เชียงใหม่สัตวแพทยสาร 2554; 9(3): 159-163

บทความรับเชิญ (Invited review article)

เซรามิกชีวภาพ - ทางเลือกใหม่สำหรับการประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์

Bioceramics – Alternative Materials for Medical Applications

อุไรวรรณ อินต๊ะถา[1] และ สุขุม อิสเสงี่ยม[2*]

[1]สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

[2]ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

**E-mail address: sukum99@yahoo.com*

ในปัจจุบันมนุษย์เราได้หันมาให้ความสนใจในด้านสุขภาพเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีทางการแพทย์กันอย่างแพร่หลาย ทำให้มีการค้นพบวิธีการวินิจฉัยโรคที่รวดเร็ว และแม่นยำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการรักษาอย่างมาก รวมทั้งมีประสิทธิภาพจึงเป็นเหตุทำให้ผู้ป่วยหายจากโรค ลดอัตราการเสียชีวิตลง และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น การผ่าตัดเพื่อการซ่อมแซมอวัยวะที่มีความผิดปกติก็เป็นอีกแนวทางรักษาอย่างหนึ่ง โดยอวัยวะที่มีการทดแทนด้วยอวัยวะเทียม เช่น หัวใจเทียม หลอดเลือดเทียม ผิวหนังเทียม และกระดูดเทียม เป็นต้น ซึ่งวัสดุทดแทนเหล่านี้ได้ถูกค้นคว้า และทำการวิจัยกันมาอย่างยาวนาน โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของวัสดุทดแทนเหล่านี้คือ ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อมนุษย์ และสามารถทำงานทดแทนอวัยวะที่นำไปทดแทนได้ ซึ่งวัสดุเทียมเหล่านี้อาจทำมาจาก โลหะ โลหะผสม พอลิเมอร์ แก้ว และเซรามิก เป็นต้น

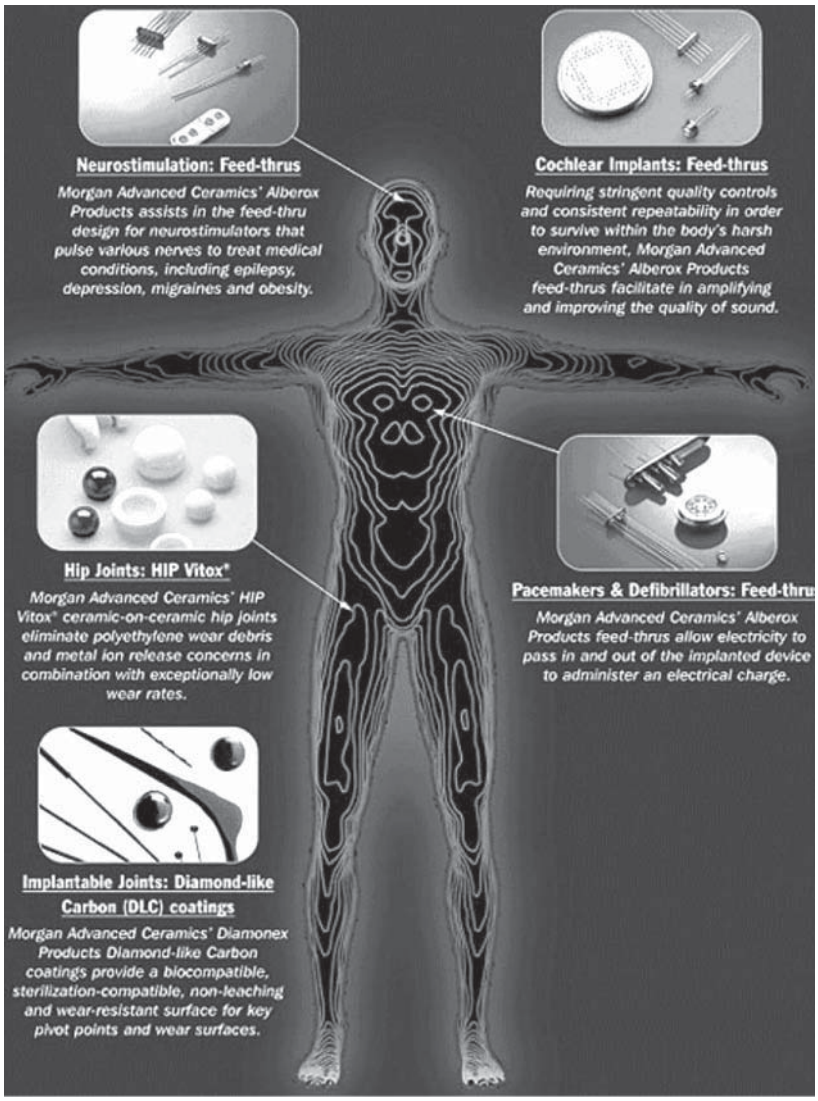
เซรามิกและแก้ว ได้ถูกใช้เป็นวัสดุที่ใช้ในทางสุขภาพมาอย่างยาวนาน ตั้งแต่อุปกรณ์ที่ใช้ภายนอกไปจนถึงอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนทดแทนภายในร่างกาย เช่น เลนส์ของแว่นสายตา อุปกรณ์ที่ช่วยวินิจฉัยโรค เทอร์โมมิเตอร์ไฟเบอร์ออฟติกที่ใช้ส่องกล้องเข้าไปในร่างกาย ฟันปลอม ซีเมนต์ที่ใช้ทำฟัน กระดูกเทียม ส่วนของสะโพกเทียม เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาตอบสนองระหว่างวัสดุทดแทนต่อเนื้อเยื่อของมนุษย์มีความเป็นไปได้ 4 แบบ[(1)] ได้แก่

