

การใช้ซีเมนต์กระดูก ทางออร์โธปิดิกส์

Bone Cement in Orthopaedic



บรรณาธิการ

ศรัณย์ ตันต์ทวิสุทธิ์
อมราพร วงศ์รักษ์พานิช

การใช้ซีเมนต์กระดูก ทางออร์โธปิดิกส์

Bone Cement in Orthopaedic

บรรณาธิการ

ศรัณย์ ตันตี่ทวิสุทธิ์
อมราพร วงศ์รักษ์พานิช

การใช้ซีเมนต์กระดูก ทางออร์โธปิดิกส์

Bone Cement in Orthopaedic

บรรณาธิการ

ศรัณย์ ตันดีทวีสุทธิ์
อมราพร วงศ์รักษ์พานิช

พิมพ์ครั้งที่ 1

กรกฎาคม พ.ศ. 2565

จำนวน

400 เล่ม

ราคา

550 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

ศรัณย์ ตันดีทวีสุทธิ์.

การใช้ซีเมนต์กระดูกทางออร์โธปิดิกส์ = Bone Cement in Orthopaedic.--

นครปฐม : เอไอ พรินต์จิง, 2565.

232 หน้า.

1. ออร์โธปิดิกส์. 2. ซีเมนต์. I. อมราพร วงศ์รักษ์พานิช, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.
616.7

ISBN : 978-616-593-343-8

จัดทำโดย

ศรัณย์ ตันดีทวีสุทธิ์
อมราพร วงศ์รักษ์พานิช

ออกแบบปกและรูปเล่ม

บริษัท กู๊ตบอยพลัส จำกัด
23/1 ถนนบูรณศาสตร์ แขวงศาลเจ้าพ่อเสือ
เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทรศัพท์ 089 058 0059

พิมพ์ที่

บริษัท เอไอ พรินต์จิง จำกัด (สำนักงานใหญ่)
47/69-71 หมู่ 4 ถนนเพชรเกษม ตำบลอ้อมใหญ่
อำเภอสามพราน นครปฐม 73160
โทรศัพท์ 0 2812 7004

จัดจำหน่ายโดย

ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330
โทรศัพท์ 0 2218 9872 โทรสาร 0 2254 9495
Call Center (จัดส่งทั่วประเทศ) โทรศัพท์ 0 2255 4433
<http://www.chulabook.com>

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์



คำนิยม

การใช้ชีเมนต์กระดูกในวงการแพทย์ โดยเฉพาะสาขาออร์โธปิดิกส์ มีมาอย่างแพร่หลายเป็นเวลายาวนาน กล่าวได้ว่าทั้งแพทย์ออร์โธปิดิกส์และบุคลากรทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก มีประสบการณ์และความคุ้นเคยในการใช้ชีเมนต์กระดูกเป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามความรู้ด้านวิชาการเกี่ยวกับเรื่องชีเมนต์กระดูกในวงการแพทย์ซึ่งเป็นเอกสารประเภทตำราหรือหนังสือ มักปรากฏเป็นบทย่อย ๆ ในตำราหรือหนังสือซึ่งเน้นให้ความรู้เฉพาะตามชื่อเรื่องของตำราหรือหนังสือนั้น ๆ

ในโอกาสที่ ผศ.ดร.นพ.ศรัณย์ ตันดีทวิสุทธิ์ และคณะได้ร่วมกันนิพนธ์หนังสือ ***การใช้ชีเมนต์กระดูกทางออร์โธปิดิกส์*** ซึ่งเป็นหนังสือที่มีการรวบรวมความรู้วิชาการที่เน้นเฉพาะเรื่องชีเมนต์กระดูกในวงการแพทย์ โดยเฉพาะสาขาออร์โธปิดิกส์ มีการรวบรวมเนื้อหาทางวิชาการอย่างถูกต้อง เรียบเรียงอย่างเป็นระบบ และมีความเป็นเอกภาพของหนังสือ ทั้งนี้ เริ่มตั้งแต่การให้ประวัติความเป็นมา การใช้ชีเมนต์กระดูกในการผ่าตัดทางออร์โธปิดิกส์ในแขนงสาขาย่อยต่าง ๆ และข้อแทรกซ้อนที่เกิดขึ้น ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใหม่ ๆ ของการประยุกต์ใช้ชีเมนต์กระดูกในวงการแพทย์ จึงกล่าวได้ว่าหนังสือเล่มนี้เป็นหนังสือภาษาไทยเล่มแรกที่ทำให้ความรู้เรื่องชีเมนต์กระดูกที่มีเนื้อหาที่ครบถ้วนและทันสมัย เหมาะสมอย่างยิ่ง

ในการเป็นเอกสารประกอบความรู้ และใช้ในการอ้างอิงให้กับผู้ที่สนใจในเรื่องซีเมนต์
กระดูกลำหรับวงการแพทย์

ผมขอแสดงความชื่นชมในความสำเร็จของ ผศ.ดร.นพ.ศรัณย์ ตันดีทวิสุทธิ์ และ
คณะ ซึ่งได้ร่วมกันสละเวลาค้นคว้าหาความรู้และเรียบเรียงให้เป็นหนังสือที่มีคุณภาพ
สูงเล่มนี้ และเห็นว่าคณะผู้นิพนธ์เป็นผู้มีความเหมาะสมในการได้รับคำยกย่องจาก
บุคลากรในวงการวิชาการทางการแพทย์โดยเฉพาะสาขาออร์โธปิดิกส์



ศาสตราจารย์ นายแพทย์อารี ตनावลี

ประธานมูลนิธิออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย

อดีตประธานราชวิทยาลัยแพทย์ออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย

อดีตหัวหน้าภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำ

ซีเมนต์กระดูกเป็นชีววัสดุชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในวงการออร์โธปิดิกส์ โดยมีที่ใช้ในหัตถการมากมายในแทบทุกอนุสาขาย่อยของออร์โธปิดิกส์ ความรู้เกี่ยวกับซีเมนต์กระดูกจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อศัลยแพทย์ออร์โธปิดิกส์ทุกระดับ เนื่องจากการมีความรู้ความเข้าใจในซีเมนต์กระดูกและเทคนิคการใช้งานที่ดี จะส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้ป่วย ในทางกลับกันการมีเทคนิคการใช้ซีเมนต์กระดูกที่ไม่เหมาะสมนั้นจะส่งผลเสียโดยตรงต่อผลการรักษา มีความสัมพันธ์โดยตรงกับภาวะการรักษาล้มเหลวและยังอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนจากการใช้ซีเมนต์กระดูก ซึ่งส่งผลเสียต่อทั้งผู้ป่วยและทีมผู้ทำการรักษา โดยความรุนแรงของภาวะแทรกซ้อนนั้นอาจส่งผลถึงการเสียชีวิตได้ในผู้ป่วยบางราย

