

บทที่ 6

ผลการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นข้อเข้าขณะเดิน

จากบทที่ 5 ได้มีการสร้างโมเดลของกระดูกขา เอ็นข้อเข้าแบบ 1 Bundle และแบบ 2 Bundles จากนั้น ในบทนี้จะเป็นการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของทั้ง 2 โมเดลนี้ ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ความเค้น และเค้นความเครียดโดยให้โมเดลมีการเคลื่อนไหวในท่าเดิน โดยใช้มุมการเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับเวลาในขณะเดินที่ได้จากโปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่กล่าวไว้ในบทที่ 5 และค่าคุณสมบัติทางกลของเอ็นข้อเข้าคือ ข้อมูลเฉลี่ยความสัมพันธ์ของความเค้น และความเครียดจากการทดสอบของเอ็นแฮมสตริง

6.1 เงื่อนไข และขอบเขตของการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียด

6.1.1 คุณสมบัติของเอ็นจะใช้เป็นวัสดุไฮเปอร์อีลาสติก ซึ่งจะหาได้จากการทดสอบหาคุณสมบัติทางกลของเอ็นแฮมสตริงซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 โดยจะได้ข้อมูลดังภาพที่ 4.22 มา Fit curve กับโมเดลต่าง ๆ ซึ่งโมเดลที่เหมาะสมที่สุดคือโมเดลของของ โยห์ (Yeoh) อันดับที่ 3

6.1.2 การเคลื่อนไหวในท่าเดินใช้ข้อมูลจากกราฟในหัวข้อ 5.1 ซึ่งจะมีจุดหมุนของต้นขา และจุดหมุนของข้อเข้า

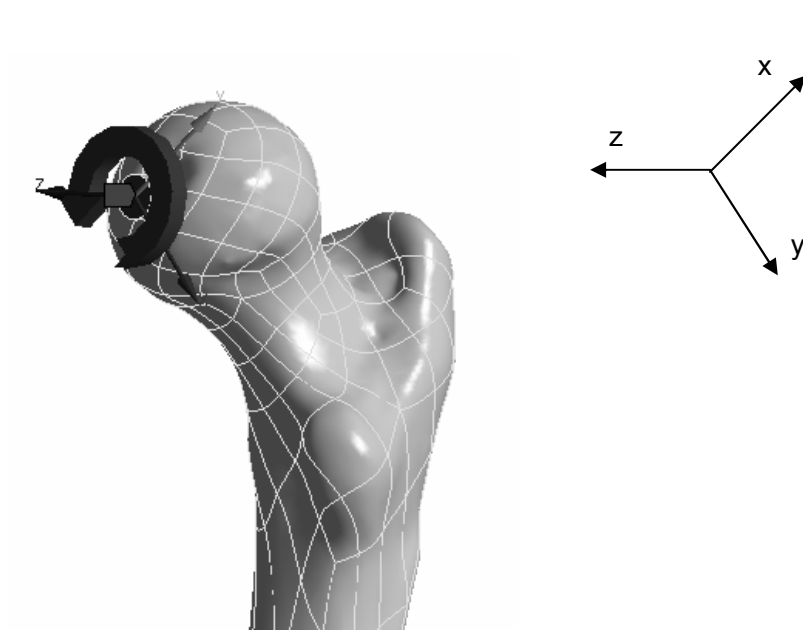
6.1.3 จุดหมุนของต้นขาจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน x y และ z แต่สามารถหมุนได้เฉพาะในแนวแกน z เท่านั้น แสดงดังภาพที่ 6.1

6.1.4 จุดหมุนของข้อเข้าใช้เป็นจุดตัดกันของเส้นตั้งฉากของจุดสัมผัสระหว่างกระดูกต้นขาบน (Femur) และกระดูกน่อง (Tibia) ในมุม 0 องศา และ 30 องศา แสดงดังภาพที่ 6.3 และพื้นที่ที่หมุนรอบจุดหมุนแสดงดังภาพที่ 6.2

