บทความวิชาการ

ความสูงที่หายไป

Height loss

พงศธร ช้ายกลาง[1,2], รุ้งทิพย์ พันธุเมธากุล[2]*, มานิดา สว่างเนตร[2,3], อรวรรณ บุราณรักษ์[2], วัณทนา ศิริธราธิวัตร[2], สุวลี นามวงษา[1,2], วันทนีย์ โยชน์ชัยสาร[2,4]

Pongsatorn Saiklang[1,2], Rungthip Puntumetakul[2]*, Manida Swangnetr[2,3], Orawan Buranruk[2], Wantana Siritaratiwat[2], Suwalee Namwongsa[1,2], Wantanee Yodchaisarn[2,4]

[1]ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2]ศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3]สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4]สำนักวิชาสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

[1]Doctor of Philosophy Program in Human Movement Sciences, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

[2]Research Center in Back, Neck, Other Joint Pain and Human Performance (BNOJPH), Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University

[3]Department of Production Technology, Faculty of Technology, Khon Kaen University

[4]School of Allied Health Sciences, Walailak University

บทคัดย่อ

ความสูงที่หายไป (height loss) เป็นผลจากการทำกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลัง (spinal loading) ในชีวิตประจำวัน เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และการลดลงของปริมาณน้ำของหมอนกระดูกสันหลัง (intervertebral disc) ซึ่งพบว่าความสูงของมนุษย์จะลดลงเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไปในช่วงวัน โดยความสูงที่หายไปจะเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 1.1 ของความสูงของร่างกาย ซึ่งความสูงที่หายไปส่วนใหญ่นั้นเกิดขึ้นบริเวณของหมอนกระดูกสันหลังส่วนเอว แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออยู่ในท่านอนราบ (recumbent position) จะส่งผลให้เกิดการลดลงของแรงที่กระทำต่อลำกระดูกสันหลัง และแรงดันภายในหมอนกระดูกสันหลัง และเกิดการดูดกลับของสารน้ำ (fluid) เข้าสู่หมอนกระดูกสันหลัง จึงทำให้ความสูงสามารถกลับมาอยู่ในระดับปกติได้ อย่างไรก็ตาม ระดับของความสูงที่หายไปนั้นจะขึ้นอยู่กับผลของปัจจัยต่างๆ โดยพบว่าหากปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการลดลงของความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจจะทำให้เกิดการสูญเสียคุณสมบัติของหมอนกระดูกสันหลัง และส่งผลให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการทำงาน และภาระทางด้านเศรษฐกิจ ดังนั้น บทความนี้จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง และชีวกลศาสตร์ของหมอนกระดูกสันหลัง รวมถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้เกิดความตระหนักในการหลีกเลี่ยงการทำกิจกรรม และปัจจัยที่มีผลกระทบให้เกิดการหายไปของความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างวัน ซึ่งอาจทำให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่างได้ในอนาคต

ABSTRACT

Height loss is caused by spinal loading activities in daily life. Deformation and dehydration of the intervertebral discs are physically changes from the loading on spine. It finds that human height is gradually decreased during the daytime approximately 1.1% of total body height, which is mostly attributable changing at lumbar disc. However, the recumbent position can reduce loading on the spine and intra-discal osmotic pressure, thus spinal fluid return into the

*Corresponding author: Rungthip Puntumetakul, Research Center in Back, Neck, Other Joint Pain and Human Performance (BNOJPH), Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kean University 40002. Email: rungthiprt@gmail.com

intervertebral discs. For this reason, the normal height level is considerately restored, however, levels of height loss are depended on influence factors. Once the factors affected height loss with statistically significance, it possibly caused permanent distortion of intervertebral disc in consequence of low back pain. Low back pain also has an impact on the quality of life and economic burden. Therefore, this review article concluded about knowledge of structures and biomechanics of the intervertebral disc, and influence factors significantly affected to height loss. The main objective is to promote awareness of the activities and influence factors that affected height loss significantly during the day, and this may cause low back pain in the future.

Keywords: Height loss, Influence factor, Stadiometer, Spinal loading, Low back pain

บทนำ

การยุบตัวของลำกระดูกสันหลังในแนวดิ่งเกิดจากการที่มีแรงมากระทำต่อลำกระดูกสันหลังในแนวดิ่ง ส่งผลให้ของเหลวที่อยู่ภายในหมอนกระดูกสันหลัง และโครงสร้างข้างเคียงเกิดการสูญเสียไป การยุบตัวของลำกระดูกสันหลังในแนวดิ่งที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ความสูงที่หายไป (height loss)

ความสูงที่หายไป (height loss) เป็นตัวแปรหนึ่งในการประเมินเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อลำกระดูกสันหลังจากการทำกิจกรรมต่างๆ[1-9] โดยพบว่ามนุษย์เรามีความสูงมากที่สุดหลังจากการตื่นนอนในตอนเช้า และจะลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อเวลาผ่านไป[3,10] ซึ่งความสูงที่หายไปนี้เกิดขึ้นประมาณร้อยละ 1.1 ของความสูงของร่างกาย[3] โดยพบว่าความสูงที่หายไปเกิดขึ้นมากที่สุดในส่วนของหมอนกระดูกสันหลังส่วนเอว[11-14] ความแตกต่างของระดับความสูงที่หายไปจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล เช่น อายุ (age)[15-18] เพศ (gender)[17, 19-21] ดัชนีมวลกาย (body mass index)[8, 22, 23] ช่วงเวลาของวัน (diurnal variation) [2, 3, 10] รวมถึงกิจกรรมในช่วงวันที่มีแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลัง ได้แก่ กิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังแบบคงค้าง (static loading) เช่น การแบกของ[2, 13, 17, 24, 25] การนั่งเป็นเวลานาน[1, 7, 26] เป็นต้น และกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังแบบซ้ำๆ (repetitive loading) เช่น การออกกำลังกายโดยการยกน้ำหนัก[1, 8, 18, 27] การวิ่ง[15, 28] การทำงานที่มีลักษณะการก้มๆเงยๆ[19, 29] นอกจากนี้ การทำกิจกรรมที่มีแรงสั่นสะเทือน (vibration force) เช่น การขับ/นั่งรถเป็นเวลานานๆ เป็นต้น[30,31] แรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังจากการทำกิจกรรมในช่วงวันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูงที่หายไปในตอนกลางวันนั้น และความสูงที่หายไปจะสามารถฟื้นคืน (height recovery) มาหลังจากการนอนในเวลากลางคืน โดยการอยู่ในท่านอนราบประมาณ 8 ชั่วโมงจะเป็นการลดแรงที่กระทำต่อลำกระดูกสันหลัง และลดแรงดันภายในหมอนกระดูกสันหลัง ส่งผลทำให้เกิดการดูดกลับของสารน้ำเข้าสู่หมอนกระดูกสันหลัง ทำให้ความสูงกลับมาอยู่ในระดับปกติได้[3, 32, 33]

