# เทคนิคการใช้น้ำเย็น อัตราการไหลของน้ำ สว่านขนาดเล็กนำร่องเพื่อการลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ในการศึกษานำร่องจากการเจาะกระดูกต้นขาวัว

*นครินทร์ พจน์อริยะ* [1]

รับบทความ: 19 มีนาคม 2564 ปรับแก้บทความ: 10 มิถุนายน 2564 ตอบรับตีพิมพ์: 24 มิถุนายน 2564

## บทคัดย่อ

**หลักการและเหตุผล** : อุณหภูมิที่สูงขึ้นจากการใช้สว่านเจาะกระดูกสามารถเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะกระดูกไม่ติดกันหรือภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ตามมาได้ มีการศึกษาและเทคนิคมากมายก่อนหน้าที่สามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการใช้สว่านเจาะกระดูก แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคที่เคยมีมาก่อนมักจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ราคาแพง ใช้เทคนิคระดับสูงในการลดอุณหภูมิ ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วจะไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ จุดประสงค์ของการศึกษานี้ผู้วิจัยมีความมุ่งเน้นที่จะศึกษาเปรียบเทียบการลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการเจาะกระดูกด้วยเทคนิคที่ทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการเจาะกระดูกเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิของน้ำที่อุณหภูมิห้อง การใช้อัตราการไหลของน้ำที่ต่างกันในการลดอุณหภูมิระหว่างการใช้หยดน้ำกับการปล่อยไหลตามปกติ และมีการเพิ่มสมมติฐานการทดลองในการใช้ดอกสว่านขนาดเล็กเพื่อเจาะนำร่องก่อนใช้ดอกสว่านขนาดใหญ่เจาะตามเพื่อลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น

**วัสดุและวิธีการ** : งานวิจัยทำในรูปแบบการทดลอง โดยการวัดอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้น ในการใช้สว่านเจาะกระดูกต้นขาวัว วัดอุณหภูมิโดยใช้เลเซอร์เทอร์โมมิเตอร์ โดยรายงานผลออกมาในรูปแบบค่าเฉลี่ยทางสถิติและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกระบวนการทดลองเพื่อลดความร้อน จะมีอยู่ 3 รูปแบบคือ 1. การลดความร้อนโดยการใช้น้ำเย็นเทียบกับน้ำที่อุณหภูมิห้อง (4 °C, 25°C) 2. การใช้อัตราการไหลของน้ำในความเร็วที่ต่างกันในการลดอุณหภูมิ โดยใช้หยดน้ำ (20 หยด./นาที.) เทียบกับปล่อยไหลตามปกติ 3. การใช้ดอกสว่านขนาดเล็กเจาะนำร่อง (2.0/2.5 มม., 2.0/3.2 มม.)

**ผลการศึกษา** : ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะทำการเจาะกระดูก ของแต่ละเทคนิคได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. เทคนิคการใช้น้ำเย็นและน้ำที่อุณหภูมิห้องเพื่อลดอุณหภูมิ เท่ากับ 42.5 ±2.46 °C และ 49.8 ±2.58 °C ตามลำดับ

2. เทคนิคการใช้อัตราการไหลของน้ำแบบใช้การปล่อยไหลและการใช้หยดน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ เท่ากับ 39.4 ±0.85 °C และ 42.2 ±1.02 °C ตามลำดับ

3. เทคนิคการใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่องของการใช้ขนาด 2.0 มม. ตามด้วยขนาด 2.5 มม. และ 2.0 มม. ตามด้วยขนาด 3.2 มม. และไม่ใช้สว่านนำร่อง เท่ากับ 41.5±0.6 °C, 42 ±0.97 °C, 49.8 ±2.5 °C ตามลำดับ

**สรุป**: เทคนิคในการลดอุณหภูมิโดยการใช้น้ำเย็น การใช้อัตราการไหลของน้ำแบบปล่อยไหล การใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่อง น่าจะสามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะทำการเจาะกระดูก ซึ่งจะสามารถส่งผลดีต่อการลดอัตราการตายของกระดูกจากความร้อนที่เกิดขึ้นได้

**คำสำคัญ:** การเจาะกระดูก การตายของกระดูก ความร้อน เทคนิคพื้นฐาน

[1] กลุ่มงานออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี

**ผู้นิพนธ์ที่รับผิดชอบบทความ:** นพ.นครินทร์ พจน์อริยะ กลุ่มงานออร์โธปิดิกส์ โรงพยาบาลพิบูลมังสาหาร ตำบลพิบูล อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี 34110 โทรศัพท์ 087 123 1523 อีเมล: rukluck@hotmail.com

## บทนำ

หลักการและแนวคิดของการทำ internal fixation ในการเจาะวัสดุที่มีความหนาแน่นมากจะทำให้เกิดแรงเสียดทานที่สูง จะทำให้เกิดความร้อนที่สูงขึ้นตามมา ความร้อนที่สูงนั้นสามารถนำไปสู่การทำลายเซลล์กระดูกได้ (thermal osteonecrosis) โดยข้อมูล ณ ปัจจุบัน มีการศึกษาหลาย ๆ การศึกษาที่ตีพิมพ์ออกมาอย่างต่อเนื่อง ในหัวข้อของผลที่กระดูกได้รับจากความร้อน[1-7] การค้นหาเทคนิคต่าง ๆ ที่ช่วยในการลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น เช่น ความเร็วรอบของสว่าน[2,8-12] การใช้สารลดอุณหภูมิ[3] แรงกดและระยะเวลาที่กดสว่าน (duration)[6,13,14] การเปลี่ยนรูปแบบหน้าตัดและขนาดของเหล็กสว่าน (drill-bit geometry)[10-12,15-18] หรือแม้แต่มีการเปรียบเทียบลักษณะของเหล็กในแต่ละบริษัทที่ผลิต[19] การเอาสารเคลือบเย็น (cooling liquid: zirconium nitride /zirconium oxide) ที่นำมาเพื่อช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้น[20] เป็นต้น แต่ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่แล้วต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง หรือต้องจัดหาอุปกรณ์พิเศษ (newly drilling system) และส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยในสัตว์ทดลอง[21-22]

มีการศึกษาในทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความร้อนต่อการทำลายของกระดูก (thermal osteonecrosis) ซึ่งนำมาถึงภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่ยากต่อการรักษา สูญเสียเวลาและทรัพยากรค่าใช้จ่ายในการรักษาเป็นอย่างมาก มีงานวิจัยพบว่าความร้อนทำให้เกิดภาวะการเสื่อมของกระดูก (osteoarthritis)[1] การศึกษาการลดความร้อนที่จะช่วยลดการเกิดการทำลายเส้นประสาท (neuropathy)[3] การศึกษาผลกระทบต่างๆของความร้อน[4,22] การศึกษาถึงขอบเขตของการกระจายความร้อน (thermal 3D distribution)[15,24,25] การเกิดการติดเชื้อของเหล็ก (pin tract infection) ที่นำไปสู่การติดเชื้อในกระดูก (osteomyelitis)[26-33] เทคนิคที่ช่วยลดโอกาสการเกิดการติดเชื้อ[4,5,7,23,34] ยกตัวอย่าง เช่น การใช้ iodine-coated titanium pin[34] เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ตัดชิ้นเนื้อออกมาเพื่อดูพื้นที่การตายของเซลล์ (area of necrosis) [35-37]

