

การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้น
ด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน

เดชชาติ จันทรศรี, พบ.*

Received: 16 ธ.ค.68

Revised: 5 มี.ค.68

Accepted: 10 มี.ค.68

บทคัดย่อ

โรคติดเชื้อเรื้อรังของกระดูก (chronic osteomyelitis) เป็นภาวะที่พบได้บ่อย ใช้ระยะเวลานานในการรักษา มีโอกาสนำไปสู่การเกิดภาวะทุพพลภาพได้ การใช้ซีเมนต์กระดูก (Bone Cement) ผสมยาปฏิชีวนะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการรักษาโรคติดเชื้อของกระดูก สามารถนำส่งยาไปบริเวณที่ติดเชื้อได้โดยตรงในขนาดยาที่สูง และหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงที่เกิดจากการให้ยาทางหลอดเลือดดำ เนื่องจากปัจจุบันสถานการณ์การดื้อยาปฏิชีวนะเพิ่มมากขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องค้นหาสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพมาใช้ทดแทน หรือใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะที่ใช้ในปัจจุบัน

วิธีการศึกษา เป็นการศึกษาในห้องทดลองจุลชีววิทยา โรงพยาบาลสิงห์บุรี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินกับเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน โดยวิธีการซึมผ่านบนจานวุ้น (Agar diffusion method) ในระยะเวลา 7 วัน ตัววัดที่สำคัญ คือเส้นผ่านศูนย์กลางของวงบริเวณที่เชื้อไม่เจริญรอบเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูก ที่เรียกว่า Zone of inhibition

ผลการทดลอง พบว่าขนาด zone of inhibition ของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินกว้างกว่าค่ามาตรฐานความไวต่อสารแบคทีเรีย (Antibacteria susceptibility) ที่ 15 มิลลิเมตร การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน และเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรง (strong) ผลการเปรียบเทียบการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน และเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีความแตกต่างกัน พบว่า zone of inhibition ของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินกว้างกว่าของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.001 และจากผลการทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรง ค่าเฉลี่ย 18.41 มิลลิเมตร ส่วนเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรงเช่นกัน ค่าเฉลี่ย 14.50 มิลลิเมตร ผลการเปรียบเทียบพบว่า zone of inhibition ของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินกว้างกว่าของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.001

คำสำคัญ: ซีเมนต์กระดูก, โรคกระดูกติดเชื้อเรื้อรัง, ซิงค์ไอออน

* นายแพทย์ชำนาญการด้านเวชกรรม, กลุ่มงานศัลยกรรมกระดูกและข้อ, โรงพยาบาลสิงห์บุรี, E-mail: djiioon@gmail.com

Inhibition of *Staphylococcus aureus* Growth on Agar Plates Using Bone Cement Beads Mixed with Gentamicin and Zinc Ions

Detchart Chansri, M.D.*

Abstract

Chronic bone infection (chronic osteomyelitis) is a common condition that takes a long time to heal and has the potential to lead to disability. The use of bone cement mixed with antibiotics is one of the approved options for the treatment of bone infections because it allows drugs to be delivered directly to the infected area in high doses, helping to avoid side effects associated with intravenous drug administration. However, increasing antibiotics has become a concern, necessitating the search for alternative disinfectants that can be used either as replacements or unconjunction with currently used antibiotics

This study was conducted in a microbiology laboratory, Singburi Hospital. The researcher cast bone cement pellets mixed with gentamicin and bone cement mixed with zinc ions to compare their effectiveness against *Staphylococcus aureus* using the agar diffusion method over a period for 7 days. The main outcome measure was the zone of inhibition of mold-made gentamicin-impregnated PMMA and mold-made zinc ion-impregnated PMMA.

The experimental results showed that the zone of inhibition of bone cement cast pellets mixed with gentamicin is 15 mm wider than the standard for bacterial susceptibility, both g gentamicin-mixed. And zinc ions-mixed bone cast pellets were classified as a strong bactericidal agent. Comparative results for inhibiting the growth of *S. aureus* on agar plates revealed that the zone of inhibition of bone cement pellets mixed with gentamicin was significantly wider than that of bone cement pellets mixed with zinc ions ($t = 11.17$, $p < 0.001$). The efficacy of bone cement beads mixed with gentamicin was strong, with an average inhibiting zone of 18.41 mm, while the zinc ion-mixed bone cement beads also showed strong efficacy, with a mean inhibition zone of 14.50 mm. The comparison confirmed that the zone of inhibition of gentamicin-mixed bone cement beads was significantly wider than that of zinc ion-mixed bone cement beads ($p < 0.001$).

