

## ชีวกลศาสตร์ของกระดูกสันหลัง (Biomechanics of the spine)

รศ.นพ.ทวีชัย เดชะพงศ์วรชัย\*\*\*  
ภาควิชาออร์โธปิดิกส์  
คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย

### ชีวกลศาสตร์ของกระดูกคอ (Biomechanics of the cervical spine)

การเรียนรู้ชีวกลศาสตร์ของกระดูกคอมีความสำคัญต่อความเข้าใจในสภาวะต่างๆ ของกระดูกคอทั้งในสภาพปกติและมีพยาธิสภาพ โดยเฉพาะการเคลื่อนไหวในแต่ละปล้องของกระดูก เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการรักษาที่เหมาะสม

กระดูกคอเป็นช่วงของกระดูกสันหลังที่เคลื่อนไหวได้มากที่สุด โดยกระดูกคอปล้องที่ 1 และ 2 (C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>) จะเคลื่อนไหวได้เป็นเอกเทศ แต่สำหรับปล้องที่ 3 ถึง 7 (C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub>) จะมีการเคลื่อนไหวที่เป็นไปในลักษณะผูกพันเชื่อมโยงกัน คือ จะเคลื่อนที่ไปด้วยกันในทิศทางต่างๆ แต่องศาการเคลื่อนไหวในแต่ละปล้องจะไม่เท่ากัน เนื่องจากรูปร่างลักษณะของ articular process และ intervertebral disc ของกระดูกคอ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งกระดูกคอกออกเป็น 2 ส่วน คือ Occipitoatlantoaxial complex และ Lower cervical spine (C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub>)

### Occipitoatlanto axial complex

ข้อต่อระหว่างท้ายทอย (occiput) และกระดูกคอปล้องที่ 1 เป็นรูปเว้าโค้งรี เหมือนถ้วย (cup-shaped) ทำให้การเคลื่อนไหวในลักษณะบิดหมุน (rotation) เป็นไปได้ยาก การเคลื่อนไหวส่วนใหญ่ทำได้เพียงก้มและเงยศีรษะ (flexion/extension) เท่านั้น การเคลื่อนไหวในลักษณะของการเอียงศีรษะไปทางด้านข้าง (lateral bending) อาจเกิดขึ้นได้เล็กน้อย

ข้อต่อระหว่าง (C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>) superior facet ของ C<sub>2</sub> เป็นรูปนูน (convex) แต่ inferior facet ของ C<sub>1</sub> ที่มาสัมผัสด้วยเป็นรูปแบน (flat) ดังนั้นการเคลื่อนไหวของข้อต่อนี้เวลาก้มหรือเงยคอ (flexion/extension) จึงเป็นไปในลักษณะเลื่อนขึ้นลง (rolling) สำหรับการเอียงศีรษะไปทางด้านข้าง (lateral bending) เชื่อว่าไม่มี แต่จะมี lateral gliding หรือ lateral shift ของ facet joints เล็กน้อย ซึ่งในทำนองนี้ odontoid process เบนออกไปจากแนวกลางและผิวข้อจะเสียดกันประมาณ 2-4 มม. ทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่ามีการเคลื่อนหลุด (subluxation) ของข้อต่อนี้ การเคลื่อนไหวไปในแนวบิดหมุน (rotation) เกิดขึ้นมากที่สุดที่ข้อต่อนี้ เวลาหันศีรษะไปทางด้านข้างหรือขวาเต็มที่ จะหมุนไปได้ 90 องศา โดยร้อยละ 40-50 จะเกิดขึ้นที่ข้อต่อนี้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 50-60 จะเกิดขึ้นที่ (C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub>) ในขณะที่ C<sub>1</sub> หมุนตัวไปบน C<sub>2</sub> นั้น วงแหวนที่ประกอบเป็น vertebral foramen ของ C<sub>1</sub> จะเคลื่อนไปทางด้านข้างทำให้ spinal canal ตรงระดับ (C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>) แคบลง