ความสูงที่หายไป (height loss) เกิดจากผลของคุณสมบัติหยุ่นหนืด (viscoelasticity) ของหมอนกระดูกสันหลัง เมื่อมีแรงมากระทำต่อลำกระดูกสันหลังที่มากเกินไปจนทำให้เกิดการลดลงของปริมาณน้ำที่เป็นองค์ประกอบในหมอนกระดูกสันหลัง[9, 12-14, 33] และเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหมอนกระดูกสันหลัง[13, 34, 35] เมื่อเกิดแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน อาจจะทำให้เกิดการสูญเสียความสูงของหมอนกระดูกสันหลัง และความสามารถในการรับแรงจนเกิดการทำลายของ vertebral end-plate ได้ โดยสามารถอธิบายได้จากเส้นโค้งความเครียด-ความเค้น (stress-strain curve) ส่งผลให้เพิ่มโอกาสของการ

กดทับเส้นประสาท[11, 12, 14] และก่อให้เกิดอาการเจ็บปวดหรือความรู้สึกไม่สบายบริเวณหลังส่วนล่างขึ้นได้[1, 3, 36]

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบความสัมพันธ์ระหว่างอาการปวดหลังส่วนล่างกับการทำกิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังจนเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูง[3, 5, 37] ทำให้เกิดผลกระทบต่อโครงสร้างต่างๆ เช่น เอ็นยึดข้อต่อ (ligament) กล้ามเนื้อ (muscle) เส้นประสาท (nerve) ไขสันหลัง (spinal cord) และหลอดเลือด (blood vessel) เป็นต้น[11, 12, 14, 36] ส่งผลให้เกิดภาวะของการปวดหลังโดยอาการปวดหลังอาจจะทำให้เกิดความเสี่ยงในการบาดเจ็บขณะทำงาน ภาวะทุพลภาพ และเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาที่สูง[26, 38] ดังนั้น บทความนี้ขอนำเสนอเกี่ยวกับโครงสร้างของหมอนกระดูกสันหลัง (structure of the intervertebral disc) ชีวกลศาสตร์ของหมอนกระดูกสันหลัง (biomechanics of intervertebral disc) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป (factors which influence height loss) และการนำไปประยุกต์ใช้ในทางกายภาพบำบัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความตระหนักในการป้องกัน และหลีกเลี่ยงกิจกรรมหรือปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการเกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง และสามารถนำเอาความรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ร่วมกับการพัฒนาทางด้านงานวิจัยทางกายภาพบำบัด

1. **โครงสร้างของหมอนกระดูกสันหลัง** (structure of the intervertebral disc)

ร่างกายมนุษย์จะประกอบไปด้วยลำกระดูกสันหลังทั้งหมด 33 ชิ้น[11, 12, 14] โดยจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ กระดูกสันหลังระดับคอ (cervical spine) 7 ชิ้น กระดูกสันหลังระดับอก (thoracic spine) 12 ชิ้น กระดูกสันหลังระดับเอว (lumbar spine) 5 ชิ้น กระดูกสันหลังระดับกระเบนเหน็บ (sacral spine) 5 ชิ้น และกระดูกสันหลังระดับก้นกบ (coccygeal spine) 4 ชิ้น เมื่ออายุเพิ่มมากขึ้น โดยปกติจะเกิดการรวมกันของกระดูกสันหลังระดับกระเบนเหน็บเป็น 1 ชิ้น และระดับก้นกบเป็น 1 ชิ้น[12] โดยกระดูกแต่ละชิ้นจะเชื่อมโยงกันด้วยหมอนกระดูกสันหลัง (intervertebral disc) ซึ่งทำหน้าที่ในการรับน้ำหนัก โดยลำกระดูกสันหลังจะประกอบด้วยหมอนกระดูกสันหลังทั้งหมด 23 ชิ้น โดยมีความยาวเท่ากับร้อยละ 33 ของความยาวของลำกระดูกสันหลังทั้งหมด[11, 12, 14] เป็นตัวช่วยในการเชื่อมโยงของลำกระดูกสันหลังแต่ละชิ้น และมีหน้าที่สำคัญในการรับน้ำหนัก ส่วนประกอบของหมอนกระดูกสันหลังในแต่ละระดับจะเหมือนกันโดยประกอบไปด้วย annulus fibrosus nucleus pulposus และ vertebral end-plate (ดังรูปที่ 1)

องค์ประกอบภายในหมอนกระดูกสันหลัง (constituents of the intervertebral disc) ประกอบด้วยเส้นใยคอลลาเจน (collagen fiber) มีบทบาทในการเสริมสร้างความแข็งแรงภายในหมอนกระดูกสันหลัง และโปรตีโอไกลแคน (proteoglycan) มีบทบาทในการดึงดูดน้ำให้อยู่ภายในหมอนกระดูกสันหลัง[11, 12, 14, 33, 39] หมอนกระดูกสันหลังจะประกอบไปด้วยเส้นใยคอลลาเจน ชนิดที่ 1และ 2 โดยชนิดที่ 2 จะมีความยืดหยุ่นมากกว่าชนิดที่ 1 โดยการเรียงตัวในแต่ละชั้นจะเรียงตัวเฉียงกันโดยมีความแตกต่างของมุมโดยการเรียงตัวดังกล่าวจะเป็นการช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความมั่นคงของโครงสร้างภายในหมอนกระดูกสันหลัง ส่วนโปรตีโอไกลแคนเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เกิดจากการเชื่อมโยงกันระหว่างไกลโคสะมิโนไกลแคน (glycosaminoglycan) และโปรตีน (protein) โดยเชื่อมโยงกันเป็น proteoglycan unit และ proteoglycan aggregates มีบทบาทในการดึงดูดน้ำให้อยู่ภายในหมอนกระดูกสันหลัง proteoglycan unit เกิดจากการรวมกันระหว่างไกลโคสะมิโนไกลแคน (glycosaminoglycan) และแกนโปรตีน (core protein) โดยแกนโปรตีน 1 อันสามารถที่จะจับกับ polysaccharide ประมาณ 6-60 สาย[11, 14] โดยจะ