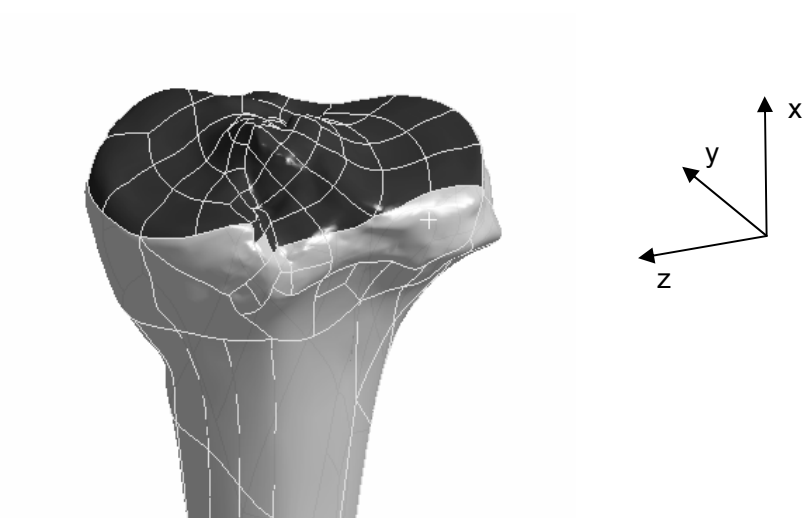
6.1.5 ใช้เอลิเมนต์แบบทรงแปดหน้า 4 จุดต่อ

6.1.6 วิเคราะห์ผลโดยใช้ Minimum time step เท่ากับ 0.02 วินาที

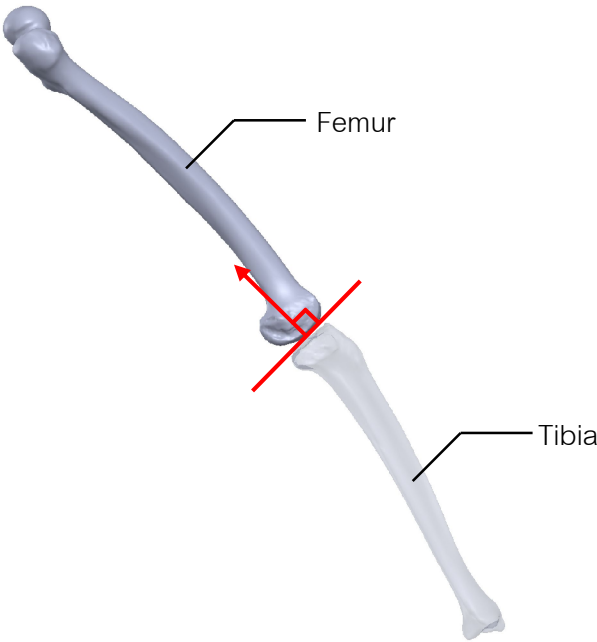
6.1.7 เวลาในการเดินทั้งหมดใช้เวลา 1.23 วินาที



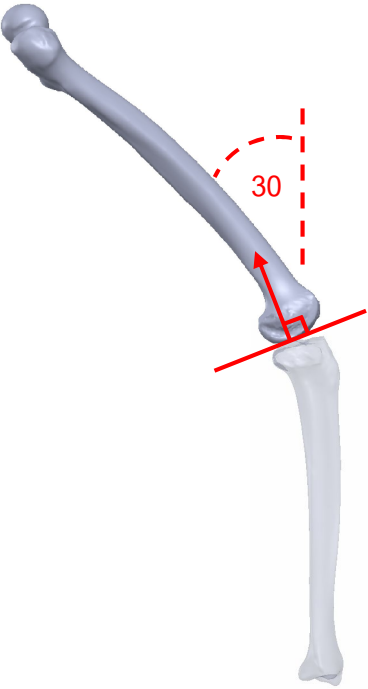
ภาพที่ 6.1
ตำแหน่งจุดหมุนต้นขา



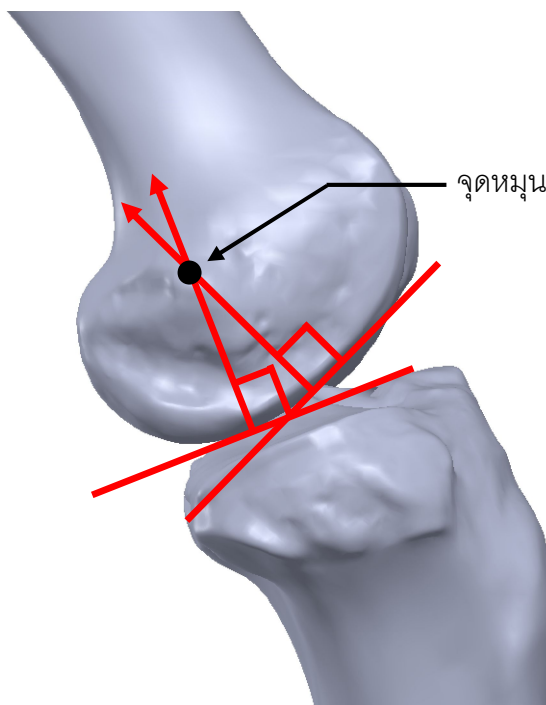
ภาพที่ 6.2
พื้นที่ (พื้นที่สีดำ) ที่หมุนรอบจุดหมุนซึ่งจะหาได้จากภาพที่ 6.3