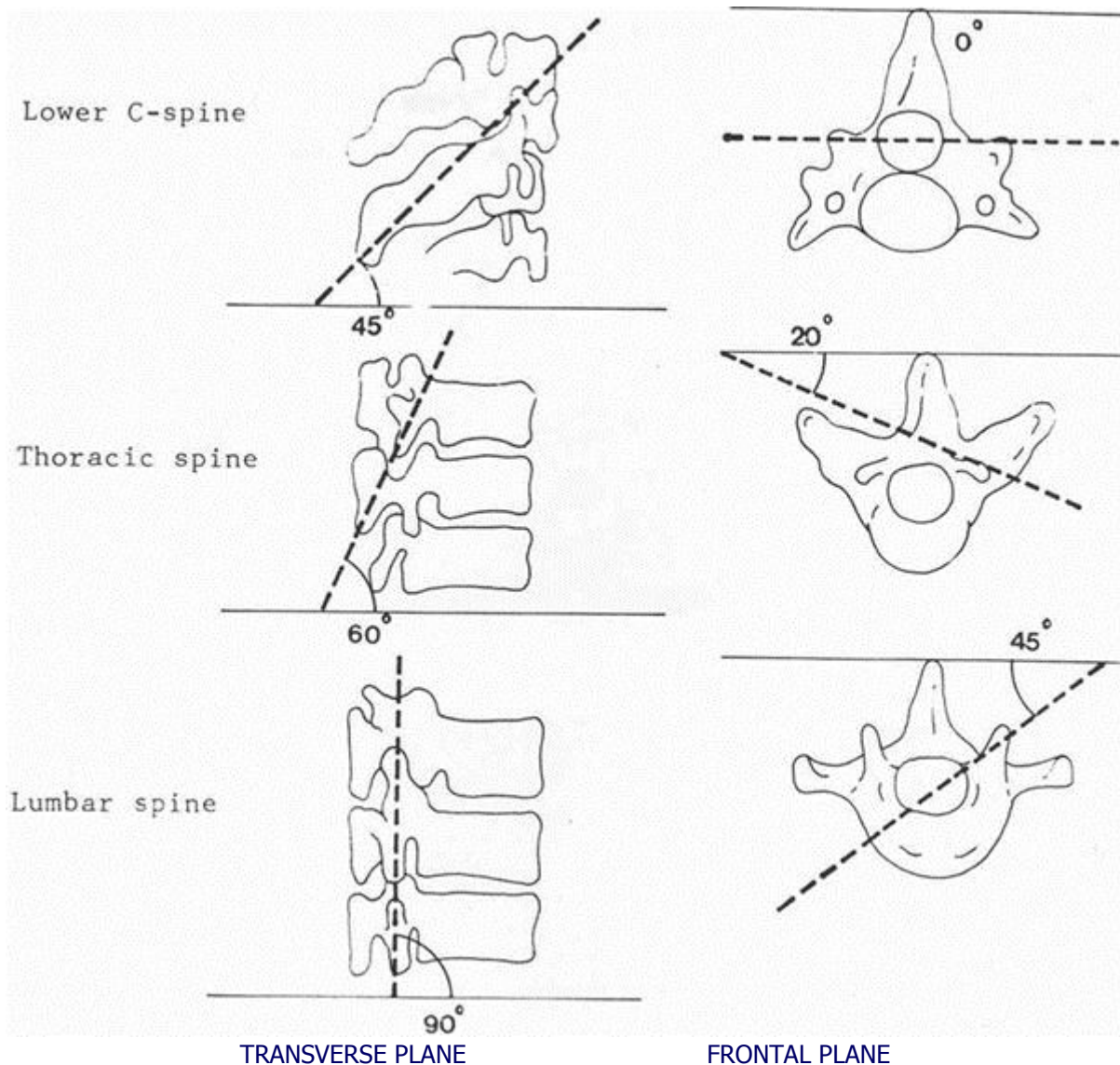
### Lower cervical spine (C<sub>3</sub>-C<sub>7</sub>)

ดูเหมือนว่าความยาวของคอจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเวลาก้มหรือเงย ศีรษะ คือ เวลา ก้มศีรษะ (flexion) คอจะยาวออกไปและเมื่อเงยศีรษะคอจะหดสั้นลง แต่ความจริงนั้นไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของกระดูกคอเลย เพียงแต่มีการเปลี่ยนแปลงในความโค้งของกระดูกคอเท่านั้น จึงทำให้ระยะทางระหว่างศีรษะและกระดูกคอสั้นเข้ามาหรือห่างออกไป การเคลื่อนไหวของกระดูกคอในช่วงนี้จะเคลื่อนไปในแนว flexion, extension, lateral bending และ rotation ในเด็กกระดูกคอในแต่ละปล้องจะเคลื่อนไหวได้มากกว่าผู้ใหญ่

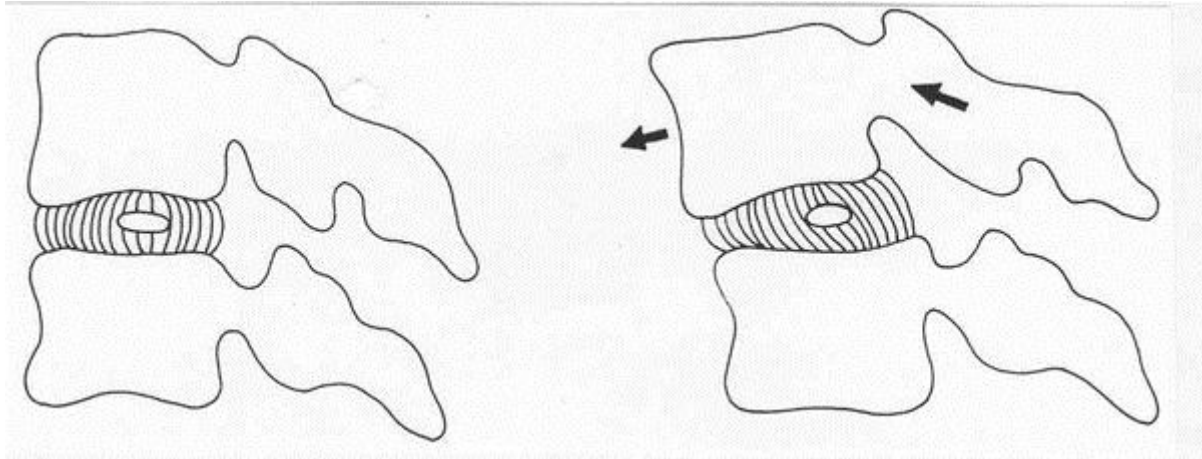
ความยืดหยุ่นของ intervertebral disc และรูปร่างของ facet joints เป็นตัวกำหนดในการบังคับการเคลื่อนไหวของกระดูกคอในช่วงนี้ เมื่อก้มศีรษะ (flexion) กระดูกปล้องบนจะเคลื่อนไปข้างหน้าเล็กน้อยและความหนาของ intervertebral disc ทางด้านหน้าจะลดลงแต่จะกว้างขึ้นทางด้านหลัง เมื่อเงยศีรษะ (extension) ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะตรงกันข้าม จากการศึกษาโดยใช้ cinerentgenography พบว่าการเลื่อนไถลของกระดูกคอไปข้างหน้า (sliding) จะเกิดมากที่สุดตรงปล้องบนๆ และจะลดน้อยลงไปในปล้องล่างๆ โดยเฉพาะใน