Keyword: Bone cement, Chronic Osteomyelitis, Zinc ion

* Medical Doctor, Professional Level, Department of Orthopedic surgery group, Singburi Hospital, E-mail djiioon@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันโรคติดเชื้อเรื้อรังของกระดูก (chronic-osteomyelitis)^{1,2} เป็นภาวะที่พบได้บ่อย ใช้ระยะเวลานานในการรักษาและมีโอกาสนำไปสู่การเกิดภาวะทุพพลภาพได้ พบได้จากภาวะแทรกซ้อนหลังจากกระดูกหักแบบมีแผลเปิด การผ่าตัดใส่ข้อเทียม การผ่าตัดยึดตรึงกระดูกด้วยโลหะ จากการเพาะเชื้อในห้องผ่าตัดพบว่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุมากที่สุดของโรคติดเชื้อเรื้อรังของกระดูกคือเชื้อ *Staphylococcus aureus*³ การรักษาจึงจำเป็นต้องผ่าตัดนำเนื้อเยื่ออ่อนและกระดูกที่ติดเชื้อออกจนเหลือเนื้อเยื่อที่มีเลือดมาเลี้ยง ร่วมกับการให้ยาปฏิชีวนะที่เหมาะสม การใช้ซีเมนต์กระดูก (Bone Cement) ผสมยาปฏิชีวนะเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการรักษาโรคติดเชื้อของกระดูก เนื่องจากมีข้อดีคือสามารถนำส่งยาไปบริเวณที่ติดเชื้อได้โดยตรงในขนาดยาที่สูง และหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงที่เกิดจากการให้ยาทางหลอดเลือดดำ ยาปฏิชีวนะที่นำมาผสมกับซีเมนต์กระดูกมีหลายชนิด ยาเจนตาไมซินเป็นยาปฏิชีวนะตัวแรก และเป็นยาที่นิยมใช้ เนื่องจากมีราคาถูก หาได้ง่าย ให้ผลการรักษาที่ดี เนื่องจากกระบวนการในการหล่อเม็ดซีเมนต์กระดูกจะเกิดการคายความร้อนขึ้นจากปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน ดังนั้นยาหรือสารฆ่าเชื้อที่นำมาใช้ต้องมีคุณสมบัติไม่เสื่อมสภาพเมื่อถูกความร้อน เนื่องจากในปัจจุบันพบว่าการดื้อยาปฏิชีวนะเพิ่มมากขึ้น⁴ ซึ่งทำให้การรักษายากขึ้นจึงมีความจำเป็นต้องค้นหาสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพมาใช้ทดแทน หรือใช้ร่วมกับยาปฏิชีวนะที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ซิงค์ไอออน (Zinc ion: Zn²⁺) มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียโดยซิงค์ไอออนจะแทรกซึมสู่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียเข้าไปทำลายเซลล์ภายใน นอกจากนี้ซิงค์ยังสามารถยับยั้งเซลล์ในรูปของสารเชิงซ้อน (ในรูปของคีเลต) โดยเข้าไปยังผนังเซลล์ของแบคทีเรียและเกิดการสลายตัวและปลดปล่อยซิงค์ไอออนจำนวนมากให้แทรกเข้าไปภายในเซลล์แบคทีเรียโดยจับกับโปรตีนหรือสารที่มีหมู่ของกรดคาร์บอกซิลิก และหมู่อะมิโนเป็นองค์ประกอบ เช่น ดีเอ็นเอ ทำให้เชื้อแบคทีเรียหยุดการเจริญเติบโตและตาย⁵ อีกทั้งซิงค์ยังช่วยป้องกันการสร้างไบโอฟิล์ม จึงมีส่วนช่วยลดโอกาสการเกิดเชื้อแบคทีเรียดื้อยา นอกจากนี้ซิงค์ยังจำเป็นสำหรับขบวนการสร้างกระดูก (bone formation) การสะสมแร่ธาตุของกระดูก (bone mineralization) ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น และมีความปลอดภัยเนื่องจาก

เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ อีกทั้งอนุภาคนาโนซิงค์ยังมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในอีกหลายๆ ด้าน เช่น กระบวนการผลิตมีต้นทุนต่ำ สามารถเตรียมได้ง่าย มีการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย เห็นได้จากงานวิจัยของ ฉัตร ผลนาค เรื่องอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์กับการต้านเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค พบว่ามีแนวโน้มที่จะมีการใช้ประโยชน์จากซิงค์มากขึ้น โดยมีปริมาณการใช้ซิงค์ทั่วโลกสูงหลายล้านตันต่อปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 โดยเราสามารถเลือกอนุภาคนาโนซิงค์ที่เหมาะสมกับการยับยั้งแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยไม่ทำลายเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม⁶

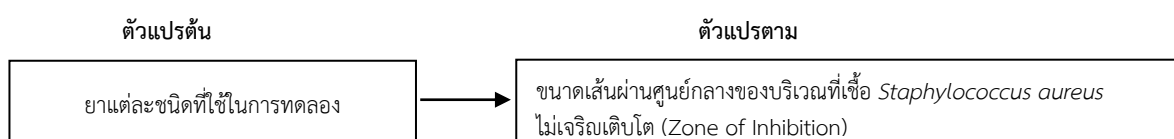
โดยสารซิงค์ไอออนที่ใช้ในการวิจัยได้ผ่านการกระบวนการเคลือบ โดยใช้เทคโนโลยีการสังเคราะห์สารคีเลต เป็นการพัฒนาให้ซิงค์ไอออนมีความคงตัวในสภาวะแวดล้อม ทนต่อแสง ความร้อน และออกซิเจน มีเสถียรภาพของอายุการจัดเก็บโดยไม่ตกตะกอน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านการขจัดเชื้อโรคมากขึ้นกว่าเดิม โดยสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด เช่น *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella choleraesuis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่างานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทยใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้คือ ผลของการเติมซิลเวอร์ไอโอไลต์ต่อคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิม โดยปิยะนารถ เอกวรพจน์⁷ วิจัยโดยใช้ซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์สำหรับการอุดฟันผสมซิลเวอร์นาโน พบว่าการเติมซิลเวอร์นาโนที่ 1% โดยน้ำหนักเพิ่มคุณสมบัติต่อต้านแบคทีเรีย *Streptococcus mutans* ได้ ซึ่งแนวคิดในการใช้สารฆ่าเชื้อที่ไม่ใช่ยาปฏิชีวนะมาผสมกับซีเมนต์กระดูกในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียเป็นแนวคิดที่น่าสนใจ และข้อดีของซิงค์ไอออนดังที่ได้กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาการใช้ ซิงค์ไอออนผสมในซีเมนต์กระดูกเพื่อใช้รักษาโรคกระดูกติดเชื้อ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินกับเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน
2. เพื่อเปรียบเทียบการยับยั้งการเจริญเติบโตต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินกับเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คำนวณกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ G*Power กำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.8 และขนาดอิทธิพล (Effect Size) ขนาดใหญ่ เท่ากับ 0.8 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.5 ตามตารางขนาดอิทธิพลของ Cohen (1988) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 52 ชุด เพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อยร้อยละ 10 เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูล ได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 60 ชุด โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มซีเมนต์กระดูกผสม เจนตาไมซิน จำนวน 30 ชุด และกลุ่มซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน จำนวน 30 ชุด (McMillan, 2000, p. 114; Charles and Mertler, 2002, p. 154; วาโร เริงสวัสดิ์. 2550: 23; Cohen J. (1988). Statistic power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) Routledge.)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบบันทึกข้อมูล Zone of inhibition เครื่องมือวัดเวอร์เนีย

แบบบันทึกข้อมูลประกอบด้วย สองส่วน ส่วนที่หนึ่ง ประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้น คือ วันเดือนปีที่เก็บข้อมูล ส่วนที่สอง สดมภ์ที่หนึ่งระบุลำดับจานวน สดมภ์ที่สอง ระบุข้อมูล Zone of inhibition ของยาที่ต้องการทดลอง ในวันที่ 1 สดมภ์ที่สาม ระบุข้อมูล Zone of inhibition ของยาที่ต้องการทดลอง ในวันที่ 3 สดมภ์ที่สี่ ระบุข้อมูล Zone of inhibition ของยาที่ต้องการทดลอง ในวันที่ 5 สดมภ์ที่ห้า ระบุข้อมูล Zone of inhibition ของยาที่ต้องการทดลอง ในวันที่ 7 โดยแบบบันทึกเป็นแบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้เอง โดยได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา โครงสร้าง และการใช้ภาษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง นักเทคนิคการแพทย์ ช่วยในห้องทดลอง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการหล่อเม็ดซีเมนต์กระดูกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้แม่พิมพ์ที่เป็นหลุมหล่อทำจากสแตนเลส โดยหลุมหล่อมี่เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 มิลลิเมตร กลุ่มแรกใช้ซีเมนต์กระดูก

