle Orthod 1979;49:181-89.
7. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. Am J Orthod Dentofac Orthop 2000;118:335-40.
8. Hägg U, Taranger J. Pubertal growth and maturity pattern in early and late maturers. Swed Dent J 1992;16:199-209.
9. Greulich WW, Pyle SI. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. Stanford: Stanford University Press, 1959. Cited in: Cederquist R. General body growth and development. In: Enlow DH, ed. Facial Growth. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1990:418.
10. Tanner JM, Whitehouse RH, Marshall WA, Healy M, Goldstein H. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method). London: Academic Press; 1975. Cited in: Cederquist R. General body growth and development. In: Enlow DH, ed. Facial Growth. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1990:419.
11. Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. Acta Odontol Scand 1980;38:187-200.
12. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. Am J Orthod Dentofac Orthop 1995;107: 58-66.

13. O'Reilley MT, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae. *Angle Orthod* 1988;58: 179-84.
14. Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebral and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent* 1999;24:47-52.
15. Proffit WR. Concepts of growth and development. In: *Contemporary Orthodontics*. 3rd ed. St. Louis: Mosby, 2000: 95-8.
16. Tanner JM, Davies PS. Clinical longitudinal standards for height and height velocity for north american children. *J Pediatr* 1985;107:317-29. Cited in: Cederquist R. General body growth and development. In: Enlow DH, ed. *Facial Growth*. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1990:413.
17. Fishman LS. Maturational patterns and prediction during adolescence. *Angle Orthod* 1987;57:178-93.
18. Bishara SE, Jamison JE, Peterson LC, DeKock WH. Longitudinal changes in standing height and mandibular parameters between the ages of 8 and 17 years. *Am J Orthod* 1981;80: 115-35.
19. Bambha JK. Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face and cranium in relation to body height. *J Am Dent Assoc* 1961;63:776-99.
20. Mitani H, Sato K. Comparison of mandibular growth with other variables during puberty. *Angle Orthod* 1992;62:217-22.
21. Moore RN, Moyer BA, DuBois LM. Skeletal maturation and craniofacial growth. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1990;98: 33-40.
22. Roman PS, Palma JC, Oteo D, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod* 2002;24:303-11.
23. Lewis AB, Roche AF, Wagner B. Growth of the mandible during pubescence. *Angle Orthod* 1982;52:325-42.
24. Tofani MI. Mandibular growth at puberty. *Am J Orthod* 1972;62:176-95.
25. Silveira AM, Fishman LS, Subtelny D, Kassebaum DK. Facial growth during adolescence in early, average and late maturers. *Angle Orthod* 1992;62:185-90.
26. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA. An improved version of the cervical vertebrae maturation (CVM) for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod* 2002;72:316-23.

Radiographic evaluation of the pubertal growth spurt

Duangkamon Attavivan D.D.S.¹

Niramol Chamnannidiadha D.D.S, Dr. med. dent., Diplomate, Thai Board of Orthodontics²

¹ Graduate student, Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

² Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry, Chulalongkorn University

Abstract

The purpose of this article is to consolidate studies on assessment of general and facial growth evaluation during pubertal spurt period, particularly from hand-wrist radiographs and cervical vertebrae in lateral cephalograms. Differences between early and late maturers have been clarified as well as the relationship of general growth and facial growth.

(CU Dent J 2003;26: 229-41)

Keywords: *cervical vertebrae; growth, hand-wrist radiograph; pubertal spurt*