หนังสือเรื่อง **“การใช้ซีเมนต์กระดูกทางออร์โธปิดิกส์”** มีวัตถุประสงค์ที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับซีเมนต์กระดูก เทคนิคการใช้ซีเมนต์กระดูกในหัตถการหลักทางออร์โธปิดิกส์ รวมถึงการป้องกันรักษาภาวะไม่พึงประสงค์จากการใช้ซีเมนต์กระดูกทางออร์โธปิดิกส์อย่างครบถ้วน คณะผู้นิพนธ์มีความตั้งใจในการทำหนังสือเล่มนี้ขึ้น

เพื่อเป็นการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์ รวมถึงข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงทาง การแพทย์ที่ทันสมัย เพื่อให้แพทย์ออร์โธปิดิกส์และผู้สนใจได้รับประโยชน์สูงสุด และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ทำการรักษาผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพและ ปลอดภัยต่อทั้งตัวผู้ป่วยและทีมผู้ทำการรักษา สามารถลดโอกาสการเกิดผลไม่ พึงประสงค์และภาวะแทรกซ้อนที่เกิดจากการใช้งานซีเมนต์กระดูก ส่งผลให้ได้ผลลัพธ์ ในการรักษาที่น่าพึงพอใจและได้รับความปลอดภัยจากการใช้งานซีเมนต์กระดูก ตามที่หวังสืบไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ นายแพทย์ศรัณย์ ตันต์ทวิสุทธิ์

บรรณาธิการ

คำชี้แจง

คำภาษาไทยที่ทับศัพท์มาจากคำภาษาอังกฤษว่า orthopaedic นั้นมีการสะกดได้หลายลักษณะ โดยลักษณะที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุดจะสะกดว่า “ออร์โธปิดิกส์” ซึ่งเป็นรูปแบบที่คณะผู้นิพนธ์ทำการใช้ในหนังสือเล่มนี้โดยตลอด ยกเว้นส่วนที่ปรากฏใน “ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ” ในหน้าเครดิตหนังสือ ซึ่งจะใช้คำว่า “ออร์โทปิดิกส์” อันเป็นตัวย่อสะกดที่ทางหอสมุดแห่งชาติใช้เป็นคำสำคัญ (keyword) ในการค้นหาข้อมูลสำหรับคำดังกล่าวนี้

Bone cement นั้นเป็นชีววัสดุที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในทางออร์โธปิดิกส์ โดยมีชื่อไทยที่ใช้เรียกหลายชื่อ เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ในหนังสือเล่มนี้จะใช้คำว่า ซีเมนต์กระดูก นอกจากนี้ซีเมนต์กระดูกนั้นยังมีหลายชนิด เช่น ซีเมนต์กระดูกชนิด polymethylmethacrylate (PMMA) หรือซีเมนต์กระดูกชนิดแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น โดยหนังสือเล่มนี้จะให้รายละเอียดครอบคลุมเฉพาะซีเมนต์กระดูกชนิด PMMA เท่านั้น

หนังสือเล่มนี้มีคำศัพท์เฉพาะที่มาจากภาษาอังกฤษจำนวนมาก โดยบางคำยังไม่มีคำแปลไทยที่เป็นมาตรฐานซึ่งได้รับการยอมรับหรือใช้กันโดยทั่วไป หนังสือเล่มนี้จึงใช้วิธีการเขียนคำแปลไทย ตามด้วยคำภาษาอังกฤษต้นฉบับไว้ในวงเล็บเมื่อปรากฏขึ้นเป็นครั้งแรกในบทนั้น หลังจากนั้นคณะผู้นิพนธ์จะอาศัยดุลพินิจเพื่อพิจารณาเลือกใช้คำภาษาอังกฤษหรือคำภาษาไทยสำหรับคำดังกล่าวที่จะปรากฏในลำดับถัดไป โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ง่ายและไม่เกิดความสับสนในความหมาย โดยหากคำเฉพาะภาษาอังกฤษนั้นได้มีคำแปลไทยที่มีการใช้เป็นมาตรฐานที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย และมีความเข้าใจตรงกันไม่ก่อให้เกิดความสับสนในการอ่านแล้ว คณะผู้นิพนธ์จะเลือกใช้คำที่แปลเป็นไทย เนื่องจากมีความประสงค์ที่จะใช้ภาษาไทยให้มากที่สุดในการเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ แต่หากคำดังกล่าวยังไม่มีคำแปลไทยซึ่งเป็นที่เข้าใจกันได้โดยทั่วไป และอาจทำให้เกิดความสับสนในการอ่าน คณะผู้นิพนธ์จะเลือกใช้เป็นภาษาอังกฤษ และเพื่อความสะดวกในการค้นหาความหมายของคำต่าง ๆ ที่ได้มีการใช้ในหนังสือเล่มนี้ คณะผู้นิพนธ์ได้ทำการรวบรวมคำแปลภาษาไทยเปรียบเทียบกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษไว้ในส่วนของอภิธานศัพท์และ

อธิบายความหมายของคำย่อภาษาอังกฤษต่าง ๆ ไว้ในส่วนของคำย่อภาษาอังกฤษ ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านรายละเอียดได้ที่ส่วนดังกล่าวในภาคผนวกที่ด้านท้ายของหนังสือเล่มนี้