ปริมาณ 40 กรัม ผสมกับยาเจนตาไมซินแบบน้ำ 480 มิลลิกรัม (12 มิลลิตร) ผสมให้เข้ากันประมาณ 5 นาที ผสมสารเหลว (liquid monomer) จากนั้นหล่อในแม่พิมพ์ จะได้ซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน นำมาใช้ในการทดลองจำนวน 30 เม็ด กลุ่มที่สอง ทำการหล่อเม็ดซีเมนต์กระดูกใช้ซีเมนต์กระดูก ปริมาณ 40 กรัม ผสมกับสารละลายซิงค์ไอออนในปริมาตร 720 ppm (12 มิลลิตร) ผสมให้เข้ากันประมาณ 5 นาที ผสมสารเหลว (liquid monomer) จากนั้นหล่อในแม่พิมพ์ รอจนซีเมนต์กระดูกแข็งตัวประมาณ 15 นาที แกะซีเมนต์กระดูกออกจากแม่พิมพ์ จะได้ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน นำมาใช้ในการทดลองจำนวน 30 เม็ด กลุ่มที่สามทำการหล่อซีเมนต์กระดูก ปริมาณ 40 กรัม ผสมสารเหลว (liquid monomer) จากนั้นหล่อในแม่พิมพ์ที่เป็นหลุมหล่อ รอจนซีเมนต์กระดูกแข็งตัวประมาณ 15 นาที แกะซีเมนต์กระดูกออกจากแม่พิมพ์ นำมาใช้ในการทดลองจำนวน 30 เม็ด โดยกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุม (control)

2. เตรียมเชื้อ *Staphylococcus aureus* และจานวนใช้ Mueller-Hinton agar หน้า 4 มิลลิเมตร จานวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร และใช้เชื้อ *Staphylococcus aureus* ชนิดไม่ดื้อต่อยา methicillin ป้ายบนจานวนตามขั้นตอนของ Kirby Bauer⁸

3. วางเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกบนจานวน โดยวางเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกหนึ่งเม็ดต่อหนึ่งจานวน (กลุ่มละ 30 จาน) กลุ่มแรก วางเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน กลุ่มที่สองวางเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน กลุ่มที่สามวางเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูก (control)

4. บ่มเชื้อในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35-36 องศาเซลเซียส และวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกว้างบริเวณที่เชื้อไม่เจริญรอบเม็ดซีเมนต์กระดูก (Zone of Inhibition) เก็บข้อมูลวันละหนึ่งครั้ง หลังจากเวลาผ่านไป 1,3,5,7 วัน

5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ

ระยะเวลา ตุลาคม 2567 – ธันวาคม 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยข้อมูลพื้นฐานใช้ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่าง ใช้ t-test

ตารางที่ 1 Classification of zone of Inhibition (ZOI)