(n)



(n)



(ค)

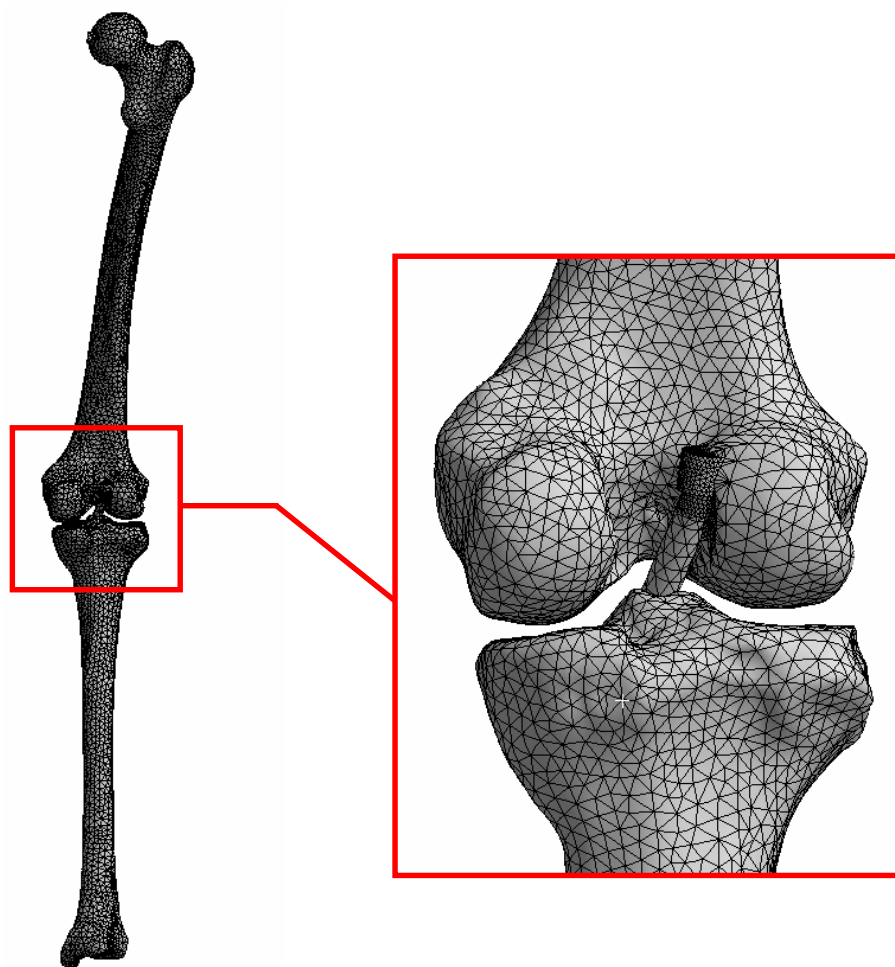
ภาพที่ 6.3

ตำแหน่งจุดหมุนของข้อเข่า

- (ก) เส้นตั้งฉากของจุดสัมผัสของข้อเข่าขณะงอที่มุม 0 องศา
- (ข) เส้นตั้งฉากของจุดสัมผัสของข้อเข่าขณะงอที่มุม 30 องศา
- (ค) จุดหมุนของข้อเข่า (เกิดจากนำ ภาพ (ก) และ (ข) มารวมกัน)

6.2 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นข้อเข่าแบบ 1 Bundle

แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นข้อเข่าแบบ 1 Bundle ใช้เอลิเมนต์แบบ ทรงสี่หน้าแบบ 4 จุดต่อ ซึ่งในโมเดลจะมีทั้งหมด 11,449 เอลิเมนต์และ 19,667 จุดต่อ