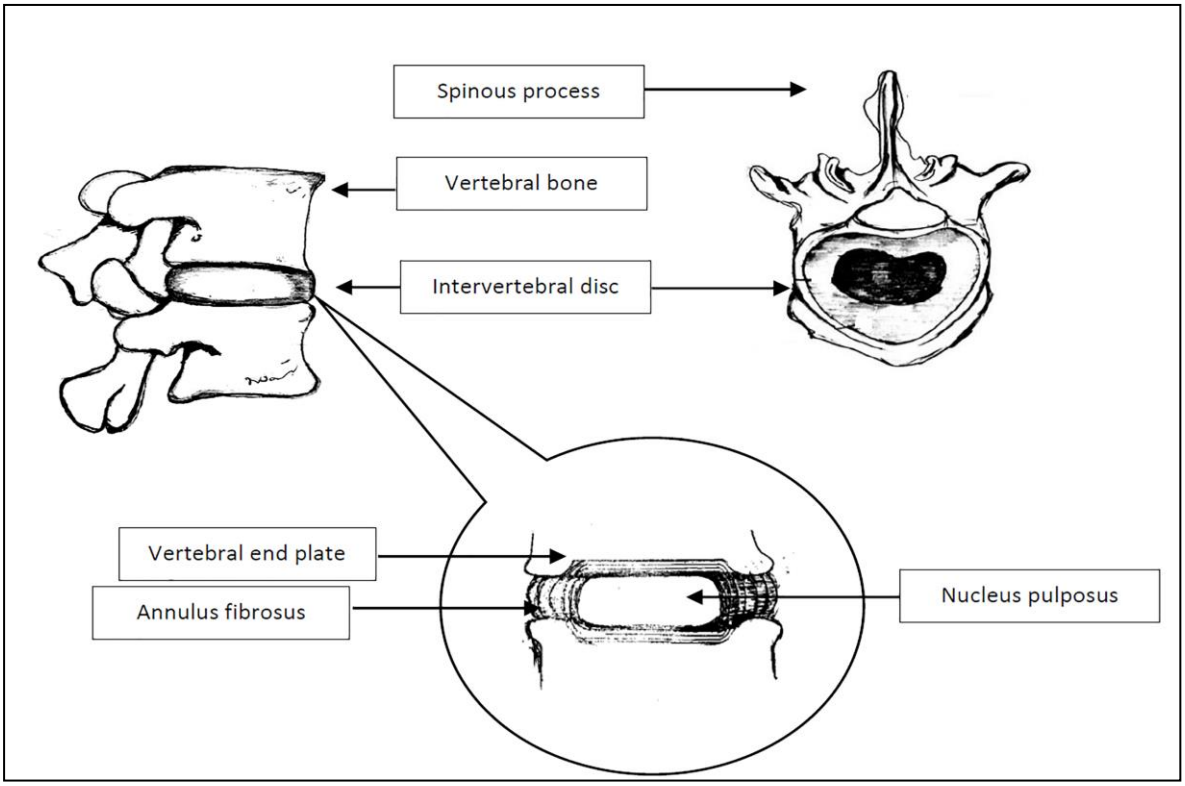
ประกอบไปด้วย keratin sulphate ที่ต้นสายของแกนโปรตีน และ chondroitin sulphate ตามแนวเส้นของแกนโปรตีน proteoglycan aggregates เกิดจากการรวมตัวของหลายๆ proteoglycan unit เชื่อมกับ hyaluronic acid โดย hyaluronic acid 1 สายจะประกอบไปด้วย proteoglycan unit ประมาณ 20 – 100 หน่วย การเชื่อมกันระหว่าง proteoglycan unit กับ hyaluronic acid โดยมีโปรตีนเป็นตัวเชื่อม (link protein)[11, 14, 39]

Glycosaminoglycans (GAGs) พบมากในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น ผิวหนัง กระดูก เอ็นกล้ามเนื้อ ผนังหลอดเลือด เป็นต้น โดยมีการจับกันของ polysaccharides สายยาวมีการจับกันซ้ำของ 2 โมเลกุลที่เป็นการจับกันของน้ำตาล (hexose) และ amine (hexose-amine) ซึ่งเรียกการจับกันของ 2 โมเลกุลนี้ว่า “repeating unit” ซึ่งภายในหมอนกระดูกสันหลังของมนุษย์จะประกอบด้วย GAGs 4 ชนิดได้แก่ chondroitin-6-sulphate chondroitin-4-sulphate keratin sulphate และhyaluronic acid โดยความสามารถในการดึงดูดน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณประจุของ carboxyl (COOH) และ sulphate (SO_4) ของโครงสร้างไกลโคสะมิโนไกลแคนที่จับกับประจุของน้ำ[11, 14, 39] (ดังรูปที่ 2)

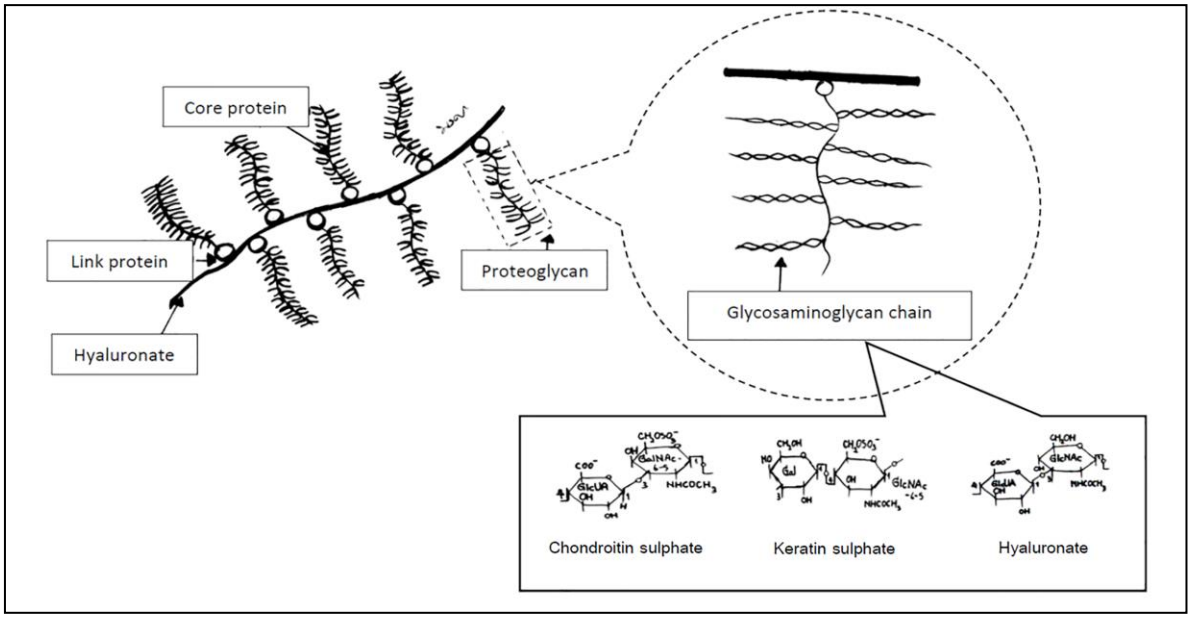
2. ชีวกลศาสตร์ของหมอนกระดูกสันหลัง (biomechanics of intervertebral disc)

2.1 เส้นโค้งความเครียด-ความเค้น (stress-strain curve)