สองปล้องสุดท้ายจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

facet joints ของกระดูกคอขงนี้ จะเรียงตัวในแนวเอียงลาดในลักษณะที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของแต่ละปล้อง (vertebra) ไปทางข้างหน้าและข้างหลังได้ในขณะที่ก้มและเงยศีรษะ (flexion/extension) (รูป 1) เมื่อก้มศีรษะลง (flexion) superior facet จะเลื่อนไปข้างบนและข้างหน้า (รูป 2) ซึ่งบังคับให้ vertebra อันบนเอียงตัวและเลื่อนไกลไปบน vertebra อันล่างไปทางด้านหน้าในขนาดที่เท่าๆ กันกับการเลื่อนของ superior facet ผิวหน้าด้านล่างของ facet joints จะเอียงขึ้นบนและไปทางด้านหน้า ซึ่งการเคลื่อนไหวแบบนี้เป็นการเกิดร่วมกันระหว่างการเคลื่อนตัวไปรวมกับการบิดหมุนตัว (translation และ rotation) ขณะเดียวกัน spinous processes จะแยกห่างจากกัน joint space จะมีรูปเป็นลิ้นโดยมีฐานอยู่ทางด้านหลัง



รูปที่ 1 : ภาพแสดงแนวของ facet joint เปรียบเทียบกันในระดับต่าง ๆ กันของกระดูกสันหลัง



รูปที่ 2 : แสดงการยุบตัวของ intervertebral disc ในท่าก้มคอ (flexion)

ถ้าก้มศีรษะเต็มที่ facet joint จะอยู่ในตำแหน่งที่เกือบจะเกิด subluxation เมื่อเงยศีรษะขึ้น (extension) ก็จะทำให้เกิดลักษณะการเคลื่อนไหวที่ตรงกันข้าม

Intervertebral foramen จะกว้างออกในท่าก้มศีรษะ (flexion) แต่จะแคบลงในท่าเงยศีรษะ (extension) ในเด็ก facet joint จะอยู่ในแนว horizontal มากกว่าผู้ใหญ่จึงทำให้เกิดการเลื่อนไหลไปทางด้านหน้าได้มากกว่าผู้ใหญ่