มีการศึกษาใกล้เคียงกับแผนการวิจัยที่ผู้วิจัยจะทำ คืองานวิจัยของ Isler และคณะ[21] ในปีพ.ศ. 2554 ใช้อุปกรณ์พื้นฐานทั่วไป และมีการตัดชิ้นเนื้อเพื่อยืนยันการฟื้นตัวของกระดูก ซึ่งจากงานวิจัยบอกเพียงแค่น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C ลดอุณหภูมิของการตัดกระดูก (osteotomy) ได้จริงเมื่อเทียบกับ 25 °C หากแต่ไม่ได้เป็นการศึกษาในการเจาะกระดูก (drilling) และเป็นการทำในหนูทดลองที่เป็นสัตว์ขนาดเล็ก ดังนั้นผลการศึกษาที่ได้อาจจะไม่สามารถนำไปแปลผล เพื่อที่มาใช้ในมนุษย์ได้โดยตรงนัก และมีการศึกษางานวิจัยของ Palmisano และคณะ[36] ในปีพ.ศ. 2558 พบว่าการใช้ K-wire เปรียบเทียบกับ drill-bit พบว่ามีความร้อนที่แตกต่างกันสูงสุดถึง 13°C ในการเจาะกระดูก ทั้งยังมีบทความรวบรวมการศึกษาของ Timon และคณะ[37] ที่ตีพิมพ์ในปีพ.ศ. 2562 ซึ่งได้รวบรวมจากฐานการศึกษาในอดีตจนถึงปี พ.ศ. 2560 พบว่าหากอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 47°C นานเกิน 1 นาทีการฟื้นตัวของเซลล์กระดูกจะลดลง และหากอุณหภูมิสูงขึ้นเกิน 70°C จะเกิดการตายของเซลล์ทันที

จะเห็นได้ว่าความร้อนเป็นหัวข้อหนึ่งที่มีการศึกษาในผลกระทบต่อการตายของกระดูกและมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก ดังนั้นผู้นิพนธ์จึงออกแบบโดยใช้กระดูกต้นขาของกระดูกวัว ที่เป็นกระดูกขนาดใหญ่และความหนาแน่นมาก เวลาที่ทำการเจาะกระดูกย่อมเกิดความร้อนที่สูง และจากการค้นข้อมูลงานวิจัยยังไม่พบว่ามีงานวิจัยไหนที่ทำการเจาะกระดูกที่มีขนาดใหญ่ร่วมกับการใช้เทคนิคอย่างง่าย ๆ เช่น ใช้น้ำเย็น ใช้อัตราการไหลของน้ำที่เร็วขึ้น หรือใช้สว่านขนาดเล็กนำร่อง เพื่อลดอุณหภูมิ การศึกษานี้จะเป็นการศึกษานำร่อง ก่อนที่จะนำไปสู่การวิจัยในทางคลินิก เพื่อศึกษาถึงอุณหภูมิที่เกิดขึ้น เพิ่มนำไปสู่การลดผลกระทบต่อการตายของกระดูกจากความร้อน อาจนำไปสู่การพัฒนางานวิจัยในการลดอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ทางคลินิก

**วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

การศึกษานี้จะเป็นการศึกษานำร่อง ก่อนที่จะพัฒนาไปการศึกษาในมนุษย์ เพื่อหลีกเลี่ยงภาวะแทรกซ้อนจากการศึกษาต่อมนุษย์ โดยการศึกษานี้จะศึกษากระดูกของวัว (fresh bovine cadaveric study) เนื่องจากเป็นสัตว์ขนาดใหญ่ที่มีลักษณะกระดูกต้นขาใกล้เคียงกับมนุษย์ เพื่อเหตุผลที่จะต้องการแปลผลให้ใกล้เคียงกับมนุษย์มากที่สุด ซึ่งจะเน้นไปที่การใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีอยู่แล้วในโรงพยาบาลโดยทั่วไป

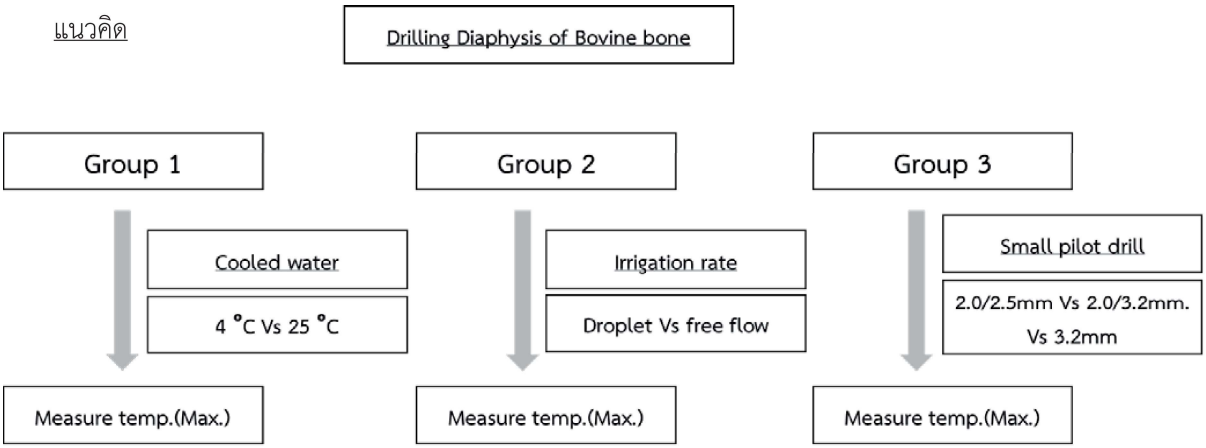
<u>วัตถุประสงค์การศึกษา</u> ศึกษาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการเจาะกระดูกเมื่อใช้เทคนิคลดอุณหภูมิต่าง ๆ ประกอบไปด้วย

1. การใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องเปรียบเทียบกับการใช้น้ำเย็น
2. การใช้อัตราการไหลของน้ำด้วยความเร็วต่าง ๆ กัน (droplet vs free flow)
3. การใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่องก่อนการเจาะด้วยขนาดปกติ

**วิธีดำเนินการวิจัย**

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบ Experimental study โดยการศึกษานี้จะศึกษากระดูกของวัว (fresh bovine cadaveric bone) เพื่อหาความร้อนที่เกิดจากการเจาะกระดูกร่วมกับการใช้เทคนิคต่าง ๆ ในการลดอุณหภูมิ วัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่อง laser thermometer ยี่ห้อ LEGA® รุ่น LT760GX (range -60 -760°C, accuracy±2 °C)