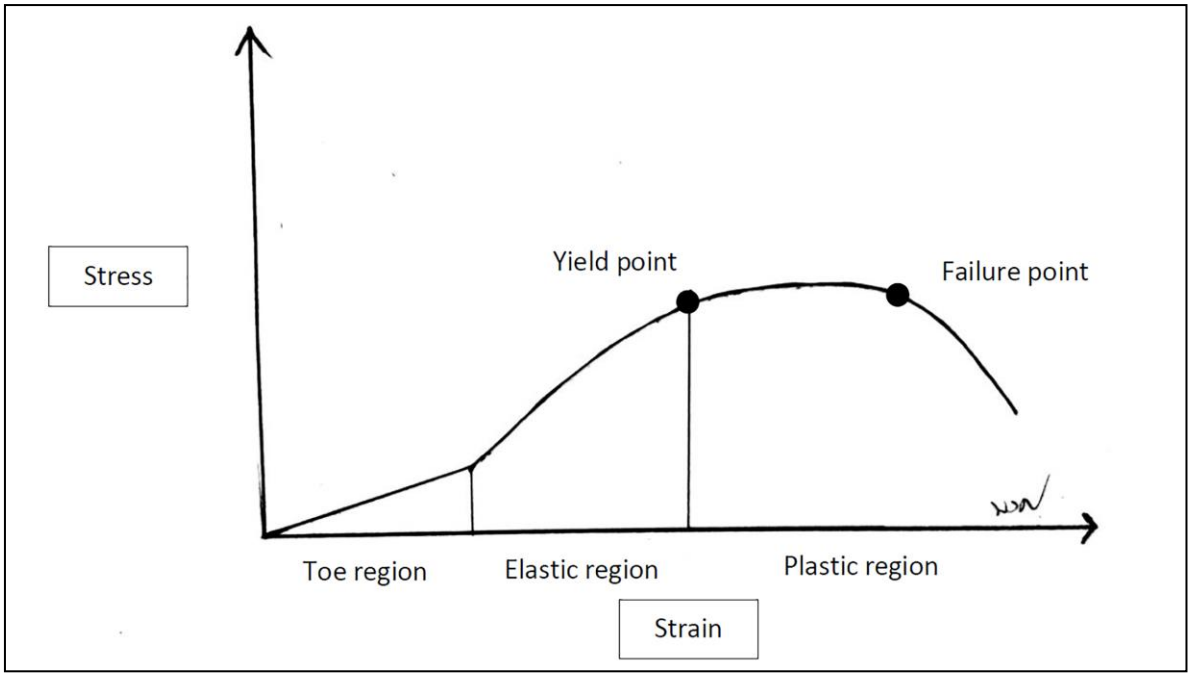
จากกราฟแสดงเส้นโค้งความเครียด-ความเค้น (ดังรูปที่ 3) การทดสอบเส้นใยคอลลาเจน โดยแกน X แสดงถึงความเค้น และแกน Y แสดงถึงความเครียด โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นใยคอลลาเจนเมื่ออยู่ภายใต้ผลกระทบของความเครียด โดยแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ toe region ลักษณะเริ่มต้นของเส้นใยคอลลาเจนเมื่ออยู่ภายใต้ความเครียดในช่วงแรกจะยังคงรักษารูปร่างเดิมไว้โดยใช้พลังงานเพียงเล็กน้อย elastic region เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของความเครียดจะส่งผลให้เกิดการยืดออกของเส้นใยคอลลาเจน ซึ่งหากทำการลดความเครียดในช่วง elastic region จะทำให้



รูปที่ 1 โครงสร้างหมอนกระดูกลำสันหลัง



รูปที่ 2 Glycosaminoglycans (GAGs)



รูปที่ 3 เส้นโค้งความเครียด-ความเค้น (stress-strain curve)

ความยาวของเส้นใยคอลลาเจนสามารถกลับมาอยู่ในความยาวเริ่มต้นได้ แต่ถ้าหากมีการให้ความเครียดต่อไปจนเลย yield point จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเส้นใยคอลลาเจน ทำให้ไม่สามารถที่กลับมาที่ความยาวเริ่มต้นได้ plastic region เมื่อเส้นใยคอลลาเจน อยู่ภายใต้ความเครียดจนเลยช่วงของ elastic region จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงสร้างที่เป็น non-biological จะไม่สามารถที่จะกลับมาความยาวจุดเริ่มต้นได้ ในทางกลับกันในส่วนของโครงสร้างที่เป็น biological โดยเฉพาะเส้นใยคอลลาเจนสามารถที่จะทำการปรับตัว และซ่อมแซมกลับสู่ความยาวเริ่มต้นได้อย่างช้าๆ เมื่อเนื้อเยื่ออยู่ภายใต้ความเครียดอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดสูงสุดของเส้น

โค้งความเครียด-ความเค้น จะทำให้เกิดความเสียหายและเกิดการทำลายเนื้อเยื่อ[11, 14]

2.2 **คุณสมบัติหยุ่นหนืด** (viscoelasticity)

ภายในหมอนกระดูกสันหลังมีองค์ประกอบทั้งของแข็ง และของเหลวจึงทำให้หมอนกระดูกสันหลังประกอบด้วยคุณสมบัติที่ร่วมกันระหว่างความยืดหยุ่น (elasticity) และความหนืด (viscosity) โดยความหนืดหมายถึงแรงต้านต่อแรงภายนอกที่ไม่มีการสะสมพลังงานจึงไม่สามารถกลับสู่สภาพเดิมได้ ในขณะที่ความยืดหยุ่น ทำให้เนื้อเยื่อกลับสู่สภาพเดิมได้ การที่เนื้อเยื่อมีคุณสมบัติหยุ่นหนืด ทำให้เนื้อเยื่อมีแรงต้านต่อการเปลี่ยนรูปร่างเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำซึ่งเป็นพฤติกรรมการตอบสนองต่อความเค้น โดยที่สมบัติทางด้านการเปลี่ยนแปลงรูปร่างดังกล่าวนี้ ขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ ความเค้น และอัตราความเครียด[1, 9, 11, 12, 14, 33, 34]

3. **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป** (factors which influence height loss)

ความสูงที่หายไป (height loss) สามารถวัดได้ทั้งในท่านั่ง และท่ายืน โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวบ่งบอกถึงผลกระทบจากการทำกิจกรรมที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำภายในหมอนกระดูกสันหลัง[1-9] ตัวอย่างเช่น หลังจากการทำกิจกรรมพบว่าเกิดความสูงที่หายไป แสดงว่ากิจกรรมดังกล่าวมีแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังที่มากเกินไปจนทำให้เกิดการสูญเสียน้ำภายในหมอนกระดูกสันหลัง โดยความแตกต่างของความสูงที่หายไปนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยภายใน ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย และปัจจัยภายนอก ได้แก่ แรงสั่นสะเทือน แรงแบบคงค้าง แรงแบบมีการเคลื่อนไหว ช่วงเวลาของวัน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 **ปัจจัยภายใน** (internal factors) (**ตารางที่** 1)

3.1.1 **อายุ** (age)

การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยความแตกต่างของช่วงอายุกับปริมาณของความสูงที่หายไป (height loss) ในปัจจุบันยังมีความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับผลกระทบดังกล่าว เนื่องจากในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในผู้สูงอายุมีปริมาณความสูงที่หายไปน้อยกว่าในกลุ่มวัยรุ่น[16, 24] ในทางตรงกันข้าม Magnusson และคณะ (1990) พบว่าในผู้สูงอายุมีปริมาณความสูงที่หายไปมากกว่าในกลุ่มวัยรุ่น[40] รวมทั้งในบางการศึกษาไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณความสูงที่หายไประหว่างผู้สูงอายุ และกลุ่มวัยรุ่น[15, 18]