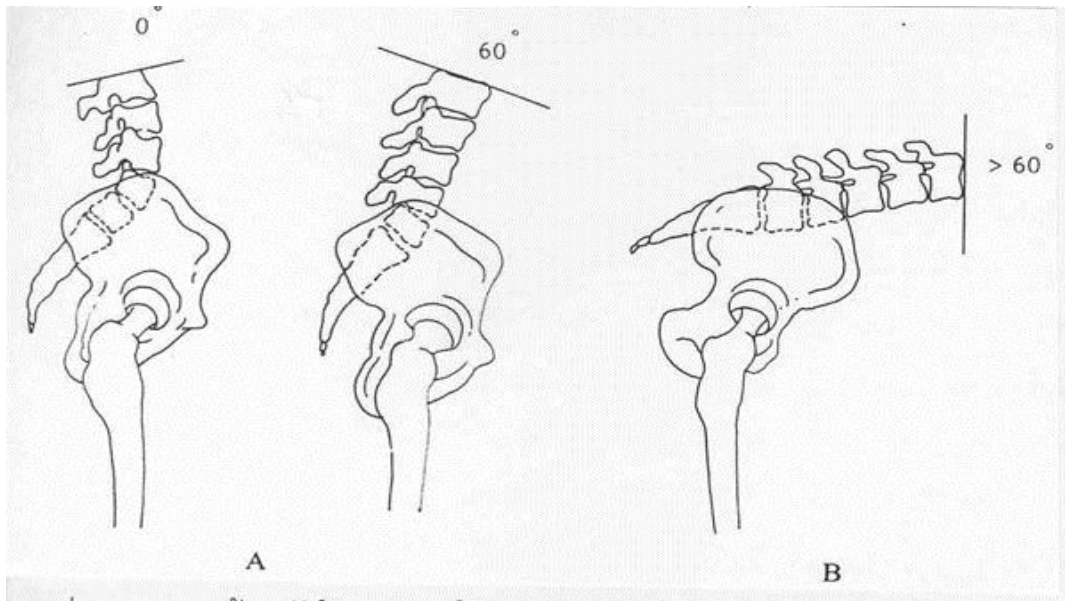
ในการเอียงศีรษะไปด้านข้าง (lateral bending) facet ทางด้านโค้งเข้าจะเข้ามาชิดกันในขณะที่ทางด้านโค้งออกจะแยกห่างออกจากกัน จะเกิดมีการเคลื่อนไหวในแนวบิดหมุน (rotation) ร่วมไปด้วยเสมอ การที่มีการบิดหมุน (rotation) ร่วมไปด้วย สังเกตได้เมื่อเอียงศีรษะไปทางด้านซ้าย spinous processes จะชี้ออกไปทางด้านขวาหรือถ้าเอียงศีรษะไปทางด้านขวา spinous processes จะชี้ออกไปทางด้านซ้าย การที่ spinous processes เบนหนี้ออกไปจากแนวกลางขณะที่เอียงศีรษะไปทางด้านข้าง (lateral bending) นี้ แสดงว่ามีการหมุนตัวของ vertebra เกิดขึ้นร่วมด้วย การเกิดการบิดหมุนตัว (rotation) นี้เพื่อจะให้ capsular ligament หย่อนตัวลงเพื่อจะให้ facet joint เอียงตัวไปทางด้านข้างได้ การเคลื่อนไหวร่วมกันทั้งสองทิศทางนี้เองทำให้อธิบายถึงการหลุดของ facet joint ได้ในกรณีที่ได้รับอุบัติเหตุ ซึ่ง facet joint จะหลุดเมื่อเกิดแรงจากภายนอกมากกระทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในทิศทางของการเอียงตัวพร้อมกับการบิดหมุนตัว (lateral bending และ axial rotation) ในขนาดที่มากกว่าการเคลื่อนไหวตามปกติของมัน โดย facet ข้างหนึ่งเคลื่อนลงล่างเกินไปขณะที่ facet ด้านตรงข้ามเคลื่อนขึ้นบนมากเกินไป จึงทำให้หลุดออกจากกัน

### ชีวกลศาสตร์ของกระดูกเอว (Biomechanics of the lumbar spine)

ขนาดของ lumbar spine จะใหญ่ทั้งในด้านความสูงและความกว้างมากกว่า thoracic และ cervical spine เนื่องจากทำหน้าที่รับน้ำหนักลำตัวมากกว่าส่วนอื่นๆ

การเคลื่อนไหวถูกบังคับไปตามแนวผิวของ facet joints ซึ่งอยู่ในแนวตั้งตรงตาม Sagittal plane การก้มหลังและเงยหลัง (flexion/extension) กระทำได้มากกว่าช่วง thoracic spine โดยจะมีการเคลื่อนไหวในแนวนี้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆจากปล้องบนลงล่างเพิ่มขึ้นจาก 12 องศาที่ปล้องบนๆ มาเป็น 20 องศาที่ระดับ L-S spine

เมื่อก้มหลังลงในช่วง 50-60 องศาแรกจะเกิดขึ้นที่ lower lumbar spine เมื่อก้มหลังลงไปเกิน 60 องศา กระดูกเชิงกรานจะหมุนเอียงไปข้างหน้า (รูป 3) เป็นการช่วยกระดูกสันหลังก้มหลังได้เพิ่มขึ้น ในท่าก้มหลังนี้ช่วง thoracic spine มีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นน้อยมากเนื่องจากลักษณะผิวหน้าของ facet joints อยู่ในแนวค่อนข้างลาดและ spinous process ชี้อลงเกือบอยู่ในแนวตั้งตรง ประกอบกับมีกระดูกซี่โครงมาเกาะช่วยกีดกันหรือบังคับการเคลื่อนไหวในท่า นี้ไว้



รูปที่ 3 : A. การก้มหลังในช่วง  $0^{\circ}$  ถึง  $60^{\circ}$  เกิดจากการงอของ lumbar spine  
 B. เมื่อก้มหลังมากกว่า  $60^{\circ}$  ส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่กระดูกเชิงกรานเอียงไปข้างหน้า

กล้ามเนื้อที่ทำงานเวลาก้มหลัง ได้แก่ abdominal muscles และ psoas muscle ช่วงที่เกาะอยู่ที่กระดูกสันหลัง สำหรับกล้ามเนื้อ erector spinal จะช่วยบังคับหรือยึดกระดูกสันหลังไว้ระหว่างที่ก้มหลังลง กล้ามเนื้อข้อสะโพกทางด้านหลังก็ช่วยยึดกระดูกเชิงกรานไว้ระหว่างที่หมุน เอียงไปข้างหน้าในขณะก้มหลัง

เมื่อเงยหลังขึ้นที่เดิมกล้ามเนื้อ erector spinal จะทำงานมากในช่วงต้นๆ ของการเงยหลัง จะทำงานน้อยลงเมื่อหลังอยู่ในท่าตรง และจะกลับทำงานมากขึ้นถ้าแ่นหลังออกไปอีก กล้ามเนื้อหน้าท้อง (abdominal muscles) ก็ทำงานด้วยโดยช่วยบังคับการเคลื่อนไหว