ตารางต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเล่มนี้คณะผู้นิพนธ์ได้ทำการเขียนขึ้นใหม่ โดยรวบรวมข้อมูลมาจากเอกสารอ้างอิงที่มีความทันสมัยและน่าเชื่อถือ บางส่วนอาจทำการตัดแปลงจากเอกสารอ้างอิงที่มีความเกี่ยวข้องโดยได้มีการอ้างอิงถึงแหล่งข้อมูลไว้ทั้งที่ตำแหน่งท้ายตารางและเอกสารอ้างอิงท้ายบท ภาพที่ปรากฏในหนังสือเล่มนี้ ทั้งภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างการผ่าตัด ภาพถ่ายวัสดุ สารเคมี อุปกรณ์ที่ใช้ และภาพถ่ายทางรังสี คณะผู้นิพนธ์ได้ทำการนำส่วนที่สามารถระบุตัวตนของผู้ป่วยได้ออกทั้งหมดแล้ว โดยภาพทั้งหมดรวมถึงภาพวาดเป็นภาพที่ทางคณะผู้นิพนธ์ได้จัดทำขึ้นเอง ไม่ได้ทำซ้ำหรือลอกเลียนมาจากแหล่งใด ภาพบุคลากรทางการแพทย์ ภาพอาสาสมัคร ที่ปรากฏในหนังสือเล่มนี้ล้วนได้รับอนุญาตให้นำภาพมาใช้ได้จากบุคคลที่ปรากฏในภาพแล้ว โดยมีบางภาพที่ได้รับความอนุเคราะห์จากคัลยแพทย์ออร์โธปิดิกส์ท่านอื่น ซึ่งได้รับเอกสารอนุญาตให้ใช้ภาพจากเจ้าของภาพเรียบร้อยแล้วและได้ระบุถึงแหล่งที่มาของภาพไว้ที่คำบรรยายใต้ภาพดังกล่าว หากภาพใดไม่มีคำชี้แจง หมายถึงเป็นภาพที่คณะผู้นิพนธ์จัดทำขึ้นเอง

ผู้อ่านสามารถทราบถึงเอกสารทางวิชาการที่ใช้อ้างอิงในเนื้อหาโดยดูจากตัวเลขยก (superscript) ที่อยู่ท้ายประโยคของเนื้อหาส่วนนั้น ซึ่งจะอ้างอิงเรียงตามลำดับจากเลขน้อยไปมากตามลำดับของการปรากฏขึ้นในบทนั้น ๆ โดยสามารถดูเอกสารอ้างอิงตามตัวเลขได้ที่ส่วนเอกสารอ้างอิงที่อยู่ด้านท้ายของแต่ละบท ซึ่งได้เขียนไว้ตามลำดับในรูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver style)



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ นายแพทย์ศรัณย์ ตันต์ทิวสุทธิ์

บรรณาธิการ

กิตติกรรมประกาศ

หนังสือเรื่องการใช้ชีเมนต์กระดูกทางออร์โธปิดิกส์ซึ่งบรรณาธิการตั้งใจเขียนขึ้นเพื่อเป็นประโยชน์แก่วงการออร์โธปิดิกส์และผู้สนใจทุกท่าน สำเร็จลุล่วงลงได้โดยดี ด้วยการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ซึ่งบรรณาธิการใคร่ขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณและยกความดีงามอันพึงเกิดจากหนังสือเล่มนี้แต่ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด ให้การเลี้ยงดู อบรมปณิธาน เป็นแรงบันดาลใจและเป็นตัวอย่างอันสำคัญยิ่งแก่ลูกอยู่เสมอในการทำงานด้วยความอดทน สู้เพื่อความสำเร็จและดำรงชีวิตอยู่ในสังคมอย่างสง่างาม ขอคุณภรรยาและบุตรทั้งสองคนที่เป็นกำลังใจที่สำคัญให้อยู่เสมอ รวมถึงความเข้าใจในการทำงานหนักและทุ่มเทเวลาของบรรณาธิการเพื่อหนังสือเล่มนี้ ขอขอบคุณน้อง ๆ ทุกคนในครอบครัวที่ทำให้กำลังใจและช่วยเหลือกันเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ศิษย์ ให้ได้มีความรู้ มีความสามารถทั้งในทางวิชาการและในทางปฏิบัติเพื่อดูแลรักษาผู้ป่วย ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ นายแพทย์ อารี ตनावลี ผู้ที่เป็นดั่งบิดาในวิชาการออร์โธปิดิกส์ของศิษย์ ที่กรุณาอบรมให้ได้มีความรู้ ได้มีโอกาสได้ทำงานดูแลผู้ป่วย และยังได้ชี้นำแนวทางการดำเนินชีวิตทั้งในเชิงวิชาการและในชีวิตจริง ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์สิทธิขงามอุโฆษ นายแพทย์ขวรินทร์ อมเรศ และนายแพทย์โชติตะวัน ณ ตनावลี ที่เปรียบดั่งพี่ชาย และน้องชาย ซึ่งคอยช่วยเหลือเกื้อกูลแก่บรรณาธิการในทุกด้านอยู่เสมอมา

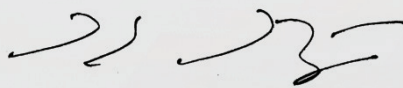
ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ เกสัชกรหญิง อมราพร วงศ์รักษพานิช ผู้ร่วมนิพนธ์ ที่กรุณาสละแรงกาย แรงใจ และเวลาอันมีค่ามาร่วมทำงานวิจัยเกี่ยวกับ

ซีเมนต์กระดูกในการใช้งานทางออร์โธปิดิกส์ และการศึกษาเกี่ยวกับยาปฏิชีวนะชนิด
ควบคุมการปลดปล่อย รวมถึงร่วมเป็นส่วนสำคัญในการเขียนหนังสือเล่มนี้ เพื่อถ่ายทอด
ความรู้ ประสบการณ์ มุมมองและข้อมูลอันทันสมัยต่อผู้ที่สนใจ

ขอขอบพระคุณผู้ป่วยทุกท่านที่บรรณาธิการได้มีโอกาสดูแลรักษา ผู้ซึ่งเปรียบเสมือน
ครูที่ให้ความรู้ ให้ประสบการณ์อันประเมินค่ามิได้จากการดูแลรักษาและปฏิบัติจริง
จนเกิดเป็นความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ถูกนำมารวบรวมขึ้นเป็นรายละเอียด
ของหนังสือเล่มนี้

ขอขอบคุณนางสาว กนกวดี ศิริเทพ นางสาวณัฐธิดา รัชตารมย์ หน่วยปฏิบัติ
การวิจัยภาวะกระดูกข้อสะโพกหัก และขอขอบพระคุณภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะ
แพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้วยดีเสมอมา

บรรณาธิการรู้สึกซาบซึ้งใจอย่างยิ่งในความช่วยเหลือและการมีส่วนร่วม
อันสำคัญของทุกท่านที่ได้กล่าวถึง โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายละเอียดของเนื้อหา
ที่ได้ทำการรวบรวมไว้ในหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ในการดูแลรักษาผู้ป่วยและ
ทำให้การรักษาโดยใช้ซีเมนต์กระดูกประสบผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ และมีความปลอดภัย
ยิ่งขึ้นสืบไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดอกเตอร์ นายแพทย์ศรัณย์ ตันต์ทวิสุทธิ์

บรรณาธิการ

ผู้ร่วมนิพนธ์



ศรัณย์ ตันต์ทวิสุทธิ์ พ.บ.