<u>แนวคิด</u>



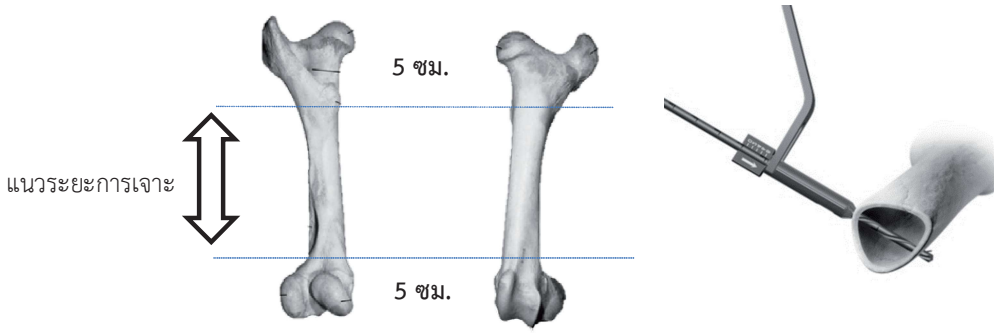

**วิธีดำเนินการวิจัย**

<u>รูปแบบกรณีศึกษา</u>

การศึกษามุ่งเน้นที่จะหาการลดอุณหภูมิว่าวิธีต่าง ๆ ของเทคนิคที่นำเสนอมีการลดอุณหภูมิได้อยู่ในช่วงเท่าไหร่ โดยจะแบ่งการศึกษาเป็น 3 กรณี คือ การใช้น้ำเย็น (cooling saline) การใช้อัตราการไหลของน้ำ (irrigation rate) ที่เพิ่มมากขึ้น ในการลดของอุณหภูมิในการเจาะกระดูก การใช้เหล็กสว่านขนาดเล็กเจาะนำร่องก่อนใช้ขนาดจริง ในการลดอุณหภูมิในการเจาะกระดูก

<u>การจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อการทดลอง</u>

1. การศึกษาใช้ส่วนกลางของกระดูกต้นขา (mid - diaphysis) ในการเป็นต้นแบบในการทดสอบ จากนั้นลากเส้นจากแกนกลางของกระดูก ให้ห่างจากส่วนปลาย (distal femur) และส่วนต้นของกระดูก (nearly lesser trochanter of femur) ประมาณ 5 ซม. (ภาพที่ 1) เพื่อที่จะกำหนดระยะว่าจะไม่เจาะเกินระยะนี้ โดยให้ส่วนที่เกินมีพื้นที่พอที่จะใช้ปากกาจับชิ้นงาน (Bench Vise) หนีบกระดูกได้อย่างมั่นคงเพื่อทำการทดลอง




**ภาพที่ 1**: ภาพตำแหน่งการวัดระยะของกระดูก และตำแหน่งด้านบน-ล่างสำหรับจับกระดูก

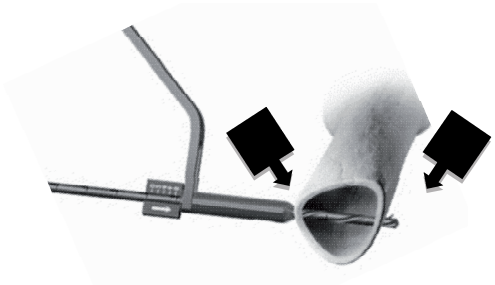
2. ต่อ extension tube set (20 drop/min) เข้ากับเครื่อง infusion pump และขวดน้ำเกลือ และทดสอบการไหลที่ระดับ 20 drop/min.(60cc/hr.), free flow rate เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย

3. ปรับอุณหภูมิห้องให้อยู่ที่ 25 °C กับแช่น้ำเกลือสำหรับการทำการทดลองในตู้ควบคุมความเย็นจนได้อุณหภูมิ 4 °C และใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดทดสอบซ้ำก่อนจะนำมาทดลอง

4. อุปกรณ์ที่จะใช้เจาะกระดูก ประกอบไปด้วย ดอกสว่านและสว่าน โดยตั้งความเร็วที่ 1200 รอบ/นาที

5. ตั้งค่าเครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด โดยให้เลเซอร์ทั้งสองชี้ไปยังตำแหน่งตรงกันกับจุดที่จะยิงเข้า-ออกที่จะยิงลำแสง ของกระดูกด้านใกล้ (near cortex) และด้านไกล (far cortex) ปรับสมดุลเครื่องให้เท่ากันกับอุณหภูมิห้องและเท่ากันทั้งสองเครื่อง ขั้นตอนการบันทึกและการทำการทดลองจะใช้ผู้ช่วยทำการทดลองบันทึกข้อมูล โดยบันทึกจากค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ขึ้น

6. การเจาะกระดูกแต่ละครั้งจะไม่ทำซ้ำในตำแหน่งเดิมที่เจาะ โดยแนวยิงให้ขนานไปกับส่วนที่กว้างที่สุดของกระดูก ดังภาพ (ภาพที่ 2) ร่วมกับรอให้อุณหภูมิของกระดูกและสว่านที่ใช้เจาะลงมาสู่อุณหภูมิห้องก่อนแล้วค่อยทำการทดลองต่อ โดยดูจากตัวเลขเครื่องวัดให้เท่ากันทั้ง 2 เครื่องและเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนเจาะกระดูกครั้งใหม่



**ภาพที่ 2** ทิศทาง laser pointer ของ laser thermometer และแนวยิงสว่าน

7. การเจาะกระดูกทำทั้งสิ้น 30 ครั้ง โดยผู้ทำการเจาะกระดูก 2 คน (แบ่ง 15 ครั้งแรก-หลัง) (inter-intra observer reliability) การทดลองจะทำทั้งสิ้น 2 รอบ โดยครั้งที่สองห่างจากครั้งแรก 8 ชั่วโมง

| | ทำการเจาะครั้งที่ | |
|---|---|---|
| | คนที่ 1 | คนที่ 2 |
| เจาะรอบแรก | 1-8 | 9-15 |
| เจาะรอบที่สอง (>8hrs.) | 16-22 | 23-30 |

**ตารางที่ 1 :** รายละเอียดการแบ่งจำนวนครั้งในการเจาะของแต่ละผู้ทำการทดลอง

ขั้นตอนสำหรับแต่ละกรณี

กรณีที่ 1 การใช้ น้ำเย็น (cooling saline) ในการลดอุณหภูมิในการเจาะกระดูก

1. เตรียมเครื่องมือตามขั้นตอนทั่วไป

2. ตั้งตำแหน่งของสายน้ำเกลือและต่อขวดน้ำเกลือ โดยให้ปลายน้ำเกลือไหลมาที่ปลายสายพอดี โดยอุณหภูมิของน้ำเกลือที่ใช้จะอยู่ที่ 4±2 °C และ 25 ±2 °C

3. ตั้งความเร็วของการไหลของน้ำเกลือให้อยู่ที่ 20 drop/min. (60cc/hr.) โดยใช้เครื่อง infusion pump

4. วัดอุณหภูมิของน้ำเกลือที่ใช้ในการทดลองซ้ำอีกครั้งก่อนที่จะเริ่มการทดลองว่าอยู่ที่อุณหภูมิกี่องศา โดยใส่ในแก้วน้ำ วัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด

5. ใช้สว่านที่เปิดใหม่ ขนาด 2.5 มม. จากนั้นเริ่มเจาะกระดูก พร้อมให้ผู้ช่วยทดลองเอาน้ำเกลือที่ได้อุณหภูมิที่ทำการทดลองจากสายน้ำเกลือมาช่วยใส่ในบริเวณที่กำลังเจาะกระดูก โดยให้ห่างจากบริเวณที่เจาะกระดูกประมาณ 10-20 ซม.