ในผู้สูงอายุพบว่าเกิดความสูงที่หายไป (height loss) น้อยกว่าในกลุ่มวัยรุ่น[16, 24] เนื่องจากองค์ประกอบของหมอนกระดูกสันหลังมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุ เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจำนวนปริมาณของโปรตีโอไกลแคนมีจำนวนลดลง ส่งผลให้ความสามารถในการดูดน้ำเข้าสู่ nucleus pulposus น้อยลง และการเพิ่มขึ้นของ fibrous components ทำให้เกิดการลดลงของความสามารถในการยืดหยุ่น และการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง จึงทำให้ความสูงที่หายไปในกลุ่มผู้สูงอายุน้อยกว่าในกลุ่มวัยรุ่น ในทางกลับกันพบว่าในผู้สูงอายุจะเกิดความสูงที่หายไปมากกว่ากลุ่มวัยรุ่น[40] ซึ่งอาจจะเกิดจากความไม่มั่นคงของหมอนกระดูกสันหลังจึงทำให้เกิดความสูงที่หายไปที่มากกว่า[40] ถึงแม้ว่าในบางการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของการเปลี่ยนแปลงความสูงที่หายไปในช่วงอายุที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[15, 18] อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาดังกล่าวมีแนวโน้มในกลุ่มวัยรุ่นจะมีปริมาณของความสูงที่หายไป (89 มม.) ซึ่งมากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ (72 มม.)[15] ทั้งนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของหมอนกระดูกสันหลังที่พบว่าปริมาณน้ำภายในหมอนกระดูกสันหลังจะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น[11, 39]

3.1.2 **เพศ** (gender)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเพศไม่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป (height loss) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[19, 20] อย่างไรก็ตาม Kanlayanaphotporn และคณะ ในปี 2003 พบว่าในเพศชายมีแนวโน้มที่จะเกิดความสูงที่หายไปมากกว่า

เพศหญิง ซึ่งอาจจะมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะของความเสื่อมของหมอนกระดูกสันหลังในเพศชายที่มากกว่าในเพศหญิง และอาจจะเกิดจากในลำกระดูกสันหลังของเพศหญิงมีความสามารถที่จะต้าน และกระจายแรงได้ดีกว่าเพศชาย จึงทำให้เกิดความสูงที่หายไปช้ากว่าเพศชาย[17]

3.1.3 **ดัชนีมวลกาย** (body mass index)

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายที่สูงจะเกิดความสูงที่หายไป (height loss) ที่มากกว่าในผู้ที่มีค่าดัชนีมวลกายปกติ เนื่องจากน้ำหนักตัวที่มากเปรียบเสมือนแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังตลอดเวลา และการทำงานของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อให้เกิดความสมดุลในการพยุงลำตัว เนื่องจากผู้ที่มีดัชนีมวลกายสูงจะมีลักษณะการเคลื่อนตัวมาด้านหน้าที่เพิ่มขึ้น ในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างความสูงที่หายไปกับดัชนีมวลกายที่มากโดยมีค่า r = 0.78 ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงมาก และมีค่านัยสำคัญทางสถิติน้อยกว่า 0.05[8, 22, 23]

3.2 **ปัจจัยภายนอก** (external factors) **(ตารางที่** 2)

3.2.1 **แรงแบบคงค้าง** (static loading force)

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักมีผลกระทบให้เกิดความสูงที่หายไป (height loss) ตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดแรงกดอัดที่ลำกระดูกสันหลังเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อแรงดันภายในหมอนกระดูกสันหลังที่มากจนทำให้การสูญเสียน้ำ[1, 2, 17, 14, 25] จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นระหว่างการให้น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นกับความสูงที่หายไป ซึ่งระดับของความสูงที่หายไป จะขึ้นอยู่กับขนาดของน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้น[24]

3.2.2 **แรงแบบมีการเคลื่อนไหว** (dynamic loading force)

การให้แรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังแบบซ้ำๆ เช่น การยกของ การออกกำลังกายโดยการยกน้ำหนัก จะส่งผลให้เกิดความสูงที่หายไป (height loss) ที่มากกว่าการให้แรงแบบคงค้าง[1] ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของแรงที่กระทำต่อลำกระดูกสันที่แตกต่างกัน โดยขณะที่ทำการยกน้ำหนักทำให้เกิดแรงกดอัด แรงเฉือน และแรงตึงเกิดขึ้นทั้งร่างกาย ร่วมกับในขณะที่ทำการยกท่าทางของผู้ยกจะอยู่ในลักษณะที่มีการงอตัวไปด้านหน้าทำให้เกิดแรงดันภายในหมอนกระดูกสันหลังที่มากขึ้น โดยผลดังกล่าวทำให้เกิดการสูญเสียของน้ำภายในหมอนกระดูกสันหลัง และเกิดความสูงที่หายไปของความสูงหมอนกระดูกสันหลัง[1, 8, 10, 18, 27, 28]

3.2.3 **แรงสั่นสะเทือน** (vibration force)

จากการศึกษาที่ผ่านมาระหว่างกิจกรรมที่มีแรงสั่นสะเทือน และไม่มีการสั่นสะเทือน พบว่าแรงสั่นสะเทือน มีผลต่อระดับของความสูงที่หายไป (height loss) ที่มากกว่าเนื่องจากเกิดภาวะล้าของกล้ามเนื้อหลังส่งผลให้เกิดแรงที่กระทำต่อลำกระดูกสันหลังอย่างฉับพลันร่วมกับการเคลื่อนไหวของอวัยวะภายในร่างกายทำให้เกิดแรงกระทำต่อลำกระดูกสันหลังที่มากขึ้น[24, 30, 31] ในทางกลับกันพบว่าการสั่นสะเทือนในช่วงความถี่ 4 ถึง 6 เฮิรตซ์สามารถที่จะทำให้เกิดการหมุนของกระดูกเชิงการ และการเคลื่อนไหวของลำกระดูกสันหลัง ส่งผลให้เกิดการไหลกลับของสารน้ำเข้าสู่หมอนกระดูกสันหลัง[31]

3.2.3 **ช่วงเวลาของวัน** (diurnal variation)

ช่วงเวลาของวันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความสูงเนื่องจากการนอนในช่วงเวลากลางคืนทำให้เกิดการไหลกลับของสารน้ำเข้าสู่หมอนกระดูกสันหลัง ทำให้เมื่อตื่นขึ้นมาตอนเช้ามีปริมาณน้ำในหมอนกระดูกสันหลังที่มากส่งผลให้ตอนเช้าเกิดความสูงที่หายไป (height loss) มากกว่าในช่วงบ่าย เนื่องจากในช่วงบ่ายมีการทำกิจกรรมในระหว่างวันส่งผลให้ปริมาณของน้ำในหมอนกระดูกสันหลังมีปริมาณที่น้อยกว่าในช่วงเช้า[3, 10] อย่างไรก็ตาม ในบางการศึกษาพบว่าช่วงเวลาระหว่างวันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสูงที่หายไป[2]

