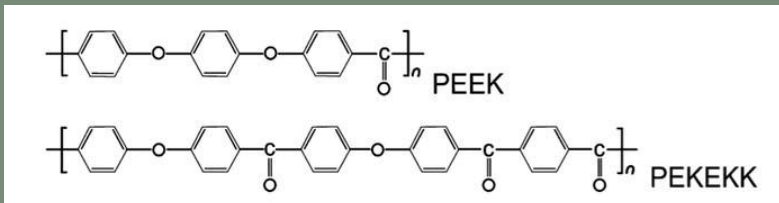


โพลีเอเทอร์อีเทอร์คีโตน (Polyetheretherketone) ทางทันตกรรม

ผศ.ทพ.ดร.พิสัยศิษฐ์ ชัยจรินทร์
ภาควิชาทันตกรรมประดิษฐ์
คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทนำ

Polyaryetherketones (PAEKs) เป็นสมาชิกใหม่ของโพลิเมอร์ในกลุ่มหลอมร้อนผันกลับได้ที่อุณหภูมิสูง (high-temperature thermoplastic polymer) ประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักแบบสายวงแหวนอะโรมาติก (aromatic backbone molecular chain) ที่เชื่อมต่อกันด้วยหมู่ฟังก์ชัน (functional group) ชนิดอีเธอร์ (ether) และ คีโตน (ketone) โพลิเมอร์ชนิดนี้ มี 2 ชนิด ที่นิยมใช้ในทางการแพทย์คือ พอลิเอเทอร์อีเทอร์คีโตน Poly(ether-ether-ketone) หรือ PEEK และ Poly(ary-ether-ketone-ether-ketone-ketone) หรือ PEKEKK โดยมีสูตรทางเคมีดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงสูตรทางเคมีของ PEEK และ PEKEKK

โครงสร้างทางเคมีของ PEEK มีความเสถียรที่อุณหภูมิสูง ด้านทานต่อการกัดกร่อนจากสารเคมีและรังสีรวมถึง มีความเข้ากันได้กับสารเสริมแรงหลากหลายชนิด PEEK มีลักษณะเป็นสายโซ่ตรงที่มีหน่วยมอโนเมอร์ (Monomer) 100 หน่วย มีน้ำหนักของโมเลกุล (molecular weight) 80,000-120,000 กรัมต่อโมล (g/mol) เป็นวัสดุสีขาว ที่มีความโปร่งใส สามารถเปลี่ยนรูปด้วยความร้อน (thermoplastic polymer) ณ อุณหภูมิห้องจะมีสถานะคล้ายแก้ว (glassy state) ซึ่งมีความแข็งและเปราะ ในช่วงอุณหภูมิ 143 องศาเซลเซียส จะมีลักษณะเป็นทรานซิชันแก้ว (glass transition phase; Tg) โดย PEEK จะอ่อนตัวและยืดตัวได้ สามารถทนความร้อนได้ถึง 335.8 องศาเซลเซียส และเมื่อถึงช่วงอุณหภูมิ 343 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิหลอมเหลวผลึก (crystalline melt transition temperature; Tm) จะเกิดการหลอมตัว นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงมาก

อย่างไรก็ตาม PEEK บริสุทธิ์ (pure PEEK) มีค่ามอดูลัสของสภาพยืดหยุ่น 3 ถึง 4 จิกะปาสคาล (GPa) ซึ่งมีค่าต่ำและไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในบริเวณที่รับแรงสูง ดังนั้นจึงมีการปรับเปลี่ยนให้มอดูลัสของสภาพยืดหยุ่นใกล้เคียงกับกระดูกทึบ (18GPa) หรือสารประกอบไทเทเนียม (110GPa) โดยการเสริมด้วยวัสดุอัดแทรก เช่น เส้นใยคาร์บอน และ เส้นใยแก้ว เข้าไปทำให้สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของ PEEK ได้ ในช่วงปลายของยุค 1990 PEEK โพลิเมอร์เป็นวัสดุที่น่าสนใจในกลุ่มเทอร์โมพลาสติกที่มีคุณสมบัติพิเศษ (high-performance thermoplastic) ทำให้ปัจจุบันนิยมนำ PEEK มาใช้ในการรักษาผู้ป่วยในงานทันตกรรม เช่น งานทันตกรรมรากฟันเทียม การใส่ฟันเทียมชนิดถอดได้