6. รูปแบบการเจาะกระดูกและการบันทึกการวัดอุณหภูมิจะทำรูปแบบเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 5-7 ของขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์

กรณีที่ 2 การศึกษาอัตราการไหลของน้ำ (irrigation rate) ที่เพิ่มขึ้น กับการลดของอุณหภูมิกระดูก

1. เตรียมเครื่องมือตามขั้นตอนทั่วไป

2. ตั้งตำแหน่งของสายน้ำเกลือและต่อขวดน้ำเกลือ โดยให้ปลายน้ำเกลือไหลมาที่ปลายสายพอดี ร่วมกับตั้งค่าความเร็วของการไหลตามที่จะทดลอง อุณหภูมิของน้ำเกลือใช้ 25 ±2 °C (อุณหภูมิห้อง)

3. ตั้งความเร็วของการไหลของน้ำเกลือให้อยู่ที่ 20 drop/min. (60cc/hr.) โดยใช้เครื่อง infusion pump ควบคุมอัตราการไหล ในส่วน free flow rate แขวนขวดน้ำเกลือที่ระดับความสูงจากพื้นโต๊ะทดลองประมาณ 1 เมตร ปล่อยให้น้ำเกลือไหลตามแรงโน้มถ่วงผ่าน extension tube

4. ใช้สว่านที่เปิดใหม่ขนาด 2.5 มม. จากนั้นเริ่มเจาะกระดูก พร้อมกับให้ผู้ช่วยทดลองเอาน้ำเกลือที่อุณหภูมิ ห้องมาช่วยใส่ในบริเวณที่กำลังเจาะกระดูก โดยให้ห่างจากบริเวณที่เจาะกระดูกประมาณ 10-20 ซม.

5. รูปแบบการเจาะกระดูกและการบันทึกการวัดอุณหภูมิจะทำรูปแบบเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ขั้นตอนที่ 5-7 ของขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์

กรณีที่ 3 การใช้ ดอกสว่านขนาดเล็กเจาะนำร่องก่อนการเจาะ ในการลดอุณหภูมิในการเจาะกระดูก

1. เตรียมเครื่องมือตามขั้นตอนทั่วไป

2. ใช้สว่านที่เปิดใหม่ขนาดเล็กทำการเจาะก่อน หลังจากนั้นใช้ขนาดที่สองเจาะตามทันที โดยไม่ต้องรอว่าอุณหภูมิจากการเจาะครั้งแรกเป็นเท่าไหร่

i. ใช้สว่าน 3.2 มม.

ii. ใช้สว่าน 2.0 มม. ตามด้วย 2.5 มม.

iii. ใช้สว่าน 2.0 มม. ตามด้วย 3.2 มม.

3. รูปแบบการเจาะกระดูกรูปแบบเช่นเดียวกับขั้นตอนเตรียมอุปกรณ์

4. การบันทึก จะทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิที่สูงที่สุดไม่ว่าเกิดจากการเจาะครั้งแรกหรือครั้งที่สอง

คำนิยามศัพท์เฉพาะหรือ จำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **Thermal osteonecrosis**: การตายของกระดูกจากความร้อน

2. **Irrigation**: การเอาของเหลว เช่น น้ำเกลือมาปล่อยให้ไหลผ่านบริเวณที่ต้องการ

3. **Drilling**: การเจาะกระดูกโดยใช้สว่าน

4. **Drilling force**: แรงกดที่ใช้กดสว่าน

5. **Infusion pump**: อุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ช่วยควบคุมการไหลของสารน้ำ

6. **Cooling saline**: น้ำเกลือ (0.9% normal saline) ที่อุณหภูมิ 4°C

7. **Droplet flow:** ความเร็วของการไหลของน้ำเกลือ ที่ความเร็ว 20 drop/min. (60cc/hr.)

8. **Free flow rate:** ความเร็วของการไหลของน้ำเกลือ เมื่อปล่อยให้น้ำเกลือไหลตามแรงโน้มถ่วง โดยแขวนขวดน้ำเกลือที่ระดับความสูงจากพื้นโต๊ะทดลองประมาณ 1 เมตร

## การเก็บข้อมูล

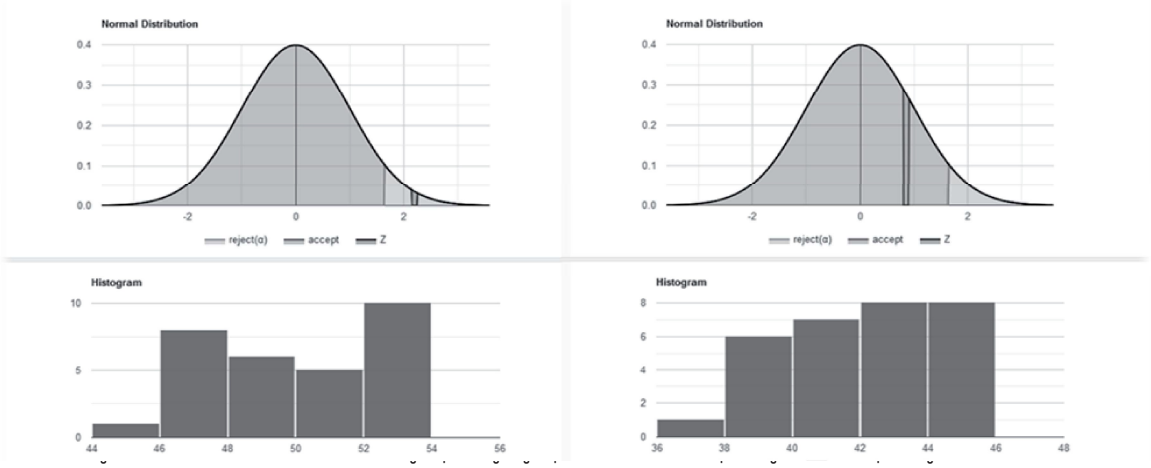
การวิจัยนี้ใช้การเก็บข้อมูลโดยการวัดอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นในขณะทำการเจาะกระดูก