ตารางที่ 1 แสดงปัจจัยภายในที่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป (Internal factors influencing height loss)

ปัจจัยภายใน (Internal factors)		**กิจกรรม** (Tasks)	**ความสูง** (Height) **มิลลิเมตร**	Significance level (p-value)	**ผู้วิจัย** (Researchers)
อายุ (Age) (year)	20 - 25	นั่ง 5 นาที	-3.85	40-45 ปี < 60-65 ปี P = 0.05	Magnusson et al. (1990)
	40 - 45		-3.46		
	60 - 65		-6.28		
	20	ยกของ 6 รอบ รอบละ 5 นาที	-2.80	P = 0.0278	Van Dieen et al. (1994)
	40		-5.20		
	12 - 16	ถ่วงน้ำหนัก 15% ของน้ำหนักตัว 10 นาที	-1.59	P = 0.001	Kanlayanaphotporn et al. (2001)
	30 - 57		-0.94		
	23 - 26	นั่งทำงานคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง	NR	NS	Michel and Helander (1994)
	30 - 47				
	18 - 25	การออกกำลังกายแบบวงจร 12 สถานี	NR	NS	Reilly and Freman (2006)
	47 - 60				
	20 - 27	วิ่งระยะทาง 6 ไมล์	-89.00	NS	Ahrens et al. (1994)
	50 - 57		-72.00		
	20 - 30	ถ่วงน้ำหนัก 0 – 30 กิโลกรัม 30 นาที	0.10 - 3.20	NR	Altholf et al. (1992)
	40 - 60		0.00 - 1.80		
เพศ (Gender)	ชาย	ทำกิจวัตรประจำวัน 8 ชั่วโมง	-12.30	NS	Hindle,Murray Leslie and Atha (1987)
	หญิง		-10.58		
	ชาย	ถ่วงน้ำหนัก 10 กิโลกรัม 5 นาที	NR	NS	Magnusson and Pope (1996)
	หญิง				
	ชาย	ยกกล่องบรรจุของ 30 นาที	-5.1	NS	Stalhammer et al. (1992)
	หญิง		-5.8		
ดัชนีมวลกาย (BMI) (kg/m^2)	BMI ~22.93	ทำกิจกรรมในระดับความหนักปานกลาง	-3.99	NS	Roducki et al. (2003)
	BMI ~28.17		-4.37		
	BMI ≤ 25	เดิน 30 นาที	-3.55	P < 0.05	Roducki et al. (2005)
	BMI ≥ 30		-7.02		
	BMI = 24.47	หลังจากการออกกำลังกาย	-3.00	NS	Cannon et al. (2016)
	BMI = 28.94		-4.50		
	BMI < 18	เปรียบเทียบในท่านอนและท่ายืน	-1.40	BMI ≥ 30 P < 0.03	Yar et al. (2008)
	BMI = 18.5-24.9		-1.70		
	BMI = 25-29.9		-2.00		
	BMI ≥ 30		-2.70		

หมายเหตุ: NR = Not Report, NS = Non-significant different, Negative value = Stature loss

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป (External factors influencing height loss)

ปัจจัยภายนอก (External factors)		**กิจกรรม** (Tasks)	**ความสูง** (Height loss) **มิลลิเมตร**	Significance level (p-value)	**ผู้วิจัย** (Researchers)
แรงแบบคงค้าง (Static load force) (Kg)	2.5 ruck sack	ยืนถ่วงน้ำหนัก 20 นาที	-3.87	NS	Tyrrell, Reilly and Troup (1985)
	10 ruck sack		-5.45		
	10 barbell		-5.14	P < 0.01	
	20 barbell		-7.11		
	30 barbell		-9.42	P < 0.05	
	40 barbell		-11.22		
	0 - 30	ยืนถ่วงน้ำหนัก 30 นาที	0 ถึง (- 3.5)	NR	Altholf et al. (1992)
	15.3	ยืนถ่วงน้ำหนัก 10 นาที	-1.22	NR	McGill et al. (1996)
		ยืนถ่วงน้ำหนัก 20 นาที	-2.16		
	14	นั่งถ่วงน้ำหนัก 60 นาที	-3.20	NR	Eklund and Corlett (1984)
แรงแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic load force) (Kg)	10 barbell	ยกน้ำหนัก 12 ครั้งต่อนาที 20 นาที	-6.90	P < 0.001	Tyrrell, Reilly and Troup (1985)
	40 barbell		-14.49		
	15.3	ยกน้ำหนัก 4 ครั้งต่อนาที 10 นาที	-1.06	NR	McGill et al. (1996)
		ยกน้ำหนัก 4 ครั้งต่อนาที 20 นาที	-1.23		
	10 % ของน้ำหนักตัว	เดินบนลู่วิ่งเป็นเวลา 20 นาที	-0.47	NR	Healey et al. (2005)
	10 % ของน้ำหนักตัว	เดินบนลู่วิ่งเป็นเวลา 20 นาที	-5.40	NR	Healey et al. (2008)
แรงสั่นสะเทือน (Vibration force) (Hz)	ความถี่ 5	นั่งลำตัวตรง 5 นาที	-5.94	P < 0.01	Magnusson et al. (1994)
	ความถี่ 0		-4.52		
	ความถี่ 5	นั่งลำตัวตรง 30 นาที	1.70	NS	Altholf et al. (1992)
	ความถี่ 0		1.10		
	ความถี่ 8	นั่งลำตัวตรง 30 นาที	-0.14	NS	Bonney et al. (1988)
	ความถี่ 4		-0.55		
	ความถี่ 0		0.13		
	ความถี่ 8	นั่งลำตัวตรง 60 นาที	-0.03	P < 0.05	Bonney and Corlett (2003)
	ความถี่ 6		0.05		
	ความถี่ 4		1.76		
	ความถี่ 0		-1.19		

หมายเหตุ: NR = Not Report, NS = Non-significant different, Negative value = Stature loss, Positive value= Stature gain

ตารางที่ 2 แสดงปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป (External factors influencing height loss) (ต่อ)

ปัจจัยภายนอก (External factors)		**กิจกรรม** (Tasks)	**ความสูง** (Height loss) **มิลลิเมตร**	Significance level (p-value)	**ผู้วิจัย** (Researchers)
ช่วงเวลาของวัน (Diurnal variation) (Hour)	9:00	เดินบนลู่วิ่งเป็นเวลา 20 นาที	-5.40	P = 0.05	Healey et al. (2008)
	14:00		-3.70		
	24	ทำกิจวัตรประจำวันปกติ	-17.6 มิลลิเมตร หรือ 1.01% ของความสูง	NR	Healey et al. (2011)
	08:00–09:00	นั่งถ่วงน้ำหนัก 15% ของน้ำหนักตัว 25 นาที	-6.70	NS	Puntumetakul et al. (2009)
	12:00–13:00		-5.75		
	16:00–17:00		-6.89		
	7:30 - 20:00	ทำกิจวัตรประจำวันปกติ	-19.3 มิลลิเมตร หรือ 1.1% ของความสูง	NR	Reilly, Tyrrell and Troup (1984)
	7:30 - 20:00	ทำกิจวัตรประจำวันปกติ	-14.4 มิลลิเมตร หรือ 0.83% ของความสูง	NR	Leatt, Reilly and Troup (1986)
	7:30 - 20:00	ทำกิจวัตรประจำวันปกติ	-19.29 มิลลิเมตร หรือ 1.1% ของความสูง	NR	Tyrrell, Reilly and Troup (1985)
	7:30 - 20:00	ทำกิจวัตรประจำวันปกติ	-15.4 มิลลิเมตร หรือ 0.92% ของความสูง	NR	Wilby et al. (1987)