การนำมาใช้งานในทางทันตกรรม

1. ทันตกรรมรากเทียม (Dental Implant)

Titanium (Ti) และ Titanium alloy เป็นวัสดุที่นิยมใช้ในงานทันตกรรมรากฟันเทียมมานาน เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการ เช่น การมีคุณสมบัติทางเคมีทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลที่ดี มีการเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อในช่องปากและมีความแข็งแรงอีกทั้งยังทนทานต่อการกัดกร่อนสูง แต่อย่างไรก็ตาม Titanium ยังเป็นวัสดุที่มีค่า elastic modulus สูงกว่ากระดูก (Titanium: 110 GPa; cortical bone: 14 GPa) โดยความแตกต่างของค่า elastic modulus ที่แตกต่างกันเกินไปทำให้เกิดแรงความเค้นรอบ ๆ กระดูกครอบรากฟันเทียม ส่งผลให้เกิดการละลายของกระดูกและนำมาสู่ผลกระทบต่าง ๆ ต่อรากฟันเทียมได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงคนไข้ที่แพ้โลหะและปัญหาของการเกิดการกระเจิงของแสงรังสีในคนไข้ที่ต้องถ่ายภาพรังสี MRI หรือ CT scan นอกจากนี้ Titanium เป็นโลหะที่มีสีดําส่งผลในเรื่องความสวยงามในการใช้งานในตำแหน่งที่ต้องการความสวยงามเข้ามาเกี่ยวข้อง

มีความพยายามที่จะลดปัญหาของ Titanium ดังที่กล่าวมาโดยการเลือกใช้วัสดุต่างๆเช่น Zirconia แต่ Zirconia ก็ยังเป็นวัสดุที่มีค่า elastic modulus สูงกว่ากระดูกมาก (Zr: 100 GPa) รวมทั้งมีโอกาสเกิดการแตกหักได้จึงไม่เป็นที่นิยมใช้เพื่อทำรากฟันเทียม โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวัสดุ Polymeric compounds โดยวัสดุที่เริ่มนำมาใช้เพื่อทำรากฟันเทียมก็คือ PEEK โดยในทางทันตกรรม PEEK นิยมนำมาใช้ทำส่วน superstructure ของรากฟันเทียมเช่นส่วน abutment และส่วน healing cap (รูปที่ 2) หรือในบางบริษัทได้นำมาทำในส่วน implant body โดย PEEK มีค่า elastic modulus ประมาณ 3-18 GPa คุณสมบัติต่างๆของวัสดุจะขึ้นกับการเสริมวัสดุอัดแทรกเข้าไป



รูปที่ 2 แสดง PEEK abutment (รูปโดย ผศ.ทพ.ดร.พิสัยศิษฐ์ ชัยจรินนท์)

2. ฟันเทียมบางส่วนถอดได้ (Removable Partial Denture)

การสูญเสียฟันธรรมชาติไปบางส่วนในช่องปาก ผู้ป่วยมักมีความต้องการใส่ฟันทดแทนเพื่อให้ประสิทธิภาพในการบดเคี้ยวดีขึ้น ป้องกันการล้มเอียงของฟันธรรมชาติที่เหลืออยู่ รวมถึงช่วยเพิ่มความสวยงามและสามารถออกเสียงได้ดีขึ้น การใส่ฟันเทียมบางส่วนถอดได้เป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษา ส่วนประกอบของฟันเทียมบางส่วนถอดได้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ ซีฟันเทียมและฐานฟันเทียม เมื่อแบ่งประเภทตามวัสดุที่ใช้ทำฐานฟันเทียมจะสามารถจำแนกได้เป็น 2 ชนิดหลัก ชนิดแรกคือ ชนิดฐานโลหะ โดยโลหะที่นิยมนำมาใช้เป็นโลหะเจือ (metal alloy) เช่น โคบอลต์-โครเมียม (cobalt-chromium), นิกเกิล-โครเมียม (nickel-chromium) ที่มีความแข็งแรงคงทน สามารถนำความร้อนได้ดี แต่มีข้อด้อยในเรื่องความสวยงามที่มองเห็นสีของโลหะ มีน้ำหนักที่ค่อนข้างมาก อาจทำให้เกิดการแพ้หรือมีรสชาติดของโลหะในผู้ป่วยบางราย ส่วนในชนิดที่สอง คือ ชนิดฐานโพลีเมอร์ (polymer) โดยโพลีเมอร์ที่นิยมนำมาใช้ คือ โพลีเมทิลเมทาคริเลต (polymethylmethacrylate, PMMA) โดยฟันเทียมชนิดบางส่วนถอดได้ฐานโพลีเมอร์นี้มีน้ำหนักเบา มีความสวยงาม ราคาถูก แต่ก็มีข้อด้อยที่มีความเปราะแตกหักได้ง่าย ไม่มีความแข็งแรงคงทน จึงมักใช้เป็นฟันเทียมชนิดชั่วคราว คุณสมบัติของวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นฐานฟันเทียมชนิดบางส่วนถอดได้แสดงในตารางที่ 1