| Attempt | Saline Temp (°C) | | Attempt | Flow rate | | Attempt | No pilot drilling (3.2mm.) | Drill size 1st. /2nd | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | no cooling | cooling | | 20 drop/min | free flow | | | 2.0/2.5mm. | 2.0/3.2mm. |
| | temp (°C) | temp (°C) | | temp (°C) | temp (°C) | | temp (°C) | temp (°C) | temp (°C) |
| 1 | 53.5 | 45.8 | 1 | 43.8 | 40.7 | 1 | 46.1 | 42.5 | 40.5 |
| 2 | 46.1 | 44.2 | 2 | 41.3 | 39 | 2 | 50 | 41.3 | 43.2 |
| 3 | 47.1 | 41.5 | 3 | 41.3 | 39.5 | 3 | 53.5 | 41.1 | 43 |
| 4 | 53 | 40.6 | 4 | 42.9 | 39 | 4 | 50.6 | 42.2 | 41.7 |
| 5 | 46.1 | 44.9 | 5 | 41 | 40.5 | 5 | 51.2 | 41.9 | 41.9 |
| 6 | 50.8 | 44.2 | 6 | 42.8 | 39.3 | 6 | 51.9 | 41.2 | 41 |
| 7 | 47.5 | 43.6 | 7 | 42.3 | 38.7 | 7 | 47.1 | 41.9 | 41.7 |
| 8 | 52.6 | 43.6 | 8 | 40.9 | 38.5 | 8 | 53.5 | 41.9 | 41.1 |
| 9 | 52.2 | 42.5 | 9 | 43.4 | 38 | 9 | 47.6 | 41.4 | 41.6 |
| 10 | 52.7 | 37.5 | 10 | 40.7 | 39.7 | 10 | 52.9 | 40.6 | 40.8 |
| 11 | 53 | 45.8 | 11 | 43.5 | 39.4 | 11 | 52.6 | 41 | 43.4 |
| 12 | 53.2 | 45.2 | 12 | 41 | 39 | 12 | 48.5 | 41 | 42.3 |
| 13 | 51.2 | 42.9 | 13 | 43 | 39.5 | 13 | 49.5 | 40.9 | 40.7 |
| 14 | 50.3 | 41.3 | 14 | 40.8 | 40 | 14 | 52.7 | 41.4 | 42.8 |
| 15 | 48.5 | 40.7 | 15 | 40.7 | 40.2 | 15 | 50.8 | 40.7 | 42.4 |
| 16 | 49.9 | 39.2 | 16 | 41.3 | 40.5 | 16 | 53.1 | 42 | 42.2 |
| 17 | 48.2 | 43 | 17 | 41.8 | 40.7 | 17 | 47.4 | 42 | 43.7 |
| 18 | 50.6 | 39.8 | 18 | 43.4 | 38.5 | 18 | 46.1 | 40.9 | 40.6 |
| 19 | 46.1 | 38.6 | 19 | 42.8 | 39.4 | 19 | 50.3 | 41.8 | 41.5 |
| 20 | 53.1 | 45.4 | 20 | 43 | 40.3 | 20 | 53 | 41.4 | 42.5 |
| 21 | 47.4 | 43.6 | 21 | 43.6 | 39 | 21 | 47.3 | 42.4 | 42.1 |
| 22 | 49.2 | 38.9 | 22 | 41.5 | 39.5 | 22 | 49.2 | 41.1 | 42.8 |
| 23 | 47.1 | 38 | 23 | 41 | 39.9 | 23 | 48.4 | 41.6 | 41.1 |
| 24 | 48.4 | 42.1 | 24 | 42.2 | 39 | 24 | 46.5 | 42.5 | 42.1 |
| 25 | 52.4 | 39.3 | 25 | 42.9 | 38.5 | 25 | 45.8 | 42.2 | 41.6 |
| 26 | 49.5 | 43.2 | 26 | 42.6 | 39.9 | 26 | 47.6 | 41.1 | 40.6 |
| 27 | 52.9 | 44.6 | 27 | 42.7 | 40.6 | 27 | 52.4 | 40.9 | 42.9 |
| 28 | 47.6 | 41.3 | 28 | 41.6 | 40.5 | 28 | 49.5 | 42 | 42.9 |
| 29 | 45.8 | 40.3 | 29 | 43.2 | 37.9 | 29 | 52.6 | 40.5 | 42.9 |
| 30 | 50 | 40 | 30 | 42.9 | 37.9 | 30 | 48.2 | 42.3 | 43.8 |
| **ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ (Mean)** | 49.8 (SD=2.58) | 42.0 (SD=2.46) | | 42.2 (SD=1.02) | 39.4 (SD=0.85) | | 49.8 (SD=2.54) | 41.5 (SD=0.6) | 42.0 (SD=0.97) |
| **p-value** (Independent t-tes ) | **p-value** <0.0001 | | | **p-value** <0.0001 | | | **p-value** <0.0001 | | **p-value** = 0.0078 |

**หมายเหตุ** p-value สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิระหว่าง 2 เทคนิค โดยใช้สถิติ Independent t-test

## การวิเคราะห์ผลการวิจัย

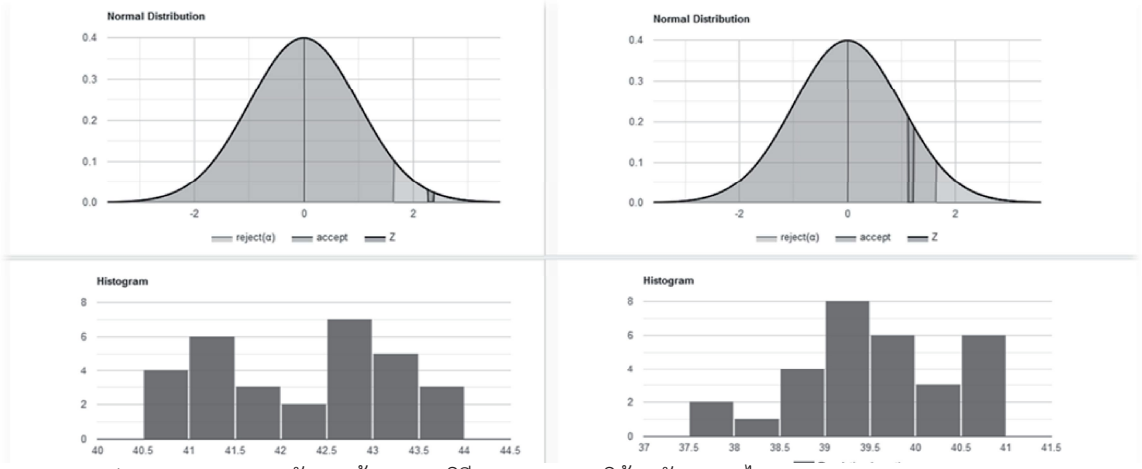
วิเคราะห์หาค่าการแจกแจงการกระจายตัวข้อมูลโดยใช้ Shapiro-Wilk Test ค่าเฉลี่ยทางสถิติ (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร่วมกับการคำนวณค่านัยสำคัญทางสถิติโดยใช้สถิติ Independent t-test เนื่องจากข้อมูลน้อยกว่า 50 ตัวอย่าง จึงได้ทดสอบการแจกแจงโดยใช้ Shapiro-Wilk Test พบว่าข้อมูลทั้งหมดมีการกระจายตัวแบบปกติ (normal curve distribution)




รูปแสดงการกระจายตัวของข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดของวิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำอุณหภูมิห้องและน้ำเย็น

<u>กรณีที่ 1</u> : ผลการทดลองเปรียบเทียบการเจาะกระดูกระหว่างน้ำที่อุณหภูมิห้องกับน้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิจากการเจาะกระดูก

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง (25 ±2 °C) เพื่อลดอุณหภูมิจากการเจาะกระดูก วัดอุณหภูมิสูงสุดได้ Range : 45.8 – 53.5 °C Mean : 49.8 °C SD : 2.58 และการใช้น้ำเย็น (4 ±2 °C) อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ Range : 37.5 – 45.8 °C Mean : 42 °C SD : 2.46

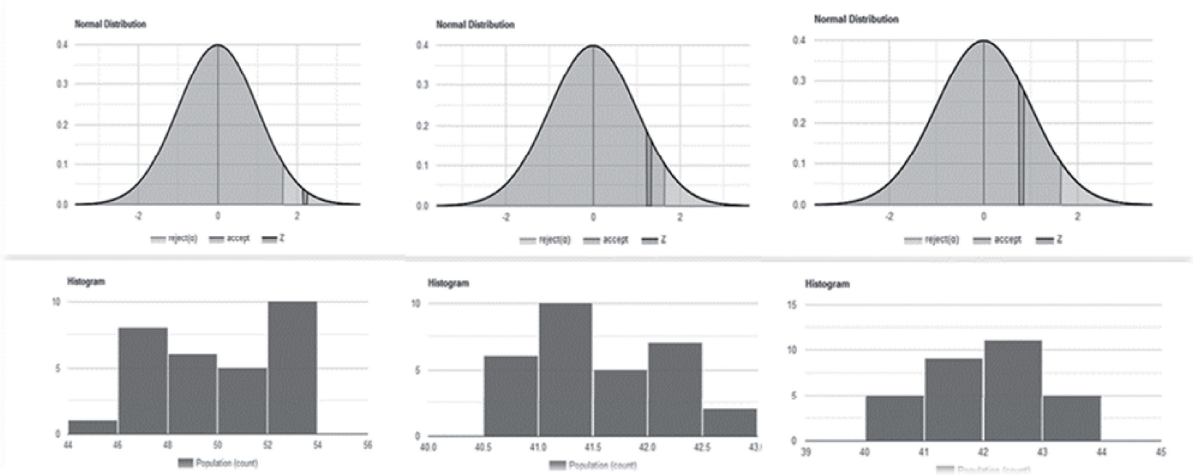



รูปแสดงการกระจายตัวของข้อมูลของวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอัตราการไหล 20drop min และ free flow