1 วัสดุที่นำไปทดแทน หรือปลูกถ่ายมีความเป็นพิษ เนื้อเยื่อรอบข้างจะตาย

2 ถ้าวัสดุที่นำไปทดแทนหรือปลูกถ่ายไม่เป็นพิษ แต่ไม่มีความเข้ากันกับเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อจะมีการสร้างผังผืดมาคลุมไว้ (Bioinert)

3. ถ้าวัสดุที่นำไปทดแทนหรือปลูกถ่ายไม่เป็นพิษ และมีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ จะมีการสร้างเนื้อเยื่อมาประสานกันไว้ (Bioactive)

4 ถ้าวัสดุที่นำไปทดแทนหรือปลูกถ่ายไม่เป็นพิษ และมีการสลายตัวในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เนื้อเยื่อรอบข้างจะมีการสร้างแทนที่วัสดุ



รูปที่ 1 การประยุกต์ใช้งานเซรามิกชีวภาพในส่วนต่างๆ ของร่างกาย[6]

ทดแทนนั้น (Bioresorbable)

เซรามิกชีวภาพแบบ bioresorbable นั้น เมื่อเรานำเซรามิกชนิดนี้ไปปลูกถ่ายในร่างกายมนุษย์ เซรามิกจะเริ่มมีการสลายตัวอย่างช้าๆ และจะมีการสร้างเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะทดแทนชนิดที่ต้องการและเป็นประโยชน์ขึ้นมาทดแทนเซรามิกที่สลายตัวไป ในรูปร่างเดียวกันกับเซรามิกนั้น ตัวอย่างเช่น Tricalcium Phosphate [$Ca(PO_4)_2$] และ polylactic-polyglycolic acid copolymers รวมถึง calcium oxide, calcium carbonate (coral) และยิปซัม ก็เป็นอีกกลุ่มที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้านนี้เป็นเวลามามากกว่า 30 ปี

ตารางที่ 1 การนำเซรามิกชีวภาพมาประยุกต์ใช้งานทางการแพทย์[7]

Devices	Function	Biomaterial
Artificial total hip, knee, shoulder, elbow, wrist	Reconstruct arthritic or fractured joints	High-density alumina, metal bioglass coatings
Bone plates, screws, wires	Repair fractures	Bioglass-metal fiber composite, Polysulfone-carbon fiber composite
Intramedullary nails	Align fractures	Bioglass-metal fiber composite, Polysulfone-carbon fiber composite
Harrington rods	Correct chronic spinal curvature	Bioglass-metal fiber composite, Polysulfone-carbon fiber composite
Permanently implanted artificial limbs	Replace missing extremities	Bioglass-metal fiber composite, Polysulfone-carbon fiber composite
Vertebrae Spacers and extensors	Correct congenital deformity	Al_2O_3
Spinal fusion	Immobilize vertebrae to protect spinal cord	Bioglass
Alveolar bone replacements, mandibular reconstruction	Restore the alveolar ridge to improve denture fit	Polytetra fluro ethylene (PTFE) - carbon composite, Porous Al_2O_3, Bioglass, dense-apatite
End osseous tooth replacement implants	Replace diseased, damaged or loosened teeth	Al_2O_3, Bioglass, dense hydroxyapatite, vitreous carbon
Orthodontic anchors	Provide posts for stress application required to change deformities	Bioglass-coated Al_2O_3, Bioglass coated vitallium