การใช้ PEEK ถือเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่แพ้โลหะ รู้สึกว่ามีรสชาติของโลหะขณะใส่ฟันเทียมและไม่ต้องการให้เห็นสีของโลหะ มีความต้องการฐานฟันเทียมที่มีสีใกล้เคียงฟันธรรมชาติ และมีน้ำหนักเบาใกล้เคียงฐานโพลีเมทิลเมทาคริเลต แต่มีความแข็งแรงคงทนด้านการสึกกร่อนและแรงบดเคี้ยวได้และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ ด้วยคุณสมบัติการเข้ากันกับเนื้อเยื่อได้ดีของวัสดุ มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง และมีความเสถียรทางเคมี นอกจากนี้ยังพบการสะสมของคราบจุลินทรีย์ที่ผิวของฟันเทียมได้น้อย ในฟันเทียมที่สร้างจากวัสดุชนิดนี้เนื่องจากคุณสมบัติความมันเงาของวัสดุ แสดงดังรูปที่ 3

ถึงแม้ว่าการนำ PEEK มาใช้ในทางทันตกรรมรากเทียมเริ่มมีความนิยมมากขึ้นเรื่อยๆแต่คุณสมบัติบางประการยังต้องมีการศึกษาต่อไป ดังนั้นการเลือกใช้วัสดุควรเลือกใช้ให้เหมาะสมและมีการศึกษาหรือรายงานผู้ป่วยรองรับการใช้งาน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่นิยมนำมาใช้เป็นฐานฟันเทียมชนิดบางส่วนถอดได้

คุณสมบัติ	คุณสมบัติในอุดมคติ	ชนิดของวัสดุ		
		โลหะเจือ	โพลีเมทิลเมทาคริลิต	PEEK
ด้านชีวภาพ (Biological)	ไม่เป็นพิษและระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ	อาจพบการแพ้โลหะที่เป็นส่วนประกอบบางชนิด เช่น นิกเกิล	อาจพบการแพ้และระคายเคืองเนื้อเยื่อได้จากส่วนมอนอเมอร์ที่ตกค้าง	มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อ
ด้านเชิงกล	สารต้านทานแรงบิดเคี้ยวได้ดี ควรมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูง	ค่ามอดูลัสยืดหยุ่น		
		100-220 จิกะปาสคาล	3-5 จิกะปาสคาล	3-4 จิกะปาสคาล
	ควรต้านการแตกหักได้ดี มีค่าความแข็งแรงดัดขวาง (Flexural strength) สูง	ค่าความแข็งแรงดัดขวาง		
		~ 2500 เมกะปาสคาล	~100 เมกะปาสคาล	140-170 เมกะปาสคาล
ด้านกายภาพ	สามารถนำความร้อนได้ดี ควรมีค่าสภาพนำความร้อนสูง	ค่าสภาพนำความร้อน (วัตต์/ เมตร เคลวิน)		
		9.4	0.21	0.29
ด้านอื่นๆ	มีสีใกล้เคียงเนื้อเยื่อและฟันธรรมชาติ ให้ความสวยงามที่สามารถยอมรับได้	มีความทึบแสงและมองเห็นเป็นสีของโลหะ	มีความโปร่งแสงสามารถทำให้มีสีใกล้เคียงสีของเนื้อเยื่อและฟันธรรมชาติ	มีสีขาวใกล้เคียงสีฟันธรรมชาติ
	มีราคาไม่แพง	มีราคาสูงกว่าฐานโพลีเมทิลเมทาคริลิต	มีราคาถูก	มีราคาค่อนข้างสูง
	ควรมีน้ำหนักเบา โดยมีค่าความหนาแน่นน้อย	ค่าความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)		
		8	1.19	1.3