รูปแสดงการกระจายตัวของข้อมูลของวิธีการลดอุณหภูมิด้วยอัตราการไหล 20drop/min. และ free flow

กรณีที่ 2 : ผลการทดลองเปรียบเทียบการลดอุณหภูมิของการเจาะกระดูก ในการใช้อัตราการไหลของน้ำ

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำการใช้น้ำหยดเพื่อลดอุณหภูมิ Droplet (20drop/min.) เมื่อทำการเจาะกระดูกสามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดได้อยู่ในช่วง Range : 40.7 – 43.8 °C Mean : 42.2 °C SD : 1.02 และเมื่อทำการลดอุณหภูมิโดยใช้อัตราการไหลแบบ free flow rate สามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดได้อยู่ในช่วง Range : 37.9 – 40.7 °C Mean ; 39.4 °C SD : 0.85




รูปแสดงกราฟแท่งของข้อมูลของผู้ป่วยกรณีใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่องก่อนใช้สว่านขนาดใหญ่
(No pilot drilling, 2.0/2.5mm., 2.0/3.2mm.)

กรณีที่ 3 : ผลการทดลองเปรียบเทียบการลดอุณหภูมิของการเจาะกระดูก เมื่อใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่องโดยวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นสูงสุดขนาดเจาะกระดูก

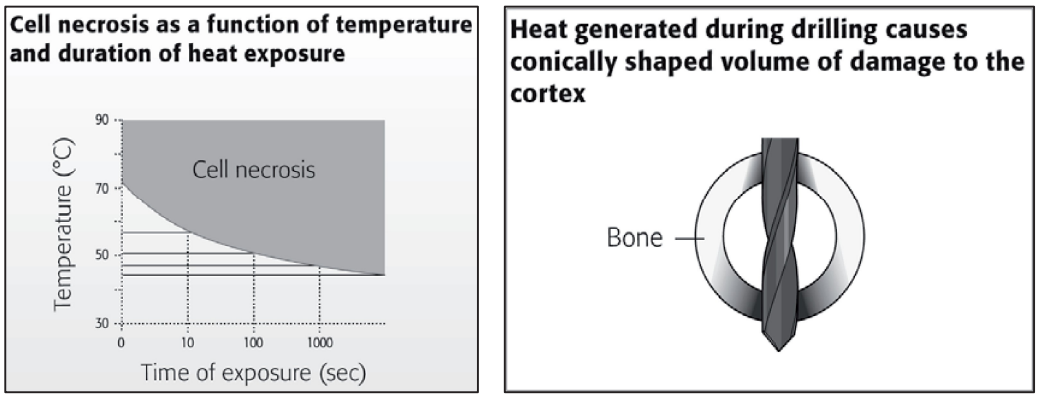
จากผลการทดลองพบว่า กรณีไม่ใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำก่อนการเจาะกระดูก (ใช้สว่านขนาด 3.2 มม.) ได้ค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วง Range : 45.8 – 53.5 °C Mean 49.8 °C SD : 2.54 กรณีใช้ดอกสว่าน 2.0 มม. ตามด้วยสว่านขนาด 2.5 มม. สามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดได้อยู่ในช่วง Range : 40.5 – 42.5 °C Mean : 41.5 °C SD : 0.6 และในส่วนกรณีใช้ดอกสว่าน 2.0 มม. แล้วตามด้วยสว่านขนาด 3.2 มม. สามารถวัดอุณหภูมิสูงสุดได้อยู่ในช่วง Range : 40.5 – 43.8 °C Mean 42 °C SD : 0.97

## อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยพบว่า เทคนิคที่สามารถวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้ต่ำที่สุด คือ เทคนิคของการใช้อัตราการไหลของน้ำแบบปล่อยไหล โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นอยู่ที่ 39.4 °C (37.9 – 40.7°C SD : 0.85) รองลงมาเป็นวิธีจากเทคนิคการใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่องก่อนการใช้ดอกสว่านขนาดใหญ่เจาะกระดูก มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นอยู่ที่ 41.5 °C (2.0 มม./2.5มม.) และ 42 °C (2.0 มม./3.2มม.) โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่แตกต่างกันอยู่ที่ 8.3°C และ 7.8°C ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในปีพ.ศ. 2558 ของ Palmisano และคณะ[36] พบว่าการใช้ K-wire เปรียบเทียบกับdrill-bit พบว่ามีความร้อนที่แตกต่างกันสูงสุดถึง 13°C ในการเจาะกระดูก แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้อาจจะทำให้เวลาผ่าตัดเพิ่มมากขึ้นได้ จากการเจาะกระดูก 2 ครั้ง

ส่วนเทคนิควิธีใช้การน้ำเย็น (4 °C) เทียบกับการใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง (25 °C) เพื่อลดอุณหภูมิ พบว่าเมื่อใช้น้ำเย็นอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 42 °C โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่แตกต่างกันอยู่ที่ 7.8 °C เช่นกัน และเมื่ออ้างอิงกับศึกษาของ Isler และคณะ[21] ปีพ.ศ. 2554 เป็นงานวิจัยเปรียบเทียบอัตราการสร้างเซลล์กระดูกขึ้นมาใหม่ ที่ได้ทำในกระดูกของหนู ที่เป็นสัตว์ขนาดเล็ก โดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 4 °C และ 25°C เพื่อลดอุณหภูมิ พบว่ามีอัตราการสร้างเซลล์กระดูกเพิ่มขึ้น โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.0001$) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Houston และคณะ[1] ปีพ.ศ. 2556 ซึ่งได้นำน้ำเกลือมาช่วยลดอุณหภูมิเพื่ออัตราการตายของเซลล์กระดูกอ่อนเมื่อเทียบกับการเจาะกระดูกแบบปกติ พบว่าสามารถลดอัตราการตายของเซลล์ได้เช่นกัน ดังนั้นวิธีการใช้น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ จึงเป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถทำได้ง่ายโดยไม่เพิ่มเวลาในขณะทำการผ่าตัด

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เทคนิคลดอุณหภูมิในงานวิจัยนี้ พบว่าทุกอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเมื่อได้ทำการลดอุณหภูมิ อยู่ในค่าที่สามารถทำให้เกิดการฟื้นตัวของเซลล์ได้ตามปกติ โดยอ้างอิงกันการศึกษาของ Augustin และคณะ[24] พบว่าความร้อนที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาที่มากขึ้น มีความสัมพันธ์กับอัตราการตายของเซลล์ที่มากขึ้น (ดังรูปภาพที่ 3) และอ้างอิงกับข้อมูลในบทความของ Timon และคณะ[37] ในปีพ.ศ. 2562 พบว่าหากอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 47°C นานเกิน 1 นาที อัตราการฟื้นตัวของเซลล์กระดูกจะลดลง กรณีอุณหภูมิสูงขึ้นถึง 50°C เซลล์จะเสียความสามารถฟื้นตัวเอง และถ้าหากอุณหภูมิสูงขึ้นเกิน 70°C จะเกิดการตายของเซลล์ทันที
ความสามารถฟื้นตัวเอง และถ้าหากอุณหภูมิสูงขึ้นเกิน 70 จะเกิดการตายของเซลล์ทันที




