

IMPLANT NHA KHOA DỰA TRÊN TÍCH HỢP XƯƠNG: 50 NĂM THÀNH TỰU, XU HƯỚNG ĐƯƠNG ĐẠI VÀ TƯƠNG LAI

Trần Hùng Lâm*

TÓM TẮT:

Trong hơn 50 năm qua, implant nha khoa đã có những bước tiến vượt bậc và trở thành một điều trị phổ biến cho bệnh nhân mất răng. Đây là lựa chọn điều trị hàng ngày cho các trường hợp mất răng đơn lẻ, bán phần và toàn bộ bởi vì điều trị implant đã có tỉ lệ tồn tại và tỉ lệ thành công đạt hơn 95% sau 10 năm.

Bài báo này tổng quan những giai đoạn phát triển và những nghiên cứu quan trọng của cấy ghép nha khoa đương đại, đồng thời cũng thảo luận những vấn đề còn tranh cãi cũng như hướng phát triển tương lai.

ABSTRACT:

In the past 50 years, dental implants have made significant progress and become a treatment widely used for edentulous patients. This is a treatment of choice in daily practice for single missing tooth, partial or fully edentulous patients because implant therapy presents a survival and success rate above 95% after 10 years.

This paper reviews different stages of development and most significant studies of current implant dentistry and also discusses about controversies and trends toward the future.

Trong hơn 50 năm qua, implant nha khoa đã có những bước tiến vượt bậc và trở thành một điều trị phổ biến cho bệnh nhân mất răng. Đây là lựa chọn điều trị hàng ngày cho các trường hợp mất răng đơn lẻ, bán phần và toàn bộ bởi vì điều trị implant đã có tỉ lệ tồn tại và tỉ lệ thành công đạt hơn 95% sau 10 năm.¹⁻⁴ Người đặt nền móng quan trọng nhất cho implant nha khoa đương đại là Giáo sư Branemark từ đại học Gothenburg (Thụy Điển) (hình 1), ông đã thực hiện những nghiên cứu thực nghiệm và nghiên cứu lâm sàng từ những năm 60, và ông đưa ra khái niệm “tích hợp xương” mà ngày nay được chấp nhận rộng rãi. Cuối những năm 60, người đặt nền móng thứ hai là Giáo sư Andre Schroeder (hình 1) từ Đại học Bern (Thụy Sĩ)

đã bắt đầu khảo sát tích hợp mô với nhiều vật liệu implant khác nhau, và nhóm nghiên cứu của ông là nhóm nghiên cứu đầu tiên dẫn chứng tiếp xúc trực tiếp giữa xương-implant trên những lớp cắt mô học khử khoáng. Vài năm sau, ông cũng đầu tiên báo cáo về phản ứng giữa mô mềm và implant titanium. Hai nhà tiên phong này đều dẫn dắt một nhóm làm việc thực hiện rất nhiều nghiên cứu thiết lập nền tảng khoa học cho implant nha khoa hiện đại.⁵



P.I. Branemark (1919-2014)



A. Schroeder (1918-2004)

Hình 1: Hai nhà tiên phong đặt nền móng khoa học cho implant nha khoa đương đại

Bài báo này tổng quan những giai đoạn phát triển và những nghiên cứu quan trọng của cấy ghép nha khoa đương đại, đồng thời cũng thảo luận những vấn đề còn tranh cãi cũng như hướng phát triển tương lai.