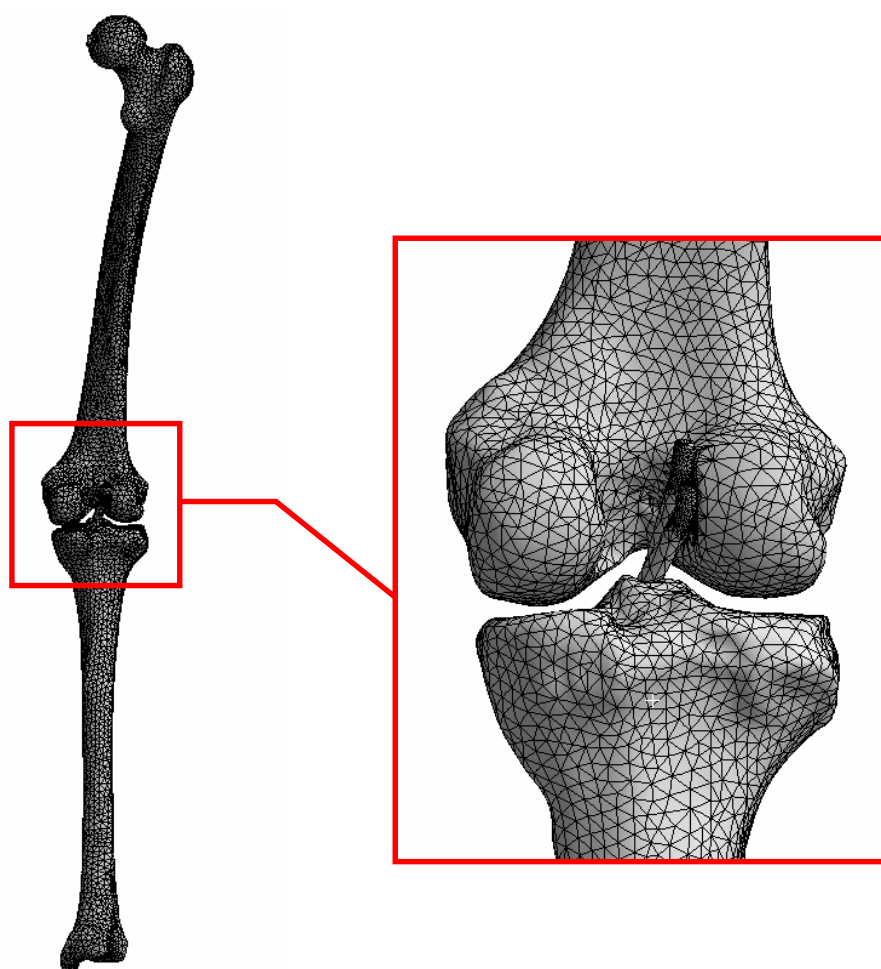


ภาพที่ 6.4

แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นแบบ 1 Bundle

6.3 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นข้อเข่าแบบ 2 Bundles

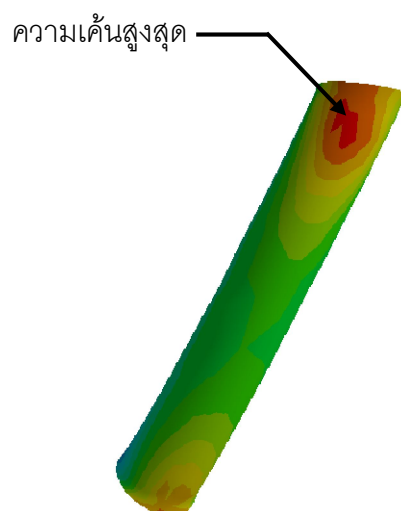
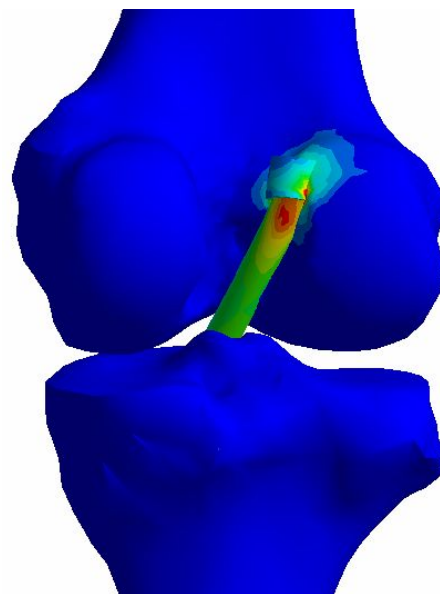
แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของขา และเอ็นข้อเข่าแบบ 2 Bundles ใช้เอลิเมนต์เป็นแบบทรง 4 หน้าแบบ 4 จุดต่อ ซึ่งในโมเดลจะมีทั้งหมด 16,777 เอลิเมนต์ 28,348 จุดต่อ