24

**ภาพที่ 3** กราฟแสดงการตายของเซลล์เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิและเวลาในการศึกษาของ Augustin และคณะ[24]

เมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการตายของเซลล์กระดูกข้างต้นมาอ้างอิง[24,37] เราจะสามารถนำวิธีเหล่านี้ไปช่วยให้ลดอัตราการตายของเซลล์กระดูกจากความร้อนได้เป็นอย่างมาก และยังสามารถนำไปสู่การอ้างอิงสำหรับงานวิจัยในอนาคตเพื่อศึกษาการลดอัตราการตายของเซลล์กระดูกได้ ดังนั้นจากผลงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น และการอ้างอิงในบททบทวนวรรณกรรม พบว่ามีเทคนิคมากมายที่ช่วยพัฒนาความรู้ทางออร์โธปิดิกส์เพื่อที่จะลดอุณหภูมิจากการเจาะกระดูก แต่วิธีส่วนใหญ่นั้นต้องอาศัยอุปกรณ์พิเศษที่ทันสมัย ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับบริบทในโรงพยาบาลทั่วไปหรือโรงพยาบาลชุมชน ทั้งยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และต้องอาศัยเทคนิคขั้นสูงในการใช้งาน ซึ่งถ้าหากมองไปถึงการพัฒนาถึงผลของการรักษาที่ดีขึ้น เราสามารถนำเทคนิคเหล่านี้ไปพัฒนา เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของโรงพยาบาลทั่วไปหรือโรงพยาบาลชุมชน เพื่อที่จะนำไปใช้กับผู้ป่วย ที่อาจจะสามารถลดอัตราการเกิดภาวะแทรกซ้อนต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งยังนำไปสู่ผลการรักษาที่ดีมากยิ่งขึ้นไป

แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงแค่การศึกษานำร่องยังไม่ได้ศึกษาในผู้ป่วยจริง และปริมาณข้อมูลยังมีจำนวนน้อย และอาจยังมีความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิจากการใช้เครื่องมือชนิด laser thermometer ซึ่งเป็นข้อจำกัดของอุปกรณ์นี้ เนื่องจากขีดจำกัดของเครื่องมือวัดได้เพียงแค่ผิวนอกของกระดูก ไม่สามารถวัดอุณหภูมิภายในเนื้อกระดูก (intra-medullary bone) ได้จริง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านอุปกรณ์ งบประมาณและบุคลากร ทำให้เป็นข้อจำกัดของการศึกษา เพราะฉะนั้นคงต้องอาศัยการศึกษาในอนาคต ในการศึกษากับผู้ป่วย และพัฒนารูปแบบของอุปกรณ์ในการทดลองที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ละเอียดยิ่งขึ้นและมีแนวทางที่สามารถทำการทดลองในกระดูกจริง เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลไปอ้างอิงกับผู้ป่วยได้อย่างถูกต้องมากที่สุด

## สรุปผลวิจัย

จากการศึกษาการทดลองทั้งหมดพบว่า ทุกเทคนิคสามารถลดอุณหภูมิได้ทั้งหมด โดยเทคนิคที่สามารถลดอุณหภูมิได้ดีคือ 1. เทคนิคการใช้อัตราการไหลของน้ำ แบบปล่อยไหล 2. เทคนิคการใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่อง (2.0/2.5 มม.) 3. เทคนิคการใช้น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น เท่ากับ 39.4 ±0.85 °C, 41.5±0.6 °C, 42.5 ±2.46 °C ตามลำดับ

ค่าของอุณหภูมิส่วนต่างที่ลดลงได้มากที่สุดจะเกิดจากวิธีการใช้ดอกสว่านขนาดเล็กนำร่อง (2.0/2.5 มม.) โดยค่าอุณหภูมิจะลดได้มากถึง 8.3 °C เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีที่ไม่ได้ใช้สว่านขนาดเล็กนำร่อง

ทุกวิธีของการศึกษานี้สามารถเป็นหนึ่งในวิธีที่สามารถลดอุณหภูมิจากการเจาะกระดูก ซึ่งสามารถนำไปสู่การลดอัตราการตายของกระดูกจากความร้อน ซึ่งในเทคนิคเหล่านี้อาจจะสามารถนำไปใช้ในผู้ป่วยได้จริง เนื่องจากเป็นเทคนิคสามารถทำได้ง่าย ใช้อุปกรณ์ทั่วไปซึ่งมีอยู่แล้วในชุดอุปกรณ์พื้นฐานของการผ่าตัด ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และเป็นวิธีที่น่าจะสามารถลดภาวะแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นจากการตายของกระดูก โดยไม่น่าจะก่อให้เกิดผลเสียต่อคนไข้ แต่ยังคงต้องอาศัยการอ้างอิงขั้นต่อไปในงานวิจัยทางคลินิก

## เอกสารอ้างอิง

1. Houston DA, Amin AK, White TO, et al. Chondrocyte death after drilling and articular screw insertion in a bovine model. Osteoarthritis Cartilage 2013;21(5):721-729.
2. Abouzgia MB, Symington JM. Effect of drill speed on bone temperature. Int J Oral Maxillofac Surg 1996;25(5): 394-399.
3. Takenaka S, Hosono N, Mukai Y, et al. The use of cooled saline during bone drilling to reduce the incidence of upper-limb palsy after cervical laminoplasty: clinical article. J Neurosurg Spine 2013;19(4):420-427.
4. Eriksson A, Albrektsson T, Grane B, et al. Thermal injury to bone. A vital-microscopic description of heat effects. Int J Oral Surg 1982;11(2):115-121.
5. Matthews LS, Green CA, Goldstein SA. The thermal effects of skeletal fixation-pin insertion in bone. J Bone Joint Surg Am 1984;66(7):1077-1083.
6. Bachus KN, Rondina MT, Hutchinson DT. The effects of drilling force on cortical temperatures and their duration: an in vitro study. Med Eng Phys 2000;22(10):685-691.
7. Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo

in patients and animals. Acta Orthop Scand 1984;55(6):629-631.
8. Shakouri E, Sadeghi MH, Maerefat M, et al. Experimental and analytical investigation of the thermal necrosis in high-speed drilling of bone. Proc Inst Mech Eng H 2014;228(4):330-341.
9. Sharawy M, Misch CE, Weller N, et al. Heat generation during implant drilling: the significance of motor speed. J Oral Maxillofac Surg 2002; 60(10):1160-1169.
10. Tsuzuki T, Yanai H, Kukita C, et al. Irrigation system equipped on a high-speed air drill--technical note. Neurol Med Chir (Tokyo) 1998 Mar;38(3):173-4.
11. Sumer M, Misir AF, Telcioglu NT, et al. Comparison of heat generation during implant drilling using stainless steel and ceramic drills. J Oral Maxillofac Surg 2011;69(5):1350-1354.
12. Misir AF, Sumer M, Yenisey M et al. Effect of surgical drill guide on heat generated from implant drilling. J Oral Maxillofac Surg 2009;67(12): 2663-2668.
13. Kim SJ, Yoo J, Kim YS, et al. Temperature change in pig rib bone during implant site preparation by low-speed drilling. J Appl Oral Sci 2010;18(5):522-527.
14. Lee J, Gozen BA, Ozdoganlar OB. Modeling and experimentation of bone drilling forces. J Biomech 2012;45(6):1076-1083.
15. Augustin G, Davila S, Udilljak T, et al. Temperature changes during cortical bone drilling with a newly designed step drill and an internally cooled drill. Int Orthop 2012;36(7):1449-1456.
16. Palmisano AC, Tai BL, Belmont B, et al. Comparison of cortical bone drilling induced heat production among common drilling tools. J Orthop Trauma 2015;29(5):e188-e193.
17. Piska M, Yang L, Reed M, et al. Drilling efficiency and temperature elevation of three types of Kirschner-wire point. J Bone Joint Surg Br 2002;84(1): 137-140.
18. Strbac GD, Giannis K, Unger E, et al. A novel standardized bone model for thermal evaluation of bone osteotomies with various irrigation methods. Clin Oral Implants Res 2014;25(5):622-631.
19. Hein C, Inceoglu S, Juma D, et al. Heat Generation During Bone Drilling: A Comparison Between Industrial and Orthopaedic Drill Bits. J Orthop Trauma. 2017;31(2):e55-9.
20. Harder S, Egert C, Wenz HJ, et al. Influence of the drill material and method of cooling on the development of intrabony temperature during preparation of the site of an implant. Br J Oral Maxillofac Surg 2013;51(1): 74-78.
21. Isler SC, Cansiz E, Tanyel C, et al. The effect of irrigation temperature on bone healing. Int J Med Sci 2011; 8(8):704-708.
22. Strbac GD, Unger E, Donner R, et al. Thermal effects of a combined irrigation method during implant site

drilling. A standardized in vitro study using a bovine rib model. Clin Oral Implants Res 2014;25(6):665-674.
23. Bertollo N, Walsh WR. Biomechanics in Applications (1st ed.) Drilling of Bone: Practicality, Limitations and Complications Associated with Surgical Drill-Bits 2011:53-77.
24. Augustin G, Davila S, Udiljak T, et al. Determination of spatial distribution of increase in bone temperature during drilling by infrared thermography: preliminary report. Arch Orthop Trauma Surg 2009;129(5):703-709.
25. Sasaki M, Morris S, Goto T, et al. Spray-irrigation system attached to high-speed drills for simultaneous prevention of local heating and preservation of a clear operative field in spinal surgery. Neurol Med Chir (Tokyo) 2010;50(10):900-904.
26. Antoci V, Ono CM, Antoci V Jr, et al. Pin-tract infection during limb lengthening using external fixation. Am J Orthop (Belle Mead NJ) 2008; 37(9):E150-E154.
27. Green SA, Ripley MJ. Chronic osteomyelitis in pin tracks. J Bone Joint Surg Am 1984;66(7):1092-1098.
28. Schalamon J, Petnehazy T, Ainoedhofer H, et al. Pin tract infection with external fixation of pediatric fractures. J Pediatr Surg 2007;42(9):1584-1587.
29. Hutson JJ Jr, Zych GA. Infections in periarticular fractures of the lower extremity treated with tensioned wire hybrid fixators. J Orthop Trauma 1998;12(3):214-218.
30. Mahan J, Seligson D, Henry SL, et al. Factors in pin tract infections. Orthopedics 1991;14(3):305-308.
31. Massè A, Bruno A, Bosetti M, et al. Prevention of pin track infection in external fixation with silver coated pins: clinical and microbiological results. J Biomed Mater Res 2000; 53(5):600-604.
32. Botte MJ, Davis JL, Rose BA, et al. Complications of smooth pin fixation of fractures and dislocations in the hand and wrist. Clin Orthop Relat Res 1992;(276):194-201.
33. Parameswaran AD, Roberts CS, Seligson D, et al. Pin tract infection with contemporary external fixation: how much of a problem?. J Orthop Trauma 2003;17(7):503-507.
34. Shirai T, Watanabe K, Matsubara H, et al. Prevention of pin tract infection with iodine-supported titanium pins. J Orthop Sci 2014;19(4):598-602.
35. Pandey RK, Panda SS. Drilling of bone: A comprehensive review. J Clin Orthop Trauma 2013;4(1):15-30.
36. Palmisano AC, Tai BL, Belmont B, et al. Heat accumulation during sequential cortical bone drilling. J Orthop Res. 2016;34(3):463-70.
37. Timon C, Keady C. Thermal Osteonecrosis Caused by Bone Drilling in Orthopedic Surgery: A Literature Review. Cureus 2019;11(7):e5226.

# The cooled water - irrigation rate - small pilot drill-bit technique for reducing bone temperature. In a pilot study from bovine bone drill.

*Nakarin Poj-ariya* [1]

Received: March 19, 2021 Revised: June 10, 2021 Accepted: June 24, 2021

## ABSTRAC

**Background:** The high temperature after drilling could lead to nonunion and subsequent complications. There were previous studies evaluated the technique reducing bone temperature from drilling by the bone drill. However, those techniques are expensive and infeasible in general clinical practice. This study aimed to compare the effectiveness of reducing bone temperature after drilling. 1. Between using cooled water and room temperature reducing bone temperature. 2. Between irrigating water in different rate; droplets and free flow rate. 3. Using pilot small size of drill bit then following with larger size might be effective to reduce the bone temperature after being drilled.

**Materials and Methods:** An experimental study by measure the highest temperature in the drilling of diaphysis of bovine cadaveric femur. Temperature measurement with laser thermometer. The results showed in the form of statistical mean and standard deviation. Along with reducing temperature comparison by 1. Using water at a temperature of 4 °C with 25 °C. 2. Using different irrigating rate of water, the flow of 20 drop/min. (represented droplet flow = 60 cc/hr.) compared to free flow rate. 3. Using drill, a small bit pilot run size (2.0mm.) prior to use the larger drill bit (2.5 or 3.2mm.)

**Results:** The mean average of the highest temperature during the bone drilling procedure of each technique were reported as the following:

1. The using of cooled water and room temperature water to reduce the heat were 42.5 ±2.46 °C and 49.8 ±2.58 °C respectively

2. The using of the flow rate of irrigating water and dropping water to reduce the bone temperature were 39.4 ± 0.85 °C and 42.2 ±1.02 °C respectively

3. The using of the pilot small size of drill bit size 2.0 mm. following with the larger size 2.5 mm. and 3.2 mm. compared with not using the pilot drill bit were 41.5±0.6 °C, 42 ±0.97 °C, 49.8 ±2.5 °C respectively

**Conclusions**: Techniques for reducing the temperature from bone drill can use cold water, water flow rate or a small pilot drill. It may be effective reducing the temperature generated while drilling the bone. This could have positive effect on reducing the rate of bone death from heat that occurred.

**Keywords**: bone necrosis, cooling, drilling, bone temperature, practical technique

[1] Department of Orthopaedics, Phibunmangsahan Hospital, Ubonratchathani, Thailand.

**Corresponding author:** Dr. Nakarin Poj-ariya, Department of Orthopaedics, Phibunmangsahan Hospital, Tambon Phibun, Ampur Phibunmangsahan, Ubonratchathani, 34110, Thailand. Tel: 087 123 1523

Email: rukluck@hotmail.com