Giai đoạn từ 1965 đến 1985: nghiên cứu về tích hợp xương và ứng dụng lâm sàng

Đến tận giữa những năm 80, chỉ có hướng dẫn phẫu thuật cơ bản được đưa ra để đạt tích hợp xương một cách tiên đoán được. Những hướng dẫn này bao gồm kỹ thuật phẫu thuật ít xâm lấn khi khoan xương đặt implant để tránh tạo nhiệt quá mức lên xương, cấy implant với độ ổn định sơ khởi đủ mức và một giai đoạn lành thương từ 3-6 tháng không chịu lực chức năng. Cả hai nhóm nghiên cứu của giáo sư Branemark và Schroeder đều đồng ý những nguyên tắc phẫu thuật implant này. Tuy nhiên, có khác biệt liên quan hai đặc điểm quan trọng khác: phương thức

*TS.BS Tổng thư ký Hội Cấy ghép nha khoa Tp Hồ Chí Minh (HSDI) Di động: 0907773375 email: drtranhunglam@gmail.com

lành thương và bề mặt implant. Nhóm giáo sư Branemark sử dụng titanium dạng vít với bề mặt chế tác bằng máy, chứ không hàn trơn láng, trong khi nhóm giáo sư Schroeder, International Team for Implantology (ITI) sử dụng implant titanium với nhiều hình dạng khác nhau và bề mặt thô ráp có phun titanium plasma. Thêm vào đó, giáo sư Branemark yêu cầu giai đoạn lành thương vùi implant, trong khi giáo sư Schroeder ủng hộ không vùi, lành thương xuyên niêm mạc vì nguyên mẫu implant thử nghiệm đều là implant một khối với trụ phục hình là một phần của implant (sau này phát triển thành implant hai khối nhưng vẫn có cổ láng nằm xuyên mô mềm).

Cả hai khác biệt này gây ra rất nhiều tranh luận dữ dội tại những hội nghị chuyên ngành trong những năm 90.⁵

Cả hai nhóm nghiên cứu đều làm việc chặt chẽ với một đối tác công nghiệp vì họ cần hỗ trợ trong phát triển và thiết kế, công nghệ chế tác chính xác, cả marketing và bán hàng. Sự hợp tác này trong vòng 30 năm đã phát triển hai hệ thống implant nổi tiếng và thành công nhất trong implant nha khoa: Nobel Biocare (ban đầu là Nobelpharma) và Straumann.⁵

Những nghiên cứu lâm sàng đầu tiên của nhóm Branemark sử dụng implant để nâng đỡ phục hình cố định trên bệnh nhân mất răng toàn bộ với mục đích cải thiện chức năng ăn nhai và chất lượng cuộc sống cho nhóm bệnh nhân này. Kết quả lâm sàng sau 15 năm rất khả quan, đặc biệt là ở hàm dưới. Nhóm ITI của giáo sư Schroeder sử dụng nguyên bản implant bề mặt có phun plasma titanium, để điều trị không chỉ bệnh nhân mất răng toàn bộ mà cả bán phần và đơn lẻ.⁵

Giai đoạn từ 1985 đến 2000: tiến bộ quan trọng trong lĩnh vực implant nha khoa

Giai đoạn này bắt đầu phát triển từ giữa năm 80, khi điều trị implant mở rộng cho cả trường hợp mất răng bán phần. Nghiên cứu lâm sàng được xuất bản đầu tiên vào những năm 90 và xuất hiện thuật ngữ “kết quả liên quan đến implant”. Từ đây, bệnh nhân mất răng bán phần trở thành nhóm bệnh nhân phổ biến, và tại một số trung tâm điều trị implant, nhóm bệnh nhân này chiếm đến hơn 90% số bệnh nhân. Kết quả là nhu cầu điều trị mất răng với phục hình implant đòi hỏi không chỉ mặt chức năng mà cả