การเอียงตัวไปด้านข้าง (lateral flexion) กระทำได้น้อยกว่าระดับ thoracic spine เล็กน้อย เนื่องจากรูปร่างของ facet joints ดังกล่าวแล้ว และยิ่งปล้องต่ำๆ ลงมาจะได้น้อยกว่าปล้องบนๆ โดยปล้องบนๆ จะกระทำได้ประมาณ 6 องศา ที่ L-S joint กล้ามเนื้อหลังและกล้ามเนื้อหน้าท้องของแต่ละด้านจะทำงานสลับกันเวลาเอียง ตัวไปทางขวาหรือซ้าย

การบิดหมุนตัว (rotation) ที่ระดับ thoracic spine ช่วงบนๆ กระทำได้ประมาณ 9 องศา ลงมาถึง lumbar spine จะกระทำได้ประมาณ 2 องศา แต่พอมาถึง L-S spine จะเพิ่มขึ้นเป็น 5 องศา เวลาบิดหมุนตัว (rotation) มักจะเกิดรวมไปกับ lateral flexion เสมอ การเคลื่อนไหวรวมกันนี้จะเกิดมากที่ระดับ upper thoracic spine มากกว่า lumbar spine ที่ระดับ thoracic spine นั้น vertebral body จะหมุนตัวไปทางด้านเว้าเข้า (concavity) แต่ที่ lumbar spine ตัว vertebral body จะหมุนตัวไปทางโค้งออก (convexity) กล้ามเนื้อหน้าท้องและกล้ามเนื้อหลังจะร่วมกันทำงานทั้ง 2 ด้าน โดยจะทำงานพร้อมกันไป การบิดหมุนตัวของกระดูกเชิงกรานที่เกิดร่วมด้วยจะทำให้การบิดหมุนตัวของลำตัวเพิ่มขึ้นไปอีก

กระดูกช่วงระดับ lumbar spine นี้เป็นช่วงที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของร่างกายที่ผ่านลงมาเป็นส่วนใหญ่ กลุ่มอาการหรือโรคต่างๆ ที่ทำให้เกิดความเจ็บปวดมักจะเกิดขึ้นในส่วนนี้มาก จึงให้ความสนใจเป็นพิเศษ ถึงแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อกระดูกสันหลังในช่วงนี้ เพื่อประโยชน์ในการรักษาหรือป้องกันการเกิดโรคปวดหลังระดับนี้ ในทุกอริยาบถที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายจะมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของ แรงที่ผ่านกระดูกสันหลังในช่วงนี้เสมอ ซึ่งแรงที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะการเคลื่อนไหวของร่างกายมี ลักษณะอย่างไร และมากน้อยเพียงใด เช่น การยืน การเดิน วิ่ง ออกกำลังกาย เป็นต้น

ในทำยืนตรงตามสบายที่ไม่มีภาระกิจของกล้ามเนื้อนั้น น้ำหนักที่ตกลงบน L3 ซึ่งหา

ได้จากการวัดค่าแรงดันภายในหมอนรองกระดูกสันหลัง (intradiscal pressure) ที่ระดับนั้น มีค่าประมาณเกือบสองเท่าของน้ำหนักตัว เมื่อลำตัวเบี่ยงเบนไปจากแนวตรง จะเพิ่มคานหมุน (moment arm) ออกไปทำให้กล้ามเนื้อทำงานมากขึ้นเป็นผลทำให้เกิดแรงกดลงบน disc เพิ่มขึ้นด้วย ในท่านั่งแรงที่ผ่าน lumbar spine จะมากกว่าในท่ายืนตรง เนื่องจากเวลานั่งกระดูกเชิงกรานจะเอียงทางด้านหลังทำให้ lumbar lordosis ลดน้อยลงหรือกระดูกสันหลังระดับบั้นเอวดร่งขึ้น แนวแรงของน้ำหนักตัวจะตกลงมาทางด้านหน้าไกลกว่าในท่ายืนตรงทำให้คานงัด (lever arm) ยาวออกไป และเกิดแรงกดลงบน disc ที่ระดับ lumbar spine มากขึ้น การนั่งยืดหลังตรงๆ คานงัด (lever arm) ของแนวน้ำหนักตัวที่ผ่านลงมาจะสั้นกว่าการนั่งหลังห่อตามสบาย ดังนั้นแรงกดลงบน lumbar spine จึงน้อยกว่าถ้านั่งหลังยืดตรง