ภาพที่ 6.5

แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของเอ็นแบบ 2 Bundles

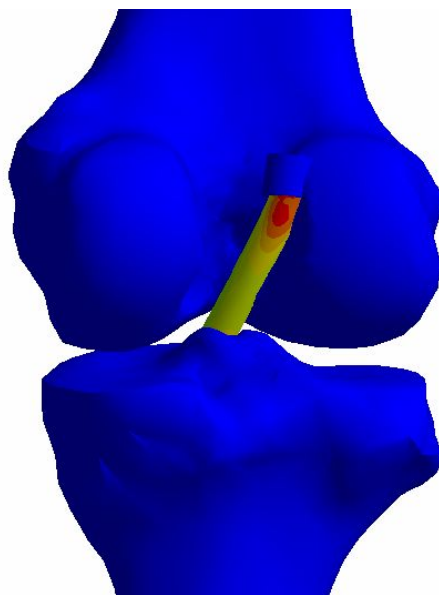
6.4 ผลการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นบริเวณข้อเข่าแบบ 1 Bundle



ภาพที่ 6.6

ผลการวิเคราะห์ความเค้น ของเอ็นแบบ 1 Bundle

ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นในจังหวะขาเหยียดตรง มีค่าเท่ากับ 33.82 MPa



ความเครียดสูงสุด

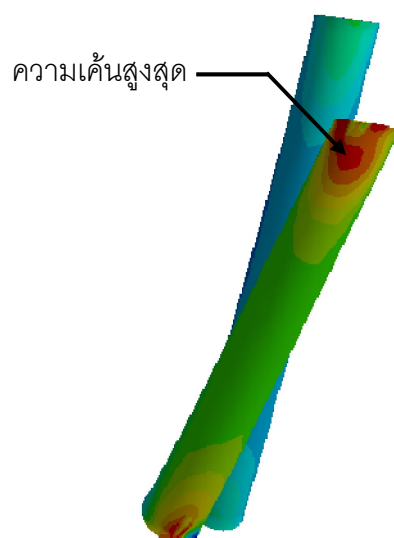
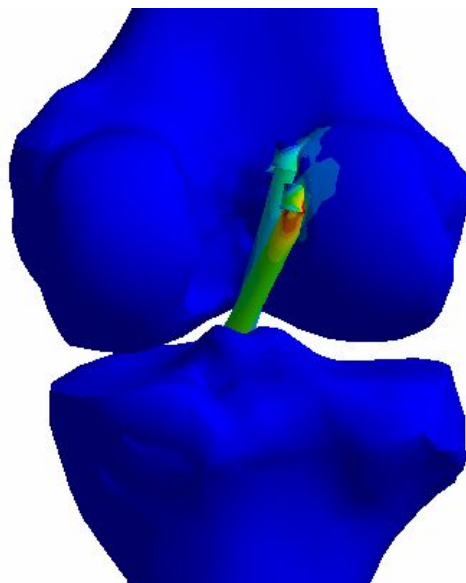


ภาพที่ 6.7

ผลการวิเคราะห์ความเครียด ของเอ็นแบบ 1 Bundle

ค่าความเครียดสูงสุดเกิดขึ้นในจังหวะขาเหยียดตรง มีค่าเท่ากับ 0.16 mm/mm

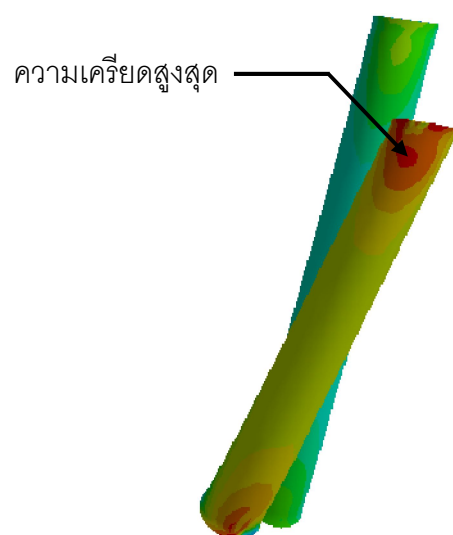
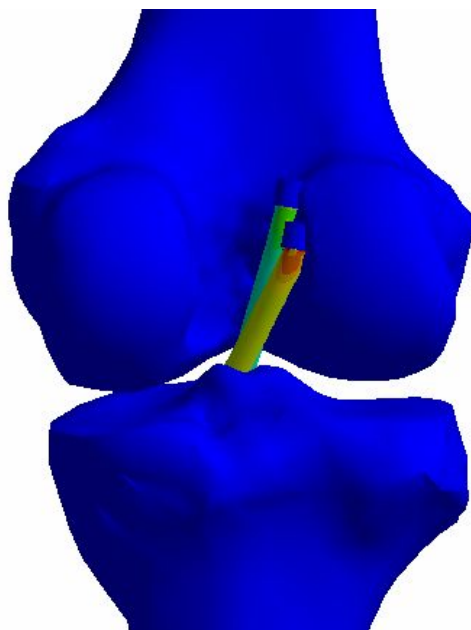
6.5 ผลการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นบริเวณข้อเข่าแบบ 2 Bundles