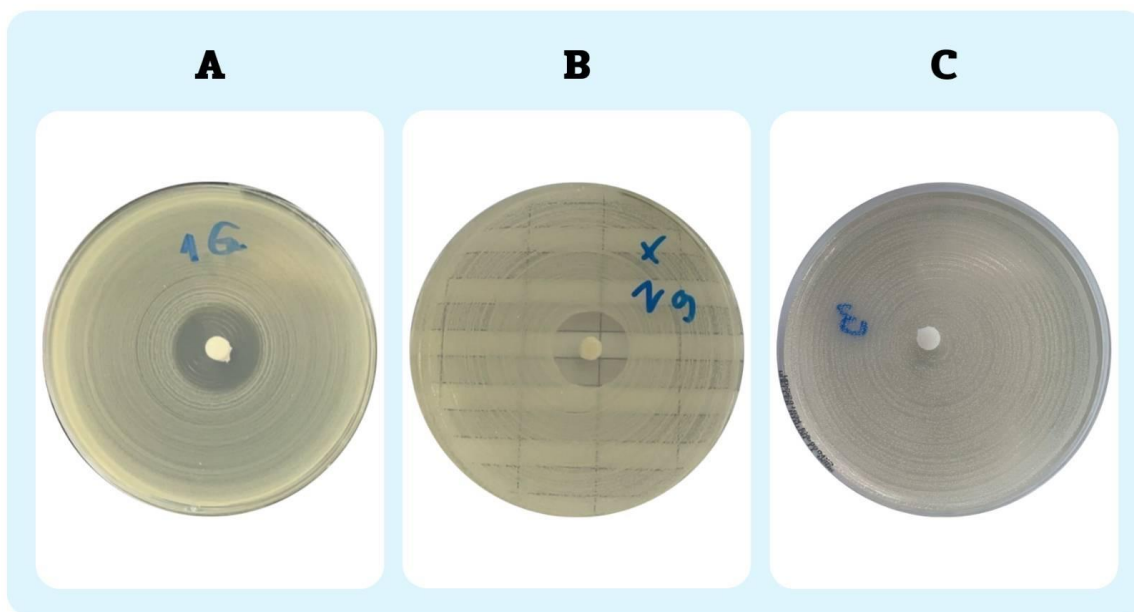
Clear Zone Diameter	Inhibitory Activity
≤ 5 mm	Weak (+)
5-10 mm	Medium (++)
11-20 mm	Strong (+++)
≥ 21 mm	Very Strong (++++)

David and Stout (1971)

ผลการศึกษา

การศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้น พบว่าซีเมนต์กระดูกในกลุ่มควบคุม (control)

ไม่พบ Zone of inhibition (ดังภาพที่ 2 C) ส่วนซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซินและซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน พบ Zone of inhibition (ดังภาพที่ 2 A, B) ผลการศึกษาปรากฏดังตารางที่ 2-8



ภาพที่ 2 แสดงการยับยั้งการเจริญเติบโต (Zone of inhibition) ต่อเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้น

A คือ เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน

B คือ เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน

C คือ เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกที่ไม่ผสมสารฆ่าเชื้อ (control)

กลุ่มประชากรที่ใช้ในการทดลองเก็บข้อมูลได้ครบ

คิดเป็นร้อยละ 100 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มประชากรในการทดลอง โดยรวม

กลุ่มประชากร	ซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน		ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน	
	จำนวน (f)	ร้อยละ	จำนวน (f)	ร้อยละ
จำนวนชุดการทดลอง	30	100	30	100
รวม	30	100	30	100

การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน ครั้งที่ 1 โดยรวม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ

รุนแรง ค่าเฉลี่ย 17.60 มิลลิเมตร ส่วนเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรงเช่นกัน ค่าเฉลี่ย 14.61 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนรายชุด ครั้งที่ 1 (เก็บข้อมูลวันที่ 1)

ชุดที่	ซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน (x)	แปลความ	ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน (x)	แปลความ
1	17.45	+++	16.30	+++
2	18.20	+++	14.05	+++
3	16.85	+++	13.90	+++
4	17.30	+++	12.70	+++
5	18.60	+++	14.55	+++
6	17.60	+++	14.60	+++
7	19.45	+++	15.60	+++
8	19.00	+++	16.90	+++
9	19.30	+++	15.10	+++
10	17.35	+++	13.90	+++
11	16.90	+++	14.15	+++
12	15.50	+++	13.80	+++
13	18.55	+++	12.95	+++
14	18.10	+++	14.10	+++
15	18.50	+++	16.40	+++
16	15.95	+++	12.10	+++
17	15.95	+++	12.40	+++
18	13.55	+++	15.40	+++
19	18.25	+++	15.40	+++
20	18.75	+++	15.05	+++
21	16.60	+++	11.40	+++
22	17.15	+++	15.30	+++
23	17.35	+++	16.55	+++
24	15.80	+++	15.60	+++
25	16.40	+++	15.70	+++
26	19.55	+++	13.35	+++
27	19.05	+++	13.35	+++
28	17.75	+++	15.70	+++
29	19.10	+++	15.60	+++
30	18.10	+++	16.55	+++
รวมเฉลี่ย $\bar{X}$	17.60 (S.D.=1.38)	+++	14.61 (S.D.=1.44)	+++

การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน ครั้งที่ 2 โดยรวม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรง ค่าเฉลี่ย 19.03 มิลลิเมตร ส่วนเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรงเช่นกัน ค่าเฉลี่ย 14.85 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดลองศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสม เจนตาไมซิน เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนรายชุด ครั้งที่ 2 (เก็บข้อมูลวันที่ 3)

ชุดที่	ซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน (x)	แปลความ	ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน (x)	แปลความ
1	18.05	+++	16.40	+++
2	19.05	+++	15.80	+++
3	20.40	++++	14.55	+++
4	18.55	+++	13.10	+++
5	19.95	+++	14.60	+++
6	18.95	+++	14.15	+++
7	20.95	++++	15.40	+++
8	19.95	+++	15.50	+++
9	18.80	+++	15.45	+++
10	20.35	++++	12.95	+++
11	20.15	++++	13.75	+++
12	19.70	+++	14.30	+++
13	20.05	++++	13.00	+++
14	20.05	++++	13.65	+++
15	17.70	+++	15.90	+++
16	16.55	+++	14.75	+++
17	19.60	+++	11.30	+++
18	15.90	+++	15.50	+++
19	19.90	+++	16.95	+++
20	18.70	+++	14.50	+++
21	21.75	++++	14.50	+++
22	19.35	+++	15.60	+++
23	17.40	+++	16.50	+++
24	18.75	+++	15.05	+++
25	17.80	+++	16.10	+++
26	17.55	+++	12.85	+++
27	17.65	+++	14.55	+++
28	17.25	+++	16.05	+++
29	20.55	++++	16.00	+++
30	19.55	+++	16.45	+++
รวมเฉลี่ย $\bar{X}$	19.03 (S.D.=1.37)	+++	14.85 (S.D.=1.33)	+++

การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน ครั้งที่ 3 โดยรวม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ

รุนแรง ค่าเฉลี่ย 18.37 มิลลิเมตร ส่วนเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรงเช่นกัน ค่าเฉลี่ย 14.08 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลองศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสม เจนตาไมซิน เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนรายชุด ครั้งที่ 3 (เก็บข้อมูลวันที่ 5)

ชุดที่	ซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน (x)	แปลความ	ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน (x)	แปลความ
1	17.50	+++	15.45	+++
2	19.80	+++	15.50	+++
3	19.75	+++	13.70	+++
4	19.70	+++	12.70	+++
5	16.80	+++	13.70	+++
6	16.80	+++	13.60	+++
7	17.90	+++	14.60	+++
8	17.65	+++	14.70	+++
9	17.95	+++	14.85	+++
10	19.40	+++	11.50	+++
11	18.65	+++	12.80	+++
12	19.80	+++	13.40	+++
13	17.30	+++	12.70	+++
14	18.05	+++	12.85	+++
15	18.10	+++	15.10	+++
16	17.40	+++	14.30	+++
17	19.65	+++	11.05	+++
18	14.55	+++	15.55	+++
19	18.15	+++	15.85	+++
20	19.95	+++	13.70	+++
21	19.85	+++	13.50	+++
22	18.10	+++	14.80	+++
23	16.35	+++	15.20	+++
24	16.90	+++	14.70	+++
25	18.90	+++	15.30	+++
26	18.90	+++	11.55	+++
27	19.95	+++	13.25	+++
28	19.35	+++	16.05	+++
29	18.80	+++	15.50	+++
30	19.65	+++	15.55	+++
รวมเฉลี่ย $\bar{X}$	18.37 (S.D.=1.32)	+++	14.08 (S.D.=1.37)	+++

การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน ครั้งที่ 4 โดยรวม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ

รุนแรง ค่าเฉลี่ย 18.64 มิลลิเมตร ส่วนเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรงเช่นกัน ค่าเฉลี่ย 14.46 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองศึกษาการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน เม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนรายชุด ครั้งที่ 4 (เก็บข้อมูลวันที่ 7)