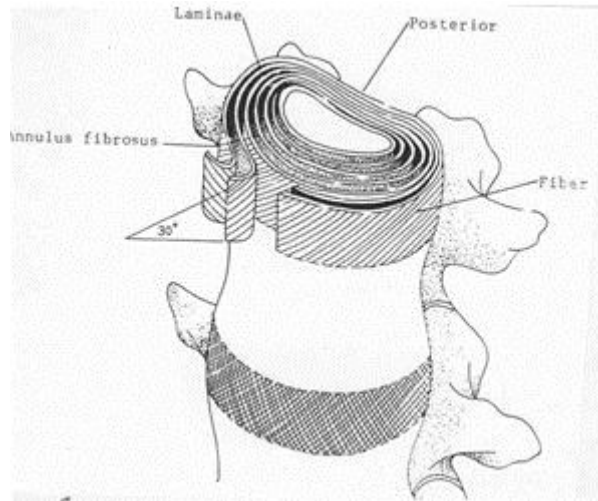
การนั่ง โดยมีพนักพิงรองรับหลังไว้จะช่วยลดน้ำหนักที่ผ่าน lumbar spine เพราะส่วนหนึ่งของน้ำหนักตัวถ่ายเทไปยังพนักที่รองรับหลังไว้ ดังนั้นถ้าต้องการให้น้ำหนักผ่านกระดูกสันหลังลดลงในท่านั่งก็ควรมีพนักพิงไว้

ในท่านอนนั้นน้ำหนักจะผ่าน lumbar spine น้อยที่สุดเนื่องจากไม่มีน้ำหนักตัวผ่านลงมา ในท่านอนหงายขาเหยียดตรง psoas muscle จะตึงตัว และเกิดแรงดึงต่อ lumbar spine บริเวณที่มันเกาะอยู่ทำให้เกิด lumbar lordosis ถ้าให้คนไข่ออข้อสะโพก และงอเข่าอย่างละ 90 องศา จะทำให้ psoas muscle หย่อน และแรงดึงต่อ lumbar spine ที่เกิดจากกล้ามเนื้อมัดนี้หมดไปทำให้ lumbar lordosis ลดลงรวมทั้งแรงที่ผ่าน lumbar spine ก็ลดลงน้ำหนักลงกว่าท่านอนขาเหยียดตรงด้วย ดังนั้นการทำ pelvic traction ในการรักษาโรคปวดหลังระดับบั้นเอว (lower back pain) ถ้าดึงในท่างอข้อสะโพกและงอเข่าแล้วจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการดึงในท่าข้อสะโพกและข้อเข่าเหยียดตรง หรือในรายที่คนไข้อมีอาการปวดหลังระดับบั้นเอวถ้าให้คนไข่นอนในท่างอข้อสะโพกและงอเข่าแล้วจะทำให้รู้สึกสบายขึ้น

### **ชีวกลศาสตร์ของหมอนรองกระดูกสันหลัง (Biomechanics of the intervertebral disc)**

intervertebral disc เป็นตัวยึดหรือเชื่อมโยงกระดูกสันหลังแต่ละปล้องอย่างเหนียวแน่นและเป็นตัวสำคัญในการรับน้ำหนัก ในขณะที่เดียวกันยอมให้เกิดการเคลื่อนไหวของ spinal column โดยตัวมันเองจะมีความยืดหยุ่น (flexible) และสามารถเปลี่ยนรูปร่างไปได้ตามลักษณะการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลังแต่ละปล้อง

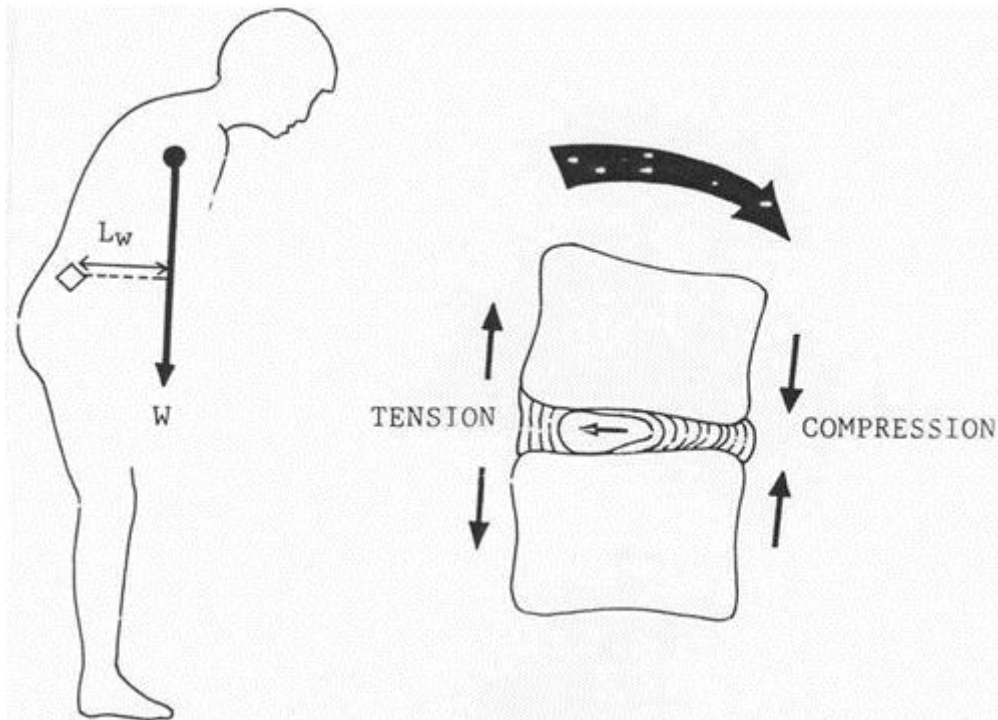
โครงสร้างของ intervertebral disc (รูป 4) ประกอบด้วย annulus fibrosus ซึ่งอยู่รอบนอกเป็น fibroid cartilage ประกอบด้วย collagen fibers ร้อยละ 90 เรียงตัวกันเฉียงๆ ประมาณ + 30 องศาจากแนวระนาบและซ้อนกันเป็นแผ่นๆ ไขว้ไปมาซึ่งกันและกัน (criss-cross pattern) โดยแต่ละชั้นยึดติดกันอย่างหลวมๆ การที่เรียงตัวกันไขว้ไปมาทำให้มีความแข็งแรงทนทานต่อแรงขณะก้มหลังหรือ เอี้ยวบิดตัวได้สูงตรงส่วนกลางเป็น nucleus pulposus ยกเว้นที่ระดับ lower lumbar spine ตัว nucleus pulposus จะอยู่ค่อนไปด้านหลังมีน้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ในปีแรกเกิดจะมีน้ำอยู่ถึงร้อยละ 90 และลดน้อยลงเรื่อยๆ เมื่ออายุมากขึ้น โดยจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 74 เมื่ออายุย่างเข้าวัย 80 ปี ในวัยหนุ่มสาว (ช่วงอายุน้อยกว่า 25-30 ปี) nucleus pulposus จะมีน้ำอยู่มากเพียงพอที่จะทำให้มีลักษณะเป็นก้อนวุ้น (gelatinous mass) ซึ่งสามารถกระจายแรงที่ผ่านออกไปรอบด้านอย่างสม่ำเสมอเท่าๆ กัน