ภาพที่ 6.8

ผลการวิเคราะห์ความเค้นของเอ็นแบบ 2 Bundles

ค่าความเค้นสูงสุดจะอยู่บน Bundle ของ Posterolateral bundle (PL) เกิดขึ้นใน
จังหวะขาเหยียดตรงมีค่าเท่ากับ 41.87 MPa



ภาพที่ 6.9

ผลการวิเคราะห์ความเครียดของเอ็นแบบ 2 Bundles

ค่าความเครียดสูงสุดจะอยู่บน Bundle ของ Posterolateral bundle (PL) เกิดขึ้นใน
จังหวะขาเหยียดตรง มีค่าเท่ากับ 0.18 mm/mm

6.6 สรุปผลการวิเคราะห์ความเค้นความ และเครียดของเอ็นข้อเข้าแบบ 1 Bundle และแบบ 2 Bundles

จากการวิเคราะห์ความเค้น และความเครียดของเอ็นข้อเข้าแบบ 1 Bundle และแบบ 2 Bundles ให้มีเคลื่อนไหวในท่าเดินจะเห็นว่าเกิดความเค้นสูงสุดและความเครียดสูงสุดอยู่ในช่วงของการเหยียดขาตรง และเกิดขึ้นบริเวณส่วนบนของเอ็น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าเมื่อไหร่ที่มีการเคลื่อนไหวที่ผิดจากเดิมไปเพียงเล็กน้อย ก็จะเป็นผลทำให้เอ็นตรงบริเวณตรงส่วนนั้นเกิดการฉีกขาดได้ ซึ่งก็ตรงตามที่แพทย์พบเจอผู้ป่วยที่ประสบอุบัติเหตุเอ็นไขว้หน้าขาด และมักจะขาดตรงบริเวณส่วนบนของเอ็นอยู่เสมอ

จากความเห็นของผู้วิจัยสาเหตุที่เอ็นมีค่าความเค้น และความเครียดสูงบริเวณส่วนบนน่าจะเกิดจากเมื่อขามีการเหยียดตรงเอ็นบริเวณส่วนบนจะเกิดการงอตัว เพราะตำแหน่งยึดจะอยู่ในลักษณะที่เอียง และขณะเดียวกันจะมีการความตึงเกิดขึ้นเมื่อขามีการเหยียดตรง ซึ่งถ้าเทียบกับส่วนล่างของเอ็นจะเป็นการยึดเอ็นในลักษณะที่ตรง ๆ และเมื่อมีการเคลื่อนไหวก็并不会เกิดการงอตัวมากนัก ด้วยเหตุนี้ค่าความเค้น และความเครียดจึงมีค่าที่สูงในส่วนบน ขณะที่ขามีการเหยียดตรง

ค่าความเค้นสูงสุดของเอ็นแบบ 2 Bundles จะมีค่ามากกว่าเอ็นแบบ 1 Bundle อยู่ 12.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าความเครียดสูงสุดของเอ็นแบบ 2 Bundles จะมีค่ามากกว่าเอ็นแบบ 1 Bundle อยู่ 23.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการเคลื่อนไหวในท่าเดินกับตำแหน่งของจุดเริ่มต้นของเอ็น (Origin) และจุดยึดสุดท้าย (Insertion) ในแบบ 2 Bundles จะมีการยึดที่แตกต่างกันกับ แบบ 1 Bundle ซึ่งเป็นผลทำให้เอ็นแบบ 2 Bundles เกิดระยะยืดมากกว่าแบบ 1 Bundle