หมายเหตุ (ต่อ): NR = Not Report, NS = Non-significant different, Negative value = Stature loss, Positive value= Stature gain

4. การนำไปประยุกต์ใช้ในทางกายภาพบำบัด

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ากิจกรรมที่มีแรงกระทำต่อหมอนกระดูกสันหลัง รวมถึงปัจจัยของแต่ละบุคคล ส่งผลให้เกิดการลดลงของปริมาณน้ำ ความสามารถในการกระจายแรง และการรับน้ำหนักของหมอนกระดูกสันหลัง เพิ่มโอกาสการบาดเจ็บต่อโครงสร้างรอบลำกระดูกสันหลังจนเกิดอาการปวดของหลังส่วนล่าง การประเมินเกี่ยวกับแรง และขนาดที่กระทำต่อลำกระดูกสันหลัง สามารถที่จะทำการวัดได้จากความสูงที่หายไป (height loss) ของลำกระดูกสันหลัง โดยพบว่าการทำกิจกรรม และปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง ดังนั้น บทความนี้ได้รวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของแรงที่กระทำต่อหมอนกระดูกสันหลังจากการประเมินระดับความสูงที่หายไป โดยนักกายภาพบำบัดสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการอธิบายผลกระทบของแรงต่อลำกระดูกสันหลัง และให้คำแนะนำการดูแลตัวเองทั้งในผู้ที่มีสุขภาพดี และผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลัง เช่น การนั่งทำงานเป็นเวลานาน เนื่องจากการนั่งในท่าเดิมติดต่อกันเป็นเวลา 25 นาที ส่งผลให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงควรแนะนำให้มีการเปลี่ยนท่าทางเพื่อลดแรงกระทำต่อหมอนกระดูกสันหลังในขณะนั่งทำงาน[1, 2, 7, 17, 24, 26, 36] และการหลีกเลี่ยงการยกหรือแบกของหนัก จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการแบกหรือยกของหนักเพียงร้อยละ 15 ของน้ำหนักตัวเป็นเวลา 10 นาที สามารถส่งผลให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[16] ซึ่งปริมาณของความสูงที่หายไปจะเกิดตามน้ำหนักของวัตถุ เมื่อน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดความสูง

ที่หายไปมากขึ้นตามไปด้วย[1, 24, 25] รวมถึงปัจจัยในกลุ่มผู้ที่มีภาวะอ้วน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าผู้ที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 30 กก./ม.^{2} ส่งผลให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้เกิดแรงกดอัดบริเวณหมอนกระดูกสันหลังเพิ่มมากขึ้นตามน้ำหนักตัว ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่ออาการปวดหลังที่เพิ่มมากขึ้น[8, 22, 23] ดังนั้นการประเมินระดับของความสูงที่หายไปจึงมีความสำคัญที่ทำให้เห็นถึงระดับของผลกระทบของแรงที่กระทำต่อหมอนกระดูกสันหลัง และเป็นการกระตุ้นให้เกิดความตระหนักในการป้องกัน และหลีกเลี่ยงกิจกรรม หรือปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง รวมถึงสามารถนำตัวแปรของความสูงที่หายไปมาใช้เป็นตัวชี้วัดผลกระทบของแรงที่กระทำต่อหมอนกระดูกสันหลังในการประเมินการรักษา และงานวิจัยทางกายภาพบำบัดได้อีกด้วย

5. บทสรุป

จากบทความนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง และชีวกลศาสตร์ของหมอนกระดูกสันหลัง รวมถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสูงที่หายไป (height loss) ซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งในการประเมินเกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อหมอนกระดูกสันหลังจากการทำกิจกรรมต่างๆ ส่งผลให้เพิ่มโอกาสเกิดการสูญเสียคุณสมบัติของหมอนกระดูกสันหลัง และการบาดเจ็บโครงสร้างโดยรอบของลำกระดูกสันหลังจนเกิดอาการปวดของหลังส่วนล่าง เสี่ยงต่อการบาดเจ็บขณะทำงาน และภาวะทุพลภาพขึ้นได้ ดังนั้นบทความนี้จึงเป็นการรวบรวมองค์ความรู้เกี่ยวกับการประเมินผลกระทบของแรงที่กระทำต่อหมอนกระดูกสันหลังจากความสูงที่หายไป โดยสามารถนำความรู้ดังกล่าวมาใช้ในการอธิบายผลกระทบของแรงต่อลำกระดูกสันหลัง และการให้คำแนะนำการดูแลตัวเองทั้งในผู้ที่มีสุขภาพดี และผู้ป่วยที่มีอาการปวดหลัง เพื่อให้เกิดความตระหนักในการป้องกัน และหลีกเลี่ยงกิจกรรม หรือปัจจัยที่มีความเสี่ยงให้เกิดอาการปวดหลังจากการทำกิจกรรมที่ส่งผลกระทบให้เกิดความสูงที่หายไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อเป็นการลดความเสี่ยงที่จะส่งผลให้เกิดอาการปวดหลังส่วนล่างจากการทำกิจกรรมต่างๆ ในระหว่างวัน รวมถึงการนำเอาตัวแปรของความสูงที่หายไปมาเป็นตัวชี้วัดผลกระทบของแรงที่กระทำต่อหมอนกระดูกสันหลังในการประเมินการรักษา และการพัฒนางานวิจัยทางด้านกายภาพบำบัด

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนบทความขอขอบคุณศูนย์วิจัยปวดหลัง ปวดคอ ปวดข้ออื่นๆ และสมรรถนะของมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) (PHD/0090/2558) ที่ให้การสนับสนุนในการเขียนบทความในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Eklund JA, Corlett EN. Shrinkage as a measure of the effect of load on the spine. Spine. 1984; 9(2):189–94.
2. Puntumetakul R, Trott P, Williams M, Fulton I. Effect of time of day on the vertical spinal creep response. Appl Ergon. 2009; 40(1):33–8.
3. Healey EL, Burden AM, McEwan IM, Fowler NE. Diurnal variation in stature: Do those with chronic low-back pain differ from asymptomatic controls? Clin Biomech. 2011; 26(4):331–6.
4. Adirek-udomrat J, Puntumetakul R, Siritaratiwat W, Kanlayanaphotporn R. Reliability of height loss measuring stadiometer. Thai J of Phys Ther. 2011; 32(3):153-61.
5. Lewis S, Holmes P, Woby S, Hindle J, Fowler N. Changes in muscle activity and stature recovery after active rehabilitation for chronic low back pain. Man Ther. 2014; 19(3):178–83.