ชุดที่	ซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน (x)	แปลความ	ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน (x)	แปลความ
1	19.75	+++	15.85	+++
2	19.75	+++	14.55	+++
3	19.70	+++	14.85	+++
4	21.35	++++	12.60	+++
5	19.35	+++	14.45	+++
6	18.00	+++	13.65	+++
7	17.40	+++	14.90	+++
8	18.00	+++	14.90	+++
9	17.95	+++	14.80	+++
10	19.60	+++	11.75	+++
11	17.90	+++	12.85	+++
12	20.55	++++	13.75	+++
13	18.30	+++	12.20	+++
14	14.80	+++	13.15	+++
15	19.85	+++	14.15	+++
16	17.10	+++	14.85	+++
17	19.00	+++	12.25	+++
18	17.90	+++	15.40	+++
19	20.65	++++	15.65	+++
20	20.10	++++	14.50	+++
21	18.65	+++	16.10	+++
22	17.05	+++	14.90	+++
23	19.85	+++	15.50	+++
24	19.70	+++	15.25	+++
25	19.35	+++	15.40	+++
26	17.40	+++	11.55	+++
27	17.50	+++	14.90	+++
28	16.05	+++	16.85	+++
29	16.95	+++	16.80	+++
30	19.75	+++	15.45	+++
รวมเฉลี่ย $\bar{X}$	18.64 (S.D.=1.49)	+++	14.46 (S.D.=1.41)	+++

การทดลองการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Staphylococcus aureus* บนจานวุ้นด้วยเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมเจนตาไมซิน ทั้ง 4 ครั้งโดยรวม มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ

รุนแรง ค่าเฉลี่ย 18.41 มิลลิเมตร ส่วนเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับรุนแรงเช่นกัน ค่าเฉลี่ย 14.50 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ระดับเฉลี่ยผลการทดลองรายครั้ง โดยรวม

ครั้งที่	$\bar{X}$ ของเจนตาไมซิน	S.D.	แปลความ	$\bar{X}$ ซิงค์ไอออน	S.D.	แปลความ
1	17.60	1.38	+++	14.61	1.44	+++
2	19.03	1.37	+++	14.85	1.33	+++
3	18.37	1.32	+++	14.08	1.37	+++
4	18.64	1.49	+++	14.46	1.41	+++
รวมเฉลี่ย $\bar{X}$	18.41	1.47	+++	14.50	1.39	+++

ซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการวิจัยนี้ ผู้ทำการวิจัยต้องการควบคุมค่าปริมาณ ความพรุน ของเม็ดหล่อซีเมนต์ กระดูกของทั้ง 2 กลุ่มให้เท่ากัน เพราะมีผลต่อการปลดปล่อยปริมาณ ยาฆ่าเชื้อออกจากซีเมนต์กระดูก จึงใช้ปริมาณของสารละลายซิงค์ ไอออนเท่ากับปริมาณ ของยาเจนตาไมซิน (12 มิลลิกรัม) อาจทำให้สารละลายซิงค์ไอออนทำนํามาใช้ในการทดลองมีปริมาณของ ซิงค์ไอออนที่น้อย จึงทำให้ผลการทดลองมี zone of inhibition น้อยกว่ายาเจนตาไมซิน

2. งานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่นำซิงค์ในรูปแบบ ต่างๆ เช่น ซิงค์ออกไซด์, ซิงค์คลอไรด์ มาทดสอบประสิทธิภาพ ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และพบว่าซิงค์เป็นโลหะที่มีคุณสมบัติ ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดี¹⁰

3. งานวิจัยนี้สอดคล้องกับนโยบายของโรงพยาบาลสิงห์บุรี และกระทรวงสาธารณสุขที่เน้นการใชยาปฏิชีวนะอย่างสมเหตุผล ผล เพื่อลดการเกิดเชื้อดื้อยาปฏิชีวนะ¹¹

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการทดลองการนำสารละลายซิงค์ไอออนไปใช้ ในการผสมซีเมนต์กระดูกควรมีการทดลองเพิ่ม เพื่อหาค่าความเข้มข้น และปริมาณที่เหมาะสม ทั้งในแง่เพิ่มประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ แบคทีเรียและต้องคำนึงถึงความปลอดภัย

2. การวางซีเมนต์กระดูกในบริเวณที่มีกระดูกติดเชื้อเรื้อรัง ควรจะมีระยะในการวาง โดยคำนึงถึงระยะของ zone of inhibition ของซิงค์ไอออน