ว.ว. (ศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์)

Clinical Fellowship in Orthopaedic Trauma, University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa, USA

Clinical Fellowship in Hip and Knee Reconstruction, University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa, USA

Clinical Fellowship in Shoulder Surgery, University of Iowa Hospitals and Clinics, Iowa, USA

Clinical Fellowship in Adult Reconstructive Surgery, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

Ph.D. in Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

หน่วยปฏิบัติการวิจัยภาวะกระดูกข้อสะโพกหัก

ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ร่วมนิพนธ์



อมราพร วงศ์รักษพานิช

เภสัชศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล

Ph.D. in Pharmaceutics, College of
Pharmacy, The University of Iowa,
Iowa, USA

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล

สารบัญ

หน้าที่

คำนิยาม	ก
คำนำ	ค
คำชี้แจง	ฆ
กิตติกรรมประกาศ	จ
ผู้ร่วมนิพนธ์	ช
สารบัญ	ณ
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ต

บทที่ 1	ความเป็นมาและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซีเมนต์กระดูก	1
	<i>ศรัณย์ ตันต์พิทวิสุทธิ</i>	

1.	บทนำ	1
2.	ประวัติความเป็นมาของซีเมนต์กระดูก	1
3.	ส่วนประกอบของซีเมนต์กระดูกชนิด PMMA	2
4.	สารที่ใส่เพิ่มเติมในซีเมนต์กระดูก	5
5.	เทคนิคการใช้งานซีเมนต์กระดูก	10
6.	สมบัติเชิงกลของซีเมนต์กระดูก	15
7.	บทสรุป	16
	เอกสารอ้างอิง	17

บทที่ 2	การใช้ซีเมนต์กระดูกในการผ่าตัดข้อเทียม	21
	<i>ศรัณย์ ตันต์พิทวิสุทธิ</i>	

1.	บทนำ	21
2.	การใช้ซีเมนต์กระดูกในการผ่าตัดข้อเทียม	21
3.	บทสรุป	43
	เอกสารอ้างอิง	45

บทที่ 3	การใช้ซีเมนต์กระดูกในการผ่าตัดเนื้องอกกระดูกและกระดูกสันหลัง	51
	<i>ศรัณย์ ตันต์พิทวิสุทธิ</i>	

1.	บทนำ	51
2.	การใช้ซีเมนต์กระดูกในผู้ป่วยโรคเนื้องอกของกระดูก	51

3.	การใช้ซีเมนต์กระดูกในการผ่าตัดกระดูกสันหลัง	58
4.	บทสรุป	63
	เอกสารอ้างอิง	64

บทที่ 4	การใช้ซีเมนต์กระดูกในการรักษาการติดเชื้ทางออร์โธปิดิกส์	69
	<i>ศรัณย์ ตันต์วิสุทธิ์</i>	

1.	บทนำ	69
2.	การติดเชื้ในกระดูก	69
3.	การรักษาการติดเชื้ทางออร์โธปิดิกส์โดยใช้ซีเมนต์กระดูก	70
4.	การป้องกัน/ลดโอกาสการติดเชื้ทางออร์โธปิดิกส์	85
5.	บทสรุป	86
	เอกสารอ้างอิง	88

บทที่ 5	ภาวะแทรกซ้อนจากการใช้ซีเมนต์กระดูก	95
	<i>ศรัณย์ ตันต์วิสุทธิ์</i>	

1.	บทนำ	95
2.	กลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการใช้ซีเมนต์กระดูก	95
3.	ภาวะการแพ้ที่เกิดขึ้นจากซีเมนต์กระดูก	100
4.	การเกิดพิษจากซีเมนต์กระดูกแบบเฉพาะที่และทั่วร่างกาย	101
5.	เศษซีเมนต์กระดูกและการสลายตัวของกระดูก	102
6.	ผลกระทบของไอระเหยที่เกิดจากการผสมซีเมนต์กระดูกต่อคัลยแพทย์และ ผู้ปฏิบัติการบริเวณใกล้เคียง	103
7.	ภาวะหลอดเลือดดำอุดตันจากลิ่มเลือดในหัตถการที่ใช้ซีเมนต์กระดูก	104
8.	บทสรุป	105
	เอกสารอ้างอิง	106

บทที่ 6	การผสมยาปฏิชีวนะในซีเมนต์กระดูกสำหรับใช้ทางออร์โธปิดิกส์	111
	<i>อมราพร วงศ์รักษพานิช</i>	

1.	บทนำ	111
2.	ประสิทธิภาพของยาปฏิชีวนะในซีเมนต์กระดูก	112
3.	คุณสมบัติของยาปฏิชีวนะที่เหมาะสมสำหรับการผสมในซีเมนต์กระดูก	113

	หน้าที่
4. ยาปฏิชีวนะที่ใช้บ่อยในซีเมนต์กระดูก	115
5. การใช้เจนตามัยซินร่วมกับแวนโคมัยซิน	117
6. ระดับยาปฏิชีวนะที่ปลดปล่อยออกมาจากซีเมนต์กระดูกในระดับคลินิก	117
7. ตัวอย่างรูปแบบและแนวทางวิธีวิจัยเพื่อศึกษาระดับยาปฏิชีวนะที่ปลดปล่อยจากซีเมนต์กระดูกในมนุษย์	128
8. บทสรุป	131
เอกสารอ้างอิง	132
บทที่ 7 ความก้าวหน้าและเทคโนโลยีใหม่เพื่อเพิ่มฤทธิ์การฆ่าเชื้อของซีเมนต์กระดูก	139
<i>อมราพร วงศ์รักษพานิช</i>	
1. บทนำ	139
2. สารอนินทรีย์	139
3. สารอินทรีย์	152
4. บทสรุป	158
เอกสารอ้างอิง	167
ภาคผนวก	
อภิธานศัพท์	177
คำย่อภาษาอังกฤษ	191
ดัชนีภาษาไทย	195
ดัชนีภาษาอังกฤษ	203