về thẩm mỹ. Điều này đặt ra một thách thức rất lớn. Ngành công nghiệp đáp ứng bằng cách sản xuất số lượng lớn các thành phần phục hình, như là trụ phục hình bề góc, trụ phục hình thẩm mỹ dành cho phục hình gắn xi măng. Nghiên cứu lâm sàng thúc đẩy cải thiện tình trạng mô cứng và mô mềm. Kỹ thuật phẫu thuật có nhiều bằng chứng nhất là tái tạo xương có hướng dẫn sử dụng màng ngăn và phẫu thuật nâng xoang.⁶ Kỹ thuật tái tạo xương có hướng dẫn khởi đầu với những nghiên cứu tiền lâm sàng vào những năm 90. Cùng giai đoạn đó, những báo cáo ca lâm sàng và nghiên cứu lâm sàng thời hạn ngắn được xuất bản để dẫn chứng nhiều ứng dụng khác nhau của tái tạo xương có hướng dẫn trên bệnh nhân. Nhiều thay đổi về kỹ thuật được áp dụng để tăng tính tiên đoán và giảm thiểu tỉ lệ biến chứng. Thay đổi bao gồm cải thiện đường rạch, sử dụng dụng cụ cố định màng và vật liệu xương để nâng đỡ cho màng ngăn. Kỹ thuật nâng xoang được giới thiệu đầu tiên vào những năm 80 với kỹ thuật nâng xoang hở.⁷ Đến những năm 90, kỹ thuật thứ hai xuất hiện và thường được gọi là nâng xoang kín theo đường đỉnh sống hàm.⁸

Trong những năm 90, một thay đổi hệ hình (paradigm shift) diễn ra trong lĩnh vực công nghệ bề mặt implant. Trong 20 năm đầu tiên, có hai bề mặt chính chiếm ưu thế trên thị trường implant: bề mặt láng chế tác từ máy và bề mặt nhám được phun plasma titanium. Sự phát triển mới này khởi phát từ một nghiên cứu tiền lâm sàng tại đại học Bern do giáo sư Buser và cộng sự thực hiện.⁹ Sự bồi đắp xương tốt nhất trên bề mặt titanium diễn ra với bề mặt được xử lý thổi cát hạt lớn và xoi mòn bằng acid. Bề mặt phủ hydroxyapatite cho thấy chỉ số tiếp xúc implant-xương cao nhất nhưng lại có hiện tượng bong tróc bề mặt. Do đó, bề mặt hydroxyapatite không được khuyến cáo sử dụng trên lâm sàng. Bề mặt xử lý bằng thổi cát và xoi mòn acid, có độ nhám trung bình hoặc vi nhám, cho thấy có lực xoắn ngược cao hơn có ý nghĩa so với bề mặt cổ điển láng hay nhám.⁹ Cùng thời điểm, implant cổ điển của nhóm giáo sư Branemark xuất hiện bề mặt nhám trung bình hoặc vi nhám được xử lý bằng oxy hoá cực dương với tên thương mại là bề mặt TiUnite.¹⁰ Hiện tại, bề mặt vi nhám đã được chấp nhận rộng rãi là bề mặt

chuẩn của nhiều hãng implant khác nhau. Hai bề mặt mới này được thử nghiệm cho qui trình chịu lực sớm sau 6-8 tuần lành thương và theo dõi đến 5 năm. Qui trình chịu lực sớm này có đầy đủ chứng cứ đối với bệnh nhân mất răng bán phần, cho thấy rút ngắn thời gian có ý nghĩa so với qui trình cổ điển của Branemark và Schroeder trong những năm 70.¹¹ Cùng thập niên này, qui trình chịu lực tức thì cũng có bằng chứng đầy đủ, đặc biệt đối với bệnh nhân mất răng toàn bộ. Sự rút ngắn thời gian lành thương là một tiến bộ quan trọng để tăng khả năng chấp nhận điều trị và được xuất phát từ những cải tiến về bề mặt implant.^{12,13}

Một cố gắng để đơn giản hoá điều trị implant đối với bệnh nhân nhằm làm giảm thời gian lúc nhổ răng và thời điểm đặt implant. Quan điểm điều trị cấy implant tức thì sau nhổ răng xuất hiện đầu tiên ở Đức và sau đó được áp dụng trong những năm 90. Chủ đề implant tức thì sau nhổ răng đã được tranh luận trong rất nhiều hội nghị chính về implant bắt đầu từ đây.⁵