การใช้ PEEK ถือเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ป่วยที่แพ้โลหะ รู้สึกว่ามีรสชาติของโลหะขณะใส่ฟันเทียมและไม่ต้องกรทำให้เห็นสีของโลหะ มีความต้องการฐานฟันเทียมที่มีสีใกล้เคียงฟันธรรมชาติและมีน้ำหนักเบาใกล้เคียงฐานโพลีเมทิลเมทาคริลิต แต่มีความแข็งแรงคงทนด้านการสึกกร่อนและแรงบิดเคี้ยวได้และไม่ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเนื้อเยื่อ ด้วยคุณสมบัติการเข้ากันกับเนื้อเยื่อได้ดีของวัสดุ มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง และมีความเสถียรทางเคมี นอกจากนี้ยังพบการสะสมของคราบจุลินทรีย์ที่ผิวของฟันเทียมได้น้อย ในฟันเทียมที่สร้างจากวัสดุชนิดนี้ เนื่องจากคุณสมบัติความมันเงาของวัสดุ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดง PEEK RPD Framework (รูปโดย ผศ.ทพ.ดร.พิสัยศิษฐ์ ชัยจรีนนท์)

ถึงแม้ว่าการนำ PEEK มาใช้ในงานฟันเทียมบางส่วนถอดได้และฟันเทียมทั้งปากมากขึ้นแต่ยังต้องมีการศึกษาและติดตามผู้ป่วยในระยะยาวต่อไป

“ เอกสารอ้างอิง ”

- Mishra, S.; Chowdhary, R. PEEK materials as an alternative to titanium in dental implants: A systematic review. Clin Implant Dent Relat Res. 2019; 21,208–222.
- Zoidis, P.; Papathanasiou, I.; Polyzois, G. The Use of a Modified Poly-Ether-Ether-Ketone (PEEK) as an Alternative Framework Material for Removable Dental Prostheses. A Clinical Report. J. Prosthodont. 2016, 25, 580–584.
- Stock, V.; Schmidlin, P.R.; Merk, S.; Wagner, C.; Roos, M.; Eichberger, M.; Stawarczyk, B. PEEK Primary Crowns with Cobalt-Chromium, Zirconia and Galvanic Secondary Crowns with Different Tapers—A Comparison of Retention Forces. Materials 2016, 9, 187.
- Najeeb, S.; Zafar, M.S.; Khurshid, Z.; Siddiqui, F. Applications of polyetheretherketone (PEEK) in oral implantology and prosthodontics. J. Prosthodont. Res. 2016, 60, 12–19.
- Rahmitasari, F.; Ishida, Y.; Kurahashi, K.; Matsuda, T.; Watanabe, M.; Ichikawa, T. PEEK with Reinforced Materials and Modifications for Dental Implant Applications. Dent. J. 2017, 5, 35.
- Ogasawara, T.; Tsuda, T.; Takeda, N. Stress-strain behavior of multi-walled carbon nanotube/PEEK composites. Compos. Sci. Technol. 2011, 71, 73–78.
- Young, F.A.; Williams, K.R.; Draughn, R.; Strohaber, R. Design of prosthetic cantilever bridgework supported by osseointegrated implants using the finite element method. Dent. Mater. 1998, 14, 37–43.
- Chrystie, J.A. Principles of clasp retention: A review. Aust. Dent. J. 1988, 33, 96–100.
- Osada, H.; Shimpo, H.; Hayakawa, T.; Ohkubo, C. Influence of thickness and undercut of thermoplastic resin clasps on retentive force. Dent. Mater. J. 2013, 32, 381–389.