3. การนำผลการวิจัยไปปรับใช้เป็นทางเลือกในการรักษาผู้ป่วย ในโรงพยาบาลสิงห์บุรีและแห่งอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ รักษาโรคกระดูกติดเชื้อเรื้อรัง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การนำไปใช้ ในอนาคตควรมีการทดลองฤทธิ์ฆ่าเชื้อ ของซิงค์ไอออนที่ปริมาณและความเข้มข้นต่างๆ เพื่อหาปริมาณ และความเข้มข้นที่เหมาะสม รวมถึงควรมีการทดสอบประสิทธิภาพ เชิงกลของเม็ดหล่อซีเมนต์กระดูก และการทดสอบประสิทธิภาพ ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกลุ่มเชื้อดื้อยา

2. ควรมีการทดสอบการเสริมฤทธิ์ของซิงค์ไอออนกับสาร ฆ่าเชื้อ หรือยาปฏิชีวนะอื่น

3. ควรมีการวิจัยโดยนำซีเมนต์กระดูกผสมซิงค์ไอออน ใช้ในผู้ป่วยที่มารักษาโรคกระดูกติดเชื้อเรื้อรัง เป็นการวิจัยเชิงลึก เพื่อหาแนวทางที่เป็นประโยชน์มากขึ้น

4. ควรมีการวิจัยโดยใช้ซิงค์ไอออนเป็นสารเคลือบผิวโลหะ ที่ใช้เป็นวัสดุทางการแพทย์ออร์โธปิดิกส์ เพื่อลดความเสี่ยง ของการติดเชื้อที่สัมพันธ์กับการผ่าตัดใส่โลหะในผู้ป่วยออร์โธปิดิกส์

กิตติกรรมประกาศ

เจ้าหน้าที่ห้องผ่าตัด และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการชีววิทยา โรงพยาบาลสิงห์บุรี

เอกสารอ้างอิง

1. Zhong C, Wu Y, Lin H, Liu R. Advances in the antimicrobial treatment of osteomyelitis. Composites Part B: Engineering. 2023;249:110428.
2. Azar FM., Beaty JH., Campbell's Operative orthopaedics. 14th ed. Philadelphia: Elsevier; 2021.
3. Bury DC., Rogers TS., Dickman MM., Osteomyelitis: diagnosis and treatment. Am Fam Physican. 2021;104(4):395-402.
4. University of OXFORD. Antibiotic resistance has claimed at least one million lives each year since 1990. [Internet]. Oxford: University of OXFORD; 2024 Sep [cited 2024 Jun 8]. Available from: <https://www.ox.ac.uk/news/2024-09-17-antibiotic-resistance-has-claimed-least-one-million-lives-each-year-1990>
5. วราวุธ สะโงมแสง. Efficacy of Benzion. ใน: มลฤดี สุขประสารทรัพย์, บรรณาธิการ. Pro and con of disinfectant/sanitizing chemicals: guidelines for good practice. การประชุมวิชาการพิษวิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 11; 27-28 ต.ค. 2564. กรุงเทพฯ: สมาคมพิษวิทยาคลินิก; 2564. น. 42-46.
6. Ning C, Wang X, Li L, Zhu Y, Li M, Yu P, et al. Concentration ranges of antibacterial cations for showing the highest antibacterial efficacy but the least cytotoxicity against mammalian cells: Implications for a new antibacterial mechanism, Chem Res Toxicol. 2015;28(9):1815-1822.
7. ปิยะนารถ เอกวรรณ. ผลของการเติมซิลเวอร์ซีโอไลต์ต่อคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรียของซีเมนต์กลาสไอโอโนเมอร์ชนิดดั้งเดิมวารสารทันตแพทยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2556;6(1):12-24.
8. Davis WW, Stout TR. Disc plate method of microbiological antibiotic assay. II, Novel procedure offering improved accuracy. Appl Microbiol. 1971;22(4):666-70.
9. คิว ภูมิ่ง, จตุพล นาคสัมพันธ์, ณัฐทิภา คงปาน. ผลของปริมาณยาปฏิชีวนะในซีเมนต์กระดูกต่อสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและแรงดึงถอนสกรู [ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. พิษณุโลก มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2561.
10. ฉัตร ผลนาค. อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์กับการต้านเชื้อจุลชีพก่อโรค. วารสารฟิสิกส์ไทย. 2560;34(3-4):7-47.
11. กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค. ใชยาปฏิชีวนะอย่างสมเหตุผล ลดปัญหาเชื้อดื้อยา. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค; 8 มิถุนายน 2566. [เข้าถึงเมื่อ 25 ก.พ. 2568]. เข้าถึงได้จาก: <https://dis.fda.moph.go.th/detail-infoGraphic?id=2138>