รูปที่ 4 : ภาพแสดงถึง annulus fibrosus ซึ่งประกอบด้วย collagen sheets ยึดกันอยู่อย่างหลวม ๆ อาจจะมีควมหนาถึง 90 ชั้น

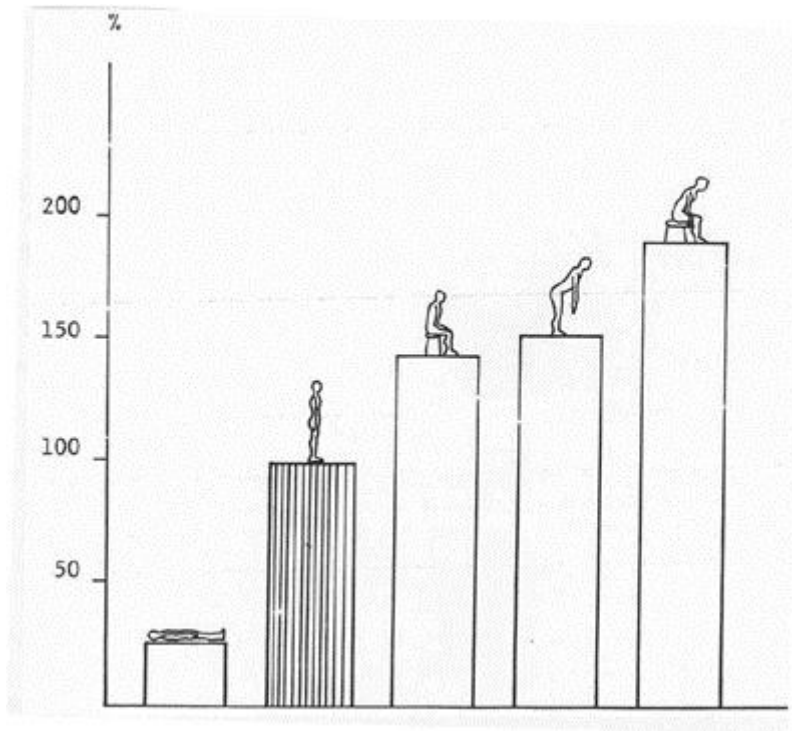
องค์ประกอบที่เป็นน้ำใน nucleus pulposus นี้อยู่ในรูปของ mucopolysaccharides โดยสามารถเคลื่อนเข้าและออกจาก intervertebral disc ได้ตามภาวะของการกดหรือแรงที่ผ่าน intervertebral disc (osmotic force) โดยน้ำจะซึมผ่าน cartilage endplates และ annulus fibrosus ซึ่งทำหน้าที่เสมือน semipermeable membrane สาร glucose จะซึมผ่าน cartilaginous endplate เป็นส่วนใหญ่ ส่วน sulfate ions จะผ่านทาง annulus fibrosus เมื่อคนอายุมากขึ้นจะมีการเสื่อมของ end plate และ annulus fibrosus ทำให้การซึมผ่านของสารเหล่านี้ไม่ดี และการได้รับสารอาหารของ nucleus pulposus จะลดลง ทำให้แรงผลักดันภายในบริเวณส่วนกลาง cartilaginous endplate ลดลง ทำให้น้ำหนักไปกระจายอยู่รอบนอกๆ ของ intervertebral disc เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะเกิดแรงในลักษณะ compression ที่ annulus fibrosus