สารบัญรูป

หน้าที่

บทที่ 1

รูปที่ 1-1	แสดงภาพส่วนประกอบของซีเมนต์กระดูก	3
รูปที่ 1-2	แสดงลักษณะของซีเมนต์กระดูกจากการใส่สารที่บร้งสีเข้าไป	4
รูปที่ 1-3	แสดงวิธีการผสมซีเมนต์กระดูกด้วยมือในบรรยากาศเปิด	12
รูปที่ 1-4	แสดงลักษณะของซีเมนต์กระดูกที่อยู่ในระยะ mixing phase และระยะ working phase	13
รูปที่ 1-5	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการผสมซีเมนต์กระดูกในสภาวะสุญญากาศ	13
รูปที่ 1-6	แสดงอุปกรณ์สำหรับล้างโดยใช้แรงดันน้ำสูง (high-pressure pulsatile lavage)	14

บทที่ 2

รูปที่ 2-1	แสดงการใช้ bulb syringe irrigation	24
รูปที่ 2-2	แสดงลักษณะของ intramedullary cement restrictor	24
รูปที่ 2-3	แสดงภาพปืนฉีดซีเมนต์กระดูก (cement gun)	25
รูปที่ 2-4	แสดงภาพ bone cement pressurizer	25
รูปที่ 2-5	แสดงอุปกรณ์สำหรับล้างโดยใช้แรงดันน้ำสูง (high-pressure pulsatile lavage)	25
รูปที่ 2-6	แสดง distal femoral centralizer	26
รูปที่ 2-7	แสดงการใส่ผ้าก๊อชชุบสารละลาย adrenaline ในโพรงกระดูกต้นขา	27
รูปที่ 2-8	แสดงการใส่ air venting ในโพรงกระดูกต้นขา	28
รูปที่ 2-9	แสดงลักษณะของก้านสะโพกเทียม cemented femoral stem ในกลุ่มที่ 1	32
รูปที่ 2-10	แสดงลักษณะของก้านสะโพกเทียม cemented femoral stem ในกลุ่มที่ 2	33
รูปที่ 2-11	แสดงลักษณะของก้านสะโพกเทียม cemented femoral stem ในกลุ่มที่ 3	34
รูปที่ 2-12	แสดงลักษณะของเบ้าสะโพกเทียมชนิดที่ผลิตจากพอลิเอทิลีนทั้งชิ้น (all polyethylene) แบบต่าง ๆ	37
รูปที่ 2-13	แสดงภาพซีเมนต์กระดูกล้นออกมาจากขอบของอุปกรณ์ข้อเข่าเทียม	40
รูปที่ 2-14	แสดงการล้างผิวกระดูกโดย high-pressure pulsatile lavage	41

หน้าที่

รูปที่ 2-15	แสดงภาพการใช้ pin สร้างรูบนพื้นผิวกระดูก	41
รูปที่ 2-16	แสดงภาพการใส่ซีเมนต์กระดูกไปบนอุปกรณ์ข้อเข้าเทียม	42
รูปที่ 2-17	แสดงภาพการนำซีเมนต์กระดูกส่วนเกินออก	43
รูปที่ 2-18	แสดงการใช้อุปกรณ์ patellar clamp เพื่อหนีบลูกสะบ้าเทียม	43

บทที่ 3

รูปที่ 3-1	แสดงภาพมะเร็งทิวติงที่มีกระดูกสันหลังส่วนเอวหักยุบที่ระดับ L3	55
รูปที่ 3-2	แสดงภาพรังสีเอกซเรย์ของกระดูกสันหลังส่วนเอวหักยุบที่ระดับ L3	59
รูปที่ 3-3	แสดงภาพของ Jewett brace	60
รูปที่ 3-4	แสดงภาพรังสีเอกซเรย์ของผู้ป่วยที่มีภาวะกระดูกสันหลังยุบตัวและภาพเอกซเรย์หลังได้รับการรักษาด้วย percutaneous vertebroplasty แล้ว	61

บทที่ 4

รูปที่ 4-1	แสดงภาพซีเมนต์สเปซเซอร์ชนิดไม่เคลื่อนไหว	75
รูปที่ 4-2	แสดงซีเมนต์สเปซเซอร์ชนิดผิวสัมผัสเคลื่อนไหวได้	77
รูปที่ 4-3	แสดงภาพทางคลินิกของกระดูกหน้าแข้งหักแบบเปิด	79
รูปที่ 4-4	แสดงภาพรังสีเอกซเรย์ของกระดูกหน้าแข้งที่มีการใช้ซีเมนต์กระดูกผสมยาปฏิชีวนะในรูปแบบลูกปัด (antibiotic bone cement beads)	79
รูปที่ 4-5	แสดงภาพการติดเชื้อในกระดูกโดยที่กระดูกยังไม่สมานตัวกัน (infected nonunion)	80
รูปที่ 4-6	แสดงภาพรังสีเอกซเรย์ซึ่งมีการใส่ซีเมนต์สเปซเซอร์ (PMMA spacer) เข้าไปในจุดที่มี bone defect	84
รูปที่ 4-7	แสดงภาพรังสีเอกซเรย์ของกระดูกสันหลังหักที่ได้รับการรักษาด้วยวิธีจัดเรียงกระดูกโดยไม่เปิดผิวหนัง (percutaneous reduction) ร่วมกับการยึดตามด้วยสกรู (screw) ผ่านผิวหนัง (percutaneous screws fixation)	86

บทที่ 7

รูปที่ 7-1	BonAlive® หรือ bioactive glass ที่ถูกพัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบเม็ดเล็กเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน	140
รูปที่ 7-2	อนุภาคเงินขนาดนาโน (AgNPs) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นาโนเมตร	149
รูปที่ 7-3	กลไกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคเงินนาโน	150
รูปที่ 7-4	ไคโตซาน (chitosan)	152
รูปที่ 7-5	ปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของสายไคติน (chitin) ด้วย ด่างเข้มข้น	153
รูปที่ 7-6	สูตรโครงสร้างพอลิแลคติกโคไกลโคลิกแอซิด กรดแลคติก และกรดไกลโคลิก	156
รูปที่ 7-7	ลักษณะของพอลิแลคติกโคไกลโคลิกแอซิด (PLGA)	157