Giai đoạn từ 2000 đến 2010: giai đoạn tinh chỉnh trong implant nha khoa

Bắt đầu Thiên niên kỷ mới, một giai đoạn mới với nhiều thử nghiệm nhằm chuẩn hoá và tinh chỉnh qui trình điều trị implant. Cộng đồng nghiên cứu nha khoa đã cố gắng cải thiện điều trị implant đi xa hơn với những mục tiêu chính yếu và thứ yếu trong điều trị implant.⁵

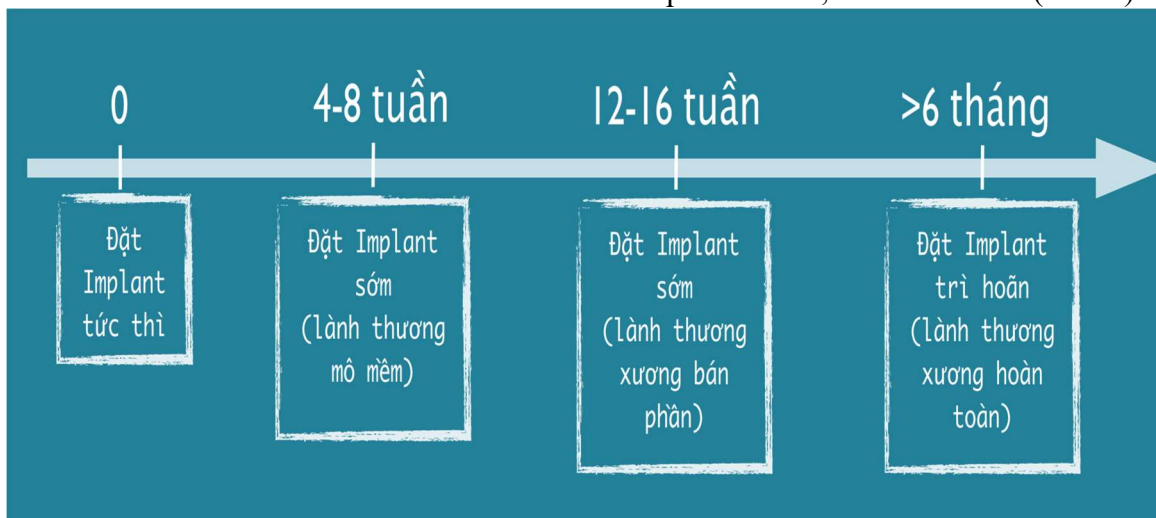
Mục tiêu chính yếu của điều trị implant có hai phần: trước tiên là đạt được kết quả điều trị

thành công về mặt chức năng, thẩm mỹ và phát âm với tính tiên đoán cao và ổn định lâu dài; thứ hai là giảm tỉ lệ biến chứng trong quá trình lành thương và giai đoạn duy trì. Những đặc điểm này quan trọng nhất đối với bệnh nhân vì bệnh nhân muốn biết tiên lượng lâu dài và nguy cơ gặp phải với những lựa chọn điều trị khác nhau. Kết quả điều trị được đo lường bằng cách đánh giá tỉ lệ tồn tại và tỉ lệ thành công nhưng cũng phải dựa trên việc lấy bệnh nhân làm trung tâm.⁵

Mục tiêu thứ yếu của điều trị implant bao gồm giảm số lần phẫu thuật, giảm đau và hậu phẫu trong quá trình lành thương, rút ngắn thời gian điều trị và đạt hiệu quả chấp nhận được. Những mục tiêu này rất quan trọng đối với bệnh nhân tuy nhiên vẫn có ưu tiên thấp hơn khi so sánh với mục tiêu chính yếu.⁵

Nhiều tiến bộ đạt được liên quan kết quả thẩm mỹ. Đây là chủ đề thu hút rất nhiều sự chú ý trong những hội nghị khác nhau. Đặc biệt, một hiểu biết rõ hơn về vị trí implant trong ba chiều không gian liên quan đến thẩm mỹ. Khái niệm chuyên biệt cũng được chấp nhận rộng rãi về khả năng bảo tồn xương quanh implant phía mào xương.¹⁴