เซรามิกชีวภาพแบบ bioactive นั้นเมื่อเรานำเซรามิกชนิดนี้ไปปลูกถ่ายในร่างกายมนุษย์ หรือนำไปเชื่อมต่อกับกระดูก หรือเนื้อเยื่ออ่อน ร่างกายจะมีการสร้างเนื้อเยื่อเข้ามายึดติดกับเซรามิกชนิดนี้ บางครั้งอาจถูกนำไปใช้เป็นตัวกลางในการเชื่อมประสานระหว่างชั้นของเนื้อเยื่อมนุษย์และกระดูกเทียม เช่น hydroxyapatite[2,3] [$Ca10(PO_4)_6(OH)_2$], glass-ceramic[4,5] และ bioglass เป็นต้น

เซรามิกชีวภาพแบบ bioinert นั้นเมื่อเรานำเซรามิกชนิดนี้ไปปลูกถ่ายในร่างกายมนุษย์ เซรามิกชนิดนี้จะทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อรอบข้างน้อยมาก โดยทั่วไปแล้วร่างกายจะมีการสร้างผังผืดหรือเนื้อเยื่อบางๆ มาคลุมมันไว้ เช่น alumina, partially stabilized zirconia เป็นต้น

หากจะกล่าวถึงกลุ่มของสารชีวเซรามิกที่สำคัญ และมีการศึกษาค้นคว้าพัฒนากันอย่างแพร่หลายนั้น จะถูกแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ Alumina, Zirconia, Carbon, Bioglass & Glass Ceramic, Calcium Phosphate Ceramics (CPC) และเซรามิกผสม ซึ่งชีวเซรามิกเหล่านี้ได้ถูกนำไปใช้งานอย่างหลากหลาย ดังแสดงในตารางที่ 1

Alumina (Al2O3) เป็นเซรามิกที่มีสมบัติความเป็น bioinert มีความแข็ง และความต้านทานต่อการสึกกร่อนสูง มักจะถูกนำไปประยุกต์ใช้งานทางทันตกรรม และการปลูกถ่ายกระดูก ซึ่งได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่ม[7,8] ได้ทำการทดสอบความเข้ากันของเนื้อเยื่อกับวัสดุกลุ่มของ Alumina แล้วพบว่า เมื่อนำเซรามิก Alumina ไปฝังไว้ในหนูทดลองเป็นเวลา 8 สัปดาห์ แล้วไม่พบว่าเกิดการต่อต้านของเนื้อเยื่อรอบข้าง แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องถึงผลกระทบของขนาดอนุภาค Alumina ที่นำมาใช้ผลิตวัสดุทดแทน และปลูกถ่าย

Zirconia (ZrO2) ถือว่าเป็นวัสดุที่เป็นความหวังของการพัฒนาวัสดุชีวภาพ เนื่องจากมีสมบัติเชิงกลที่ดี และมีความเข้ากันได้ดีกับ

เนื้อเยื่อ ซึ่งวัสดุกลุ่มนี้ถูกใช้เป็นวัสดุที่ใช้ทำเป็นข้อต่อสะโพกสำหรับการปลูกถ่ายให้กับมนุษย์มาเป็นเวลานานกว่า 10 ปี

Carbon เป็นวัสดุที่มีประโยชน์มากมายหลายอย่าง และอยู่ในหลายรูปแบบ ซึ่งคาร์บอนที่นำมาใช้ในทางชีวภาพอย่างแพร่หลาย คือ Graphite (LTi), Pyrolitic Carbon และ Vitreous Carbon เป็นต้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Bokras และคณะ[9] ได้ทำการวิจัยและพบว่า คาร์บอนมีความเข้ากันได้ดีกับกระดูกและเนื้อเยื่อของมนุษย์ อีกทั้งยังมีสมบัติเชิงกลที่คล้ายคลึงกับกระดูกมนุษย์ทั้งในด้านความแข็งและความเป็นวัสดุที่เปราะ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปลูกถ่ายหรือทดแทนที่ต้องสัมผัสกับเลือด และอยู่ภายในระบบการไหลเวียนของเลือดได้เนื่องจากคาร์บอนนั้นไม่ทำปฏิกิริยากับเลือด และมีความเข้ากันทางชีวภาพได้ดีกับของเหลวในร่างกาย