สารบัญตาราง

หน้าที่

บทที่ 1

ตารางที่ 1-1	องค์ประกอบของซีเมนต์กระดูกในซีเมนต์กระดูกชนิดต่าง ๆ	4
--------------	---	---

บทที่ 2

ตารางที่ 2-1	สรุปลักษณะสำคัญของการพัฒนาเทคนิคการใช้ซีเมนต์กระดูกใน generation ต่าง ๆ	27
--------------	---	----

บทที่ 5

ตารางที่ 5-1	ระบบการจำแนกพยาธิสภาพของกลุ่มอาการ BCIS	95
--------------	---	----

บทที่ 6

ตารางที่ 6-1	การแบ่งประเภทเชื้อดื้อยาตามค่า MIC ของ vancomycin	117
ตารางที่ 6-2	แสดงข้อมูลงานวิจัยของยาปฏิชีวนะในซีเมนต์กระดูกที่ทดสอบการปลดปล่อย ตัวยาลำคัญในระดับคลินิก	121

บทที่ 7

ตารางที่ 7-1	ส่วนประกอบของของ bioactive glass 45S5	140
ตารางที่ 7-2	แสดงข้อมูลงานวิจัยของตำรับยาปฏิชีวนะและสารฆ่าเชื้ออื่น ๆ ที่ผสมใน ซีเมนต์กระดูกโดยมีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์	160
ตารางที่ 7-3	แสดงข้อมูลงานวิจัยของตำรับยาปฏิชีวนะและสารฆ่าเชื้ออื่น ๆ ที่ผสมใน ซีเมนต์กระดูกโดยมีองค์ประกอบหลักเป็นสารอินทรีย์	164

บทที่ 1

ความเป็นมาและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซีเมนต์กระดูก

ศรัณย์ ตันต์ทวิสุทธิ

1. บทนำ

พอลิเมทิล เมทาไครเลท (polymethyl methacrylate, PMMA) หรือที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อของซีเมนต์กระดูก (bone cement) มีการใช้อย่างแพร่หลายในศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์ ถึงแม้ว่าวัสดุนี้จะถูกเรียกว่าซีเมนต์ซึ่งตามความหมายอาจทำให้คิดถึงวัสดุที่มีความเหนียวหรือสามารถสร้างพันธะ (bonding) เพื่อเชื่อมของสองสิ่งเข้าด้วยกัน แต่แท้จริงแล้วซีเมนต์กระดูกทำหน้าที่เป็นเพียงวัสดุที่ใช้ในการถมเต็มเต็มพื้นที่ (space-filler หรือ grout) เช่น พื้นที่ว่างที่เกิดจากการนำก้อนเนื้อออกในกระดูกออกไปหรือพื้นที่ว่างที่มีอยู่ระหว่างกระดูกกับอุปกรณ์เทียมที่ใช้ฝังในร่างกาย (prosthesis, implant) เป็นต้น โดยในขณะที่ซีเมนต์กระดูกยังมีลักษณะที่อ่อนตัวอยู่เมื่อใส่เข้าไปในโพรงกระดูกและได้รับแรงอัด (pressurization) จะเกิดการแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนรวมไปถึงร่องรอยขรุขระของอุปกรณ์เทียมที่ใช้ฝังในร่างกายและในกระดูกโดยรอบ หลังจากที่ซีเมนต์กระดูกแข็งตัวอย่างสมบูรณ์แล้วจะทำให้เกิดการยึดเกาะกับกระดูกอย่างแข็งแรงซึ่งเรียกกลไกการทำงานในลักษณะนี้ว่า mechanical interlock โดยที่ตัวซีเมนต์กระดูกเองนั้นไม่ได้มีคุณสมบัติที่สามารถยึดเกาะได้ด้วยความเหนียวหรือมีพันธะทางเคมีในการเชื่อมหรือยึดกับพื้นผิวของอุปกรณ์ที่ใช้ฝังในร่างกายหรือกระดูกแต่อย่างใด ในระยะหลังซีเมนต์กระดูกมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนมีซีเมนต์กระดูกชนิดอื่นที่ไม่ใช่ PMMA เกิดขึ้น เช่น ซีเมนต์กระดูกชนิดแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate cement, CPCs) ซึ่งสามารถสลายตัวได้ในร่างกาย (biodegradable) และซีเมนต์กระดูกชนิดกลาส พอลิแอลคิโนเอท (glass polyalkenoate cement) เป็นต้น อย่างไรก็ตามหนังสือเล่มนี้จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับซีเมนต์กระดูกชนิด PMMA เป็นหลัก

2. ประวัติความเป็นมาของซีเมนต์กระดูก

จุดกำเนิดของการใช้ซีเมนต์กระดูกนั้นเริ่มต้นจากการค้นพบอคริลิก แอซิด (acrylic acid) ในปี ค.ศ. 1843 ซึ่งในเวลาต่อมาได้มีการพัฒนาสูตรขึ้นจนเป็นเมทาไครลิก แอซิด (methacrylic acid) ในปี ค.ศ. 1865¹ โดยพบว่า methacrylic acid นั้นเมื่อทำปฏิกิริยากับเมทานอล (methanol) จะเกิดเป็นเมทิลเมทาไครเลท (methyl methacrylate, MMA) ซึ่งเป็นสารประกอบพื้นฐานของพอลิเมอร์ (polymer) ชนิด PMMA นั้นเอง ต่อมาในปี ค.ศ. 1877 Fittig และ Paul² ได้ค้นพบปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของ MMA จนได้ผลลัพธ์เป็น PMMA ในเวลาต่อมานักเคมีชาวเยอรมันที่ชื่อ Otto Rohm ซึ่งถือเป็นบุคคลสำคัญและนับเป็นผู้บุกเบิกของการใช้ PMMA ได้ทำการจดสิทธิบัตรของ PMMA plexiglass ในปี ค.ศ. 1933 โดยในขณะที่นั้น plexiglass รู้จักกันว่าเป็นวัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้วหรือกระจกแต่มีความแข็งแรงแรงสูง (glass-like hard material) ซึ่งในช่วงเวลานั้นได้ถูกนำไปใช้กับกล้องของเรือดำน้ำและฝารอบเหนือห้องนักบิน (airplane canopies)³ โดยในส่วนของการใช้