Intervertebral disc จะปรับสภาพและรูปร่างไปตามลักษณะแรงต่างๆ กันที่ผ่าน คือ เมื่อมีแรง axial compression ทำให้ intervertebral disc space แคบลงและ annular fiber จะโป่งยื่นออก (รูป 5) intradiscal pressure เพิ่มขึ้นเป็นผลทำให้ tensile force เกิดขึ้นที่ annular fiber เพิ่มขึ้นด้วย



รูปที่ 5 : ในท่าก้มหลังลงจะเกิดแรงบิดหมุน (bending moment) กระทำต่อ lumbar spine อันเกิดจากน้ำหนักตัวที่อยู่เหนือขึ้นไป (W) โดยมี lever arm ( $L_w$ ) ตั้งแต่จุดกึ่งกลางของ lumbar spine ถึงแนวร่น้ำหนักตัวที่ตกลงตามแนวตั้งทำให้เกิดแรงกดไปบนหมอนรองกระดูกสันหลัง และหมอนรองกระดูกสันหลังโป่งยื่นออกไปทางด้านหน้าที่ถูกกด (compression) และจะถูกยืดออกทางด้านหลัง (tension)

แรง flexion-extension ทำให้ nucleus pulposus เคลื่อนไปข้างหลังและข้างหน้าตามลำดับในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนของ cartilaginous endplate กระบวนการนี้จะช่วยกระจายหรือลดแรงที่เกิดขึ้นได้ แรง axial rotation ทำให้ annular fibers ด้านที่บิดหมุนดึงและยืดออก ส่วนด้านตรงข้ามจะหย่อนและยื่นเข้าหากัน ความสูงของ intervertebral disc จะลดลงและ intradiscal pressure จะเพิ่มขึ้น stress concentration จะเกิดขึ้นมากที่สุดที่ขอบทาง postero-lateral ของ annulus fibrous ซึ่งเป็นตำแหน่งที่พบว่ามี disc herniation บ่อยที่สุด Nachemson และ Elfstrom ได้วัด intradiscal pressure โดยตรงโดยใช้เข็มแทงไปใน nucleus pulposus พบว่า intradiscal pressure นั้นเปลี่ยนแปลงไปตามอิริยาบถต่างๆ กันดังแสดงตาม ( รูป 6)



รูปที่ 6 : ภาพแสดงถึงน้ำหนักตัวที่ผ่าน L3 disc ในอิริยาบถต่างๆ กัน เปรียบเทียบกับท่ายืนตรงซึ่งมีน้ำหนักตัวผ่าน L3 disc เท่ากับ 100% ของน้ำหนักตัว (จากงานของ Nachemson)

เมื่อน้ำหนักกดลงบน intervertebral disc จะทำให้น้ำถูกบีบออกจาก nucleus pulposus ดังนั้นทำให้ความสูงของ intervertebral disc ลดลง เมื่อเอาแรงหรือน้ำหนักออกจะทำให้น้ำถูกดูดกลับดังเดิม จึงทำให้ความสูงเพิ่มขึ้นดังเดิม ดังนั้นความสูงของคนถ้าวัดตอนตื่นนอนใหม่ๆ เปรียบเทียบกับตอนเย็นๆ หลังจากทำงานมาทั้งวันจะไม่เท่ากันคือความสูงจะลดลง ซึ่งอัตรา การลดลงของความสูงของ intervertebral disc ที่มีแรงอย่างนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น

### เอกสารอ้างอิง

1. Jackson H. The diagnosis of minimal atlanto-axila subluxation. J British of Radio 1950; XXIII : 672-4.
2. Fielding JW. Cineroentgenography of the normal cervical spine. J Bone Joint Surg 1957; 39A; 1280-8.
3. Augustus A, White TH, et al. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. Clin Orthop 1975; 109: 85-96.
4. Augustus A, White III, Manohar MP, et al. Spinal stability : evaluation and treatment. Spine 457-83.
5. Rollin M Johnson, John W Wolf, Jr. Stability. The Cervical Spine. J B Lipponcott. East Washington Square, Philadelphia, Pennsylvania 1983: 35-53.
6. Schmorl G, Junghanns H. Die gesunde und die kranke Wirbe Rsaule in Rontgermoild und Klinik 5. Stuttgart, Autl Thieme, 1968.



7. Adams MA, Hutton WC. Prolapsed intervertebral disk. A hyperflexion injury. Spine 1982; 7: 184-91.
  8. Wilder DG, Woodworth BB, Frymoyer JW, et al. Vibration and the human spine. Spine 1987; 12: 243-54.
  9. Nachemson AL, Elfstrom G. Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs : A study of common movements, maneuvers and exercise. Scan J Rehabil Med Suppl 1970; 2:1-40.
  10. Kelsey JL. An epidemiological study of acute herniated lumbar intervertebral disc. Rheum and Rehabil 1975; 14: 144-59.
  11. Anderson GBJ, Ortengren R. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. II studies on an office chair. Scand J Rehabil Med 1974; 6: 115-21.
  12. Kelsey JL, Hardy RJ. Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. Am J Epidemiol 1975; 102: 63-73.
  13. Christ W, Dupuis H. Über die Beanspruchung der Wirbelsäule unter dem Einfluss sinusförmiger und stochastischer Schwingungen. Int Z Angew Physiol Arbeitsphysiol 1966; 22: 258-78.
-