6. Steele J, Bruce-Low S, Smith D, Jessop D, Osborne N. Determining the reliability of a custom built seated stadiometry set-up for measuring spinal height in participants with chronic low back pain. Appl Ergon. 2016; 53 :203–8.
7. Phimphasak C, Swangnetr M, Puntumetakul R, Chatchawan U, Boucaut R. Effects of seated lumbar extension postures on spinal height and lumbar range of motion during prolonged sitting. Ergonomics. 2016; 59(1):112–20.
8. Cannon J, Emond D, McGill SM. Evidence on the Ability of a Pneumatic Decompression Belt to Restore Spinal Height Following an Acute Bout of Exercise. J Manipulative Physiol Ther. 2016; 39(4):304–10.
9. Schmidt H, Reitmaier S, Graichen F, Shirazi-Adl A. Review of the fluid flow within intervertebral discs - How could in vitro measurements replicate in vivo? J Biomech. 2016; 49 (14):3133–46.
10. Healey EL, Burden AM, McEwan IM, Fowler NE. Stature loss and recovery following a period of loading: effect of time of day and presence or absence of low back pain. Clin Biomech Bristol Avon. 2008; 23(6):721–6.
11. Bogduk N, Twomey L. Clinical anatomy of the lumbar spine. 2nd ed. Melbourne: Livingstone; 1991.
12. Neumann D. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 2nd ed. Philadephia: Saunder and Mosby; 2010.
13. Lewis SE, Fowler NE. Changes in intervertebral disk dimensions after a loading task and the relationship with stature change measurements. Arch Phys Med Rehabil. 2009; 90(10):1795–9.
14. Adams MA, Bogduk N, Burton K, Dolan P. The Biomechanics of Back Pain. 3rd ed. Churchill: Livingstone; 2013.
15. Ahrens SF. The effect of age on intervertebral disc compression during running. J Orthop Sports Phys Ther. 1994; 20(1):17–21.
16. Kanlayanaphotporn R, Lam L, Williams M, Trott P, Fulton I. Adolescent versus adult responses to vertical spinal loading. Ergonomics. 2001; 44(15):1384–91.
17. Kanlayanaphotporn R, Trott P, Williams M, Fulton I. Effects of chronic low back pain, age and gender on vertical spinal creep. Ergonomics. 2003; 46(6):561–73.
18. Reilly T, Freeman KA. Effects of loading on spinal shrinkage in males of different age groups. Appl Ergon. 2006; 37(3):305–10
19. Stålhammar HR, Leskinen TP, Rautanen MT, Troup JD. Shrinkage and psychophysical load ratings in self-paced and force-paced lifting work and during recovery. Ergonomics. 1992; 35(1):1–5.
20. Magnusson M, Pope MH. Body height changes with hyperextension. Clin Biomech Bristol Avon. 1996; 11(4):236–8.
21. Owens SC, Brismée J-M, Pennell PN, Dedrick GS, Sizer PS, James CR. Changes in spinal height following sustained lumbar flexion and extension postures: a clinical measure of intervertebral disc hydration using stadiometry. J Manipulative Physiol Ther. 2009; 32(5):358–63.

22. Rodacki ALF, Fowler NE, Provensi CLG, Rodacki C de LN, Dezan VH. Body mass as a factor in stature change. Clin Biomech Bristol Avon. 2005; 20(8):799–805.
23. Yar T. Spinal shrinkage as a measure of spinal loading in male Saudi university students and its relationship with body mass index. Saudi Med J. 2008; 29(10):1453–7.
24. Althoff I, Brinckmann P, Frobin W, Sandover J, Burton K. An improved method of stature measurement for quantitative determination of spinal loading. Application to sitting postures and whole body vibration. Spine. 1992; 17(6):682–93.
25. Fowler NE, Rodacki ALF, Rodacki CD. Changes in stature and spine kinematics during a loaded walking task. Gait Posture. 2006; 23(2):133–41.
26. Fryer JCJ, Quon JA, Smith FW. Magnetic resonance imaging and stadiometric assessment of the lumbar discs after sitting and chair-care decompression exercise: a pilot study. Spine J Off J North Am Spine Soc. 2010; 10(4):297–305.
27. Nahhas Rodacki CL, Luiz Felix Rodacki A, Ugrinowitsch C, Zielinski D, Budal da Costa R. Spinal unloading after abdominal exercises. Clin Biomech Bristol Avon. 2008; 23(1):8–14.
28. Demura S, Yamada T, Kitabayashi T, Uchiyama M. Change in stature by walking and running at a preferred transition speed. Health (N Y). 2010; 2(12):1377.
29. Beynon C, Reilly T. Spinal shrinkage during a seated break and standing break during simulated nursing tasks. Appl Ergon. 2001; 32(6):617–22.
30. Magnusson M, Hansson T, Pope MH. The effect of seat back inclination on spine height changes. Appl Ergon. 1994; 25(5):294–8.
31. Bonney RA, Corlett EN. Vibration and spinal lengthening in simulated vehicle driving. Appl Ergon. 2003; 34(2):195–200.
32. McGill SM, Axler CT. Changes in spine height throughout 32 hours of bedrest. Arch Phys Med Rehabil. 1996; 77(10):1071–3.
33. Vergroesen P-PA, van der Veen AJ, Emanuel KS, van Dieën JH, Smit TH. The poro-elastic behaviour of the intervertebral disc: A new perspective on diurnal fluid flow. J Biomech. 2016; 49(6):857–63.
34. Van Dieën JH, Toussaint HM. Spinal shrinkage as a parameter of functional load. Spine. 1993; 18(11):1504–14.
35. Kourtis D, Magnusson ML, Smith F, Hadjipavlou A, Pope MH. Spine height and disc height changes as the effect of hyperextension using stadiometry and MRI. Iowa Orthop J. 2004; 24(-):65–71.
36. Sánchez-Zuriaga D, Adams MA, Dolan P. Is activation of the back muscles impaired by creep or muscle fatigue? Spine. 2010; 35(5):517–25.
37. Fowler NE, Rodacki C de L, Rodacki AL. Spinal shrinkage and recovery in women with and without low back pain. Arch Phys Med Rehabil. 2005; 86(3):505–11.
38. Roopsawang I, Aree-Ue S, Putwatana P. A Follow-Up Study of Health Status in Patients with Chronic Low Back Pain before and after

Spinal Surgery. Ramathibodi Nurs J. 2009; 15(3): 344-60

39. Sivan SS, Wachtel E, Roughley P. Structure, function, aging and turnover of aggrecan in the intervertebral disc. Biochim Biophys Acta. 2014; 1840(10):3181–9.

40. Magnusson M, Hult E, Lindström I, Lindell V, Pope M, Hansson T. Measurement of time-dependent height-loss during sitting. Clin Biomech Bristol Avon. 1990; 5(3):137–42.