PMMA ทางคลินิกนั้นเริ่มเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1936 หลังจากมีการค้นพบว่าเมื่อนำผง PMMA มาผสมกับ ลิกวิด มอนอเมอร์ (liquid monomer) จะได้วัสดุที่มีลักษณะที่สามารถปั้นและขึ้นรูปได้เหมือนแป้งขนมปัง (dough-like substance) ซึ่งภายในปีเดียวกันนั้นเองได้เริ่มมีการใช้ PMMA ในอุปกรณ์ทางทันตกรรมชนิดฝังในร่างกาย (dental implant) เป็นครั้งแรก⁴ ส่วนในวงการศัลยกรรมนั้นเริ่มมีการใช้ PMMA ในการซ่อมแซมความเสียหายของกะโหลกศีรษะในมนุษย์เมื่อปี ค.ศ. 1941 โดยในครั้งนั้นทำการขึ้นรูปให้ซีเมนต์กระดูกแข็งตัวเป็นแผ่นแบนในห้องปฏิบัติการ ก่อนทำให้ปราศจากเชื้อและนำเข้ามาปรับแต่งรูปร่างให้เหมาะสมกับการใช้งานกับผู้ป่วยในห้องผ่าตัดอีกครั้ง เนื่องจากในขณะนั้นยังไม่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้ซีเมนต์กระดูกในลักษณะที่มีการพอลิเมอร์เซชันและแข็งตัวได้ในอุณหภูมิห้อง ณ ห้องผ่าตัดอย่างเช่นในปัจจุบัน

จุดสำคัญและอาจเรียกได้ว่าเป็นต้นกำเนิดของซีเมนต์กระดูกยุคใหม่ ที่สามารถนำมาผสมใช้งานกันในห้องผ่าตัดได้อย่างที่เราคุ้นเคยกันดีในปัจจุบันเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1943 เมื่อมีการศึกษาและพบว่า MMA สามารถเกิดการพอลิเมอร์เซชันได้เองที่อุณหภูมิห้องหากมีการเติมสารที่ทำหน้าที่เป็น co-initiator เข้าไปในส่วนผสมด้วย ซึ่งหลักการนี้ยังคงถูกต้องและยังถูกใช้งานกันอยู่ในซีเมนต์กระดูกในปัจจุบัน ในปี ค.ศ. 1950 Judet และคณะ⁵ เป็นกลุ่มแรกที่ใช้ซีเมนต์กระดูกในหัตถการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเทียมโดยได้ใช้ PMMA ทำเป็นหัวกระดูกต้นขาเทียม (femoral head plexiglass prosthesis) ใส่ในร่างกายผู้ป่วย แต่การรักษาประสบความล้มเหลวเนื่องจากตัวอุปกรณ์เทียมดังกล่าวนั้นไม่สามารถที่จะผนวก (integrate) เข้ากับร่างกายได้และยังมีปัญหาด้านสมบัติเชิงกล (mechanical property) หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1953 จึงเริ่มมีการนำ PMMA มาใช้ในลักษณะของวัสดุเติมเต็มช่องว่าง (grout) เพื่อเพิ่มการยึดเกาะระหว่างอุปกรณ์ข้อเทียมและกระดูกโดยรอบ⁶ ซึ่งหลักการนี้ได้ถูก Sir John Charnley นำมาใช้อย่างประสบความสำเร็จเป็นอย่างยิ่งในการผ่าตัดข้อสะโพกเทียมโดยเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1958 ซึ่งได้ทำการใช้ PMMA ช่วยในการยึดเข้าสะโพกเทียม (acetabular cup) และก้านสะโพกเทียม (femoral stem) เข้ากับกระดูก⁷ ต่อจากนั้นในระยะเวลาไม่นานก็เริ่มมีซีเมนต์กระดูกชนิดผสมยาปฏิชีวนะเกิดขึ้น โดยเป็นตัวยานิดเจนตามัยซิน (gentamicin), เพนนิซิลลิน (penicillin) และอีริโทรมัยซิน (erythromycin) ซึ่งตัวยา gentamicin ยังคงถูกใช้ผสมในซีเมนต์กระดูกอย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน ในปี ค.ศ. 1970 องค์การอาหารและยาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration, USFDA) ได้รับรองการใช้ซีเมนต์กระดูกเพื่อใช้ในการเปลี่ยนข้อเข่าและข้อสะโพกเทียม หลังจากนั้นได้มีการใช้ซีเมนต์กระดูกในหัตถการทางออร์โธปิดิกส์อย่างแพร่หลาย โดยนับจากเริ่มต้นจวบจนถึงปัจจุบันมีอุปกรณ์ชนิดที่ใช้ฝังในร่างกายจำนวนหลายล้านชิ้นทั่วโลกที่ได้ถูกใช้ร่วมกับซีเมนต์กระดูก ซึ่งจำนวนการใช้นั้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปีตามปริมาณการทำหัตถการที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และสังคมสูงอายุที่เกิดขึ้นทั่วโลก⁸

3. ส่วนประกอบของซีเมนต์กระดูกชนิด PMMA

PMMA คืออคริลิก พอลิเมอร์ (acrylic polymer) ที่เกิดจากการผสมสารสองส่วนเข้าด้วยกัน