Bioglass & Glass Ceramics แก้วชีวภาพโดยส่วนใหญ่จะมีโครงสร้างพื้นฐานมาจากโครงสร้างของซิลิกอนออกไซด์และมีสารอื่นๆ เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสมบัติต่างๆ ของแก้วชีวภาพนี้ก็จะแตกต่างกันไปตามชนิดของสารประกอบของแก้ว โดยทั่วไปแล้วแก้วชีวภาพจะถูกใช้ทดแทนในเนื้อเยื่อแข็ง (hard tissues) เช่น กระดูกเทียม และฟันเทียม โดยแก้วชีวภาพนี้จะประกอบไปด้วย 2 องค์ประกอบหลักๆ ได้แก่ mica และ apatitite

Calcium Phosphate Ceramics (CPC) เป็นที่ทราบกันมามากกว่า 20 ปีว่าเกลือ Calcium Phosphate สามารถนำมาทดแทนและซ่อมแซมเนื้อเยื่อกระดูกได้ โดยรู้จักกันดีในกลุ่มของ hydroxyapatite (HAP) และ β-Tricalcium phosphate (β-TCP) โดยที่ HAP มีสูตรเคมี $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ มีอัตราส่วน Ca/P เท่ากับ 1.67 สามารถเตรียมได้ 2 วิธี ได้แก่ wet methods และ solid state reactions แต่อย่างไรก็ตามก็มีการศึกษาการเตรียมแบบต่างๆ เพื่อให้ได้ HAP ที่มีสมบัติที่ดีและมีความบริสุทธิ์ที่สูง เช่น solgel, flux method, spray pyrolysis และ mechano-chemical เป็นต้น

Ceramic/Ceramic Composite วัสดุผสมชีวภาพกลุ่มนี้ประกอบด้วยวัสดุมากกว่า 2 ชนิด เพื่อที่จะดึงคุณสมบัติที่ดีของแต่ละองค์ประกอบมาใช้ เช่น Alumina นำมาทำเป็นวัสดุผสมร่วมกับ Hydroxyapatite เพื่อจะนำมาทำเป็นวัสดุ Bioactive ที่มีความแข็งแรงและนำไปใช้ทดแทนเป็นกระดูกเทียมในส่วนของโครงสร้างร่างกายได้ เป็นต้น

จากการยกตัวอย่างของกลุ่มเซรามิกข้างต้นจะเห็นได้ว่า ยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้มาซึ่งวัสดุชีวภาพที่มีสมบัติที่เทียบเคียงกับเนื้อเยื่อ กระดูก และส่วนประกอบต่างๆ ในร่างกายมนุษย์ โดยจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือได้วัสดุที่ มีสมบัติเทียบเคียงกับวัสดุที่นำไปทดแทนหรือปลูกถ่าย ไม่เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อและร่างกาย และที่สำคัญที่สุดคือมีความเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อและร่างกายของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามมนุษย์เรายังต้องพึงระลึกไว้ว่าไม่มีวัสดุหรือเทคโนโลยีใดที่จะสามารถทดแทนอวัยวะของเราได้ ดังนั้นการรักษาและดูสุขภาพ

จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุดที่จะทำให้คุณภาพชีวิตของเราดีตลอดไป

เอกสารอ้างอิง

1. Hench LL. Bioceramics: From Concept to Clinic. J.Am Ceram Soc. 1991. 1;74(7): 1487–510.
2. Nissan BB. Learning from Nature How to Design New Implantable Biomaterials.New York : Kluwer Academic Publishers. 2004. P. 89-103.
3. Doremus RH. Bioceramics. J.Mater Sei. 1992; 27(2): 285–97.
4. Kokubo T ,Shigematsu M, Nagashima Y, Tashiro M, Nakamura T, Yamamuro T, et.al. Apatite-Wollastonite Containing Glass-Ceramic for Prosthetic Application, Bull. Inst. Chem. Res. 1982; 60 : 260-8.
5. Kokubo T. Novel Biomaterials Derived from Glasses. In: Soga W, Kato A, editors. Ceramics: Towards the 21st Century. J. Ceramic. Soc.1991: 500-18.
6. Mastrogiacomo J. Bioceramics - Advanced Materials and Processing Techniques Increase Applications Area for Ceramics invovation, Morgan Technical ceramics. [Internet]. 2007 [Cited 2007 Jan 8] ; Avaible from http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=3625.
7. Thamaraiselvi TV, Rajeswari S. Trends Biomater. Artif. Organs. 2004; 18: 9-17.
8. Noiri A, Hoshi F, Murakami H, Sato K, Kawai S, K.Kawai, Ganki. 2002; 53(6), 476-480.
9. Bokras JC, LaGrange LD, Schoen FJ. Chern. Phys. Carbon 9, 104-169 (1992).