(รูปที่ 1-1) ส่วนแรกคือส่วนที่เป็นผงแห้ง (powder component) ซึ่งประกอบด้วยพอลิเมอร์ คือ polymethyl methacrylate/co-polymer (PMMA), สารที่ทำหน้าที่เป็น initiator คือ เบนโซอิล เพอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide, BPO), สารทึบรังสี (radiopacifier) ซึ่งมักเป็นแบเรียมซัลเฟต (barium sulfate, BaSO₄) หรือ เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (zirconium dioxide, ZrO₂) อย่างใดอย่างหนึ่ง และส่วนของซีเมนต์กระดูกคือส่วนที่เป็นของเหลว (liquid component) ซึ่งประกอบด้วยมอนอเมอร์ (monomer) คือ methyl methacrylate (MMA), สารเร่งปฏิกิริยา (accelerator) คือ N, N-Dimethyl para-toluidine (DMPT)/dimethyl para-toluidine (DMpt) และสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) คือ ไฮโดรควิโนน (hydroquinone) โดยหากเป็นซีเมนต์กระดูกชนิดที่ผสมยาปฏิชีวนะก็จะมียาปฏิชีวนะ เช่น gentamicin ผสมอยู่ในส่วนที่เป็นผงแห้งด้วย⁹ เมื่อทำการผสมส่วนที่เป็นผงแห้งและของเหลวดังกล่าวเข้าด้วยกันแล้ว liquid monomer จะเกิดการพอลิเมอร์ไรเซชันขึ้นรอบ pre-polymerized powder particles พอร์มตัวเป็นซีเมนต์กระดูกที่จะแข็งตัวในท้ายที่สุด โดยระหว่างกระบวนการทางเคมีนี้ จะเกิดการปลดปล่อยความร้อนออกมาด้วย (exothermic free-radical polymerization) ซึ่งปฏิกิริยาคายความร้อนที่เกิดจากกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันนี้อาจมีอุณหภูมิสูงถึง 82-86 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามเมื่อใช้จริงในร่างกาย เนื้อเยื่อโดยรอบซีเมนต์กระดูกมัก จะไม่ได้ถูกสัมผัสด้วยอุณหภูมิสูงเท่าที่กล่าวไปเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น มีการกระจาย ความร้อนผ่านพื้นผิวของอุปกรณ์ข้อเทียม, การกระจายความร้อนไปกับเลือดที่ไหลเวียน เข้ามาหล่อเลี้ยงรอบบริเวณที่ใช้ซีเมนต์กระดูกและความหนาของซีเมนต์กระดูกโดยรอบอุปกรณ์ ข้อเทียมที่มักจะมี ความหนาไม่มากนัก เป็นต้น

MMA ที่อยู่ในส่วนที่เป็นของเหลว (liquid component) นั้นหากโดนแสงหรือความร้อน จะเกิดการจับตัวกันจนแข็งขึ้นได้เองในขณะที่ทำการเก็บรักษาก่อนใช้งานแม้จะยังไม่ได้



รูปที่ 1-1 แสดงภาพส่วนประกอบของซีเมนต์กระดูกซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว (ลูกศร) และส่วนที่เป็นผงแห้ง (หัวลูกศร)

ผสมกับส่วนที่เป็นผง หรือที่เรียกว่า premature polymerization ดังนั้นจึงต้องมีการใส่ hydroquinone เพื่อเป็นสารเพิ่มความคงตัว หรืออาจเรียกว่าสารยับยั้งปฏิกิริยา (inhibitor) ลงไปด้วยเพื่อป้องกันการเกิด premature polymerization ดังกล่าว เมื่อใช้งานจะผสมส่วนที่เป็นผงและของเหลวเข้าด้วยกันเพื่อทำให้เกิด กระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชันของ PMMA ที่อุณหภูมิห้อง (cold curing cement) กระบวนการนี้จะเติม di-benzoyl peroxide (BPO) เข้าไปในส่วนของผงแห้ง (powder component) เพื่อทำหน้าที่เป็น initiator และเติม N, N-dimethyl-para-toluidine (DMPT)

ในส่วนของเหลวทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนั้นยังมีการใส่สารทึบรังสี เช่น barium sulfate หรือ zirconium dioxide เข้าไปในส่วนของผงแห้งด้วยเพื่อให้สามารถมองเห็นซีเมนต์กระดูกได้ในภาพรังสีเอกซเรย์ (รูปที่ 1-2)

แม้ซีเมนต์กระดูกจะมีองค์ประกอบมากมายทั้งในส่วนที่เป็นผงแห้งและของเหลว แต่โดยส่วนมากสัดส่วนของผงแห้งและของเหลว (Powder/Liquid ratio, P/L ratio) จะอยู่ที่ 2:1 โดยจะมีความแตกต่างกันได้บ้างระหว่างสูตรของซีเมนต์กระดูกที่มีมากมายหลากหลายชนิดและหลากหลายผู้ผลิต จากการศึกษาพบว่ามีความแตกต่างในสัดส่วนองค์ประกอบของ P/L ratio ได้ตั้งแต่ 2:1 ไปจนถึง 2.7:1¹⁰ โดยสัดส่วนขององค์ประกอบต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของซีเมนต์กระดูกและบริษัทผู้ผลิตดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 1-1



รูปที่ 1-2 แสดงลักษณะของซีเมนต์กระดูกโดยรอบก้านหัวไหล่เทียมที่ปรากฏในภาพรังสีเอกซเรย์จากการใส่สารทึบรังสีเข้าไปในซีเมนต์กระดูก (ลูกศร)

ตารางที่ 1-1 องค์ประกอบของซีเมนต์กระดูก¹¹ ในซีเมนต์กระดูกชนิดต่าง ๆ

	CMW1	Palacos R ^(a)	Simplex P ^(b)	Zimmer Hi-fatigue ^(c)
ส่วนผงแห้งของซีเมนต์กระดูก (กรัม)	39.99	40	40	40.85
- Polymethyl methacrylate (%w/w*)	88.84	84.5	88.5	86.9
- Barium sulfate (%w/w*)	9.1	-	10	-
- Benzoyl peroxide (%w/w*)	2.05	0.5	1.5	0.86
- Zirconium dioxide (%w/w*)	-	15	-	12.24
Liquid component (กรัม)	18.37	18.78	20	20
- Methyl methacrylate (%w/w*)	99.18	97.98	97.5	99.35
- N-N Dimethyl-p-Toluidine (%w/w*)	0.82	2.02	2.5	0.65
- Hydroquinone (ppm)	25	60	80	60
Powder/Liquid ratio	2.18	2.13	2.00	2.04

หมายเหตุ: (a) poly (methyl methacrylate/methyl acrylate), (b) 73.5%w/w poly (methyl methacrylate)/styrene co-polymer, 15%w/w pre-polymerized PMMA, (c) MMA styrene *%w/w ร้อยละของน้ำหนัก **ppm (part per million) ส่วนต่อล้านส่วน

ดัดแปลงมาจาก Lewis G. Fatigue testing and performance of acrylic bone-cement materials: State of-the-art review. J Biomed Mater Res, Part B 2003, 66B(1):457-486.¹¹