Qui trình điều trị được cải thiện trong lĩnh vực đặt implant sau nhổ răng, bắt đầu từ những nghiên cứu lâm sàng và tiền lâm sàng khảo sát thay đổi mào xương sau nhổ răng. Từ năm 2003, ITI đã đưa ra những khuyến cáo về nguy cơ của đặt implant tức thì và những lựa chọn thời điểm cấy implant sau nhổ răng bao gồm đặt implant tức thì, sớm và trễ.^{15,16} (hình 2).



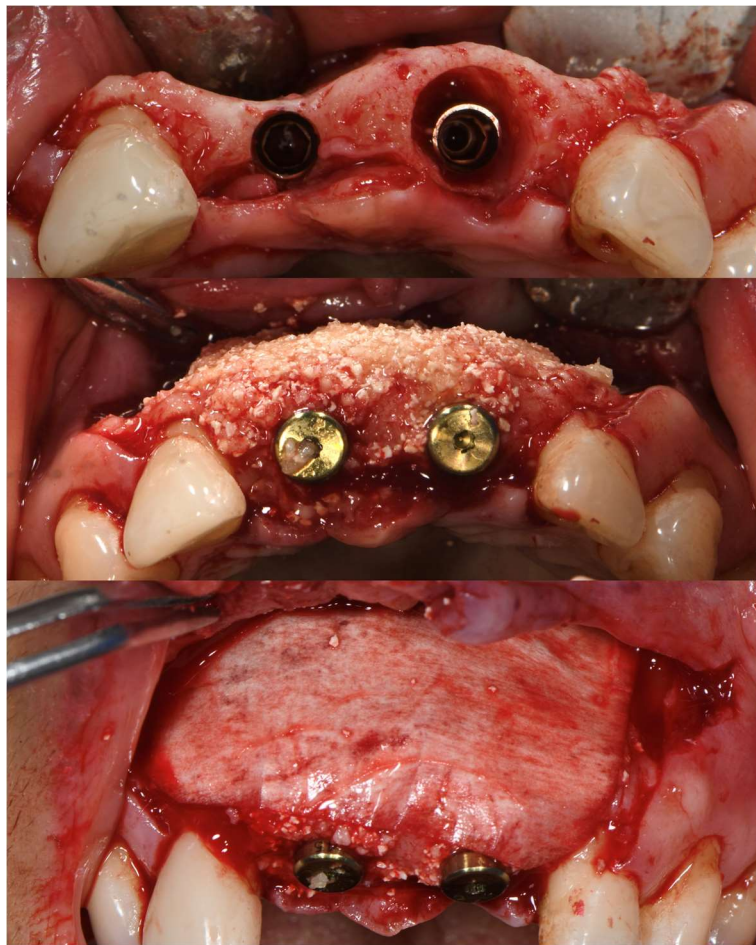
Hình 2: Các thời điểm cấy implant sau nhổ răng theo hướng dẫn lâm sàng của ITI (2003)

Để bù trừ cho tiêu xương sau nhổ răng, tăng thể tích xương phải được thực hiện trong hầu hết các trường hợp implant vùng thẩm mỹ.¹⁷ Tăng thể tích xương tại chỗ với kỹ thuật tái tạo xương có hướng dẫn là một hoàn thiện về qui trình trong thiên niên kỉ mới (hình 3). Các nghiên cứu cũng tập trung nghiên cứu sử dụng màng collagen và các vật liệu thay thế xương nhất là xương hạt dị loại có nguồn gốc từ bò. Xương hạt dị loại này cho thấy tỉ lệ tiêu chậm và được sử dụng rộng rãi, không những cho tăng đường viền trong cấy implant sớm mà còn ghép khe hở trong cấy implant tức thì.¹⁸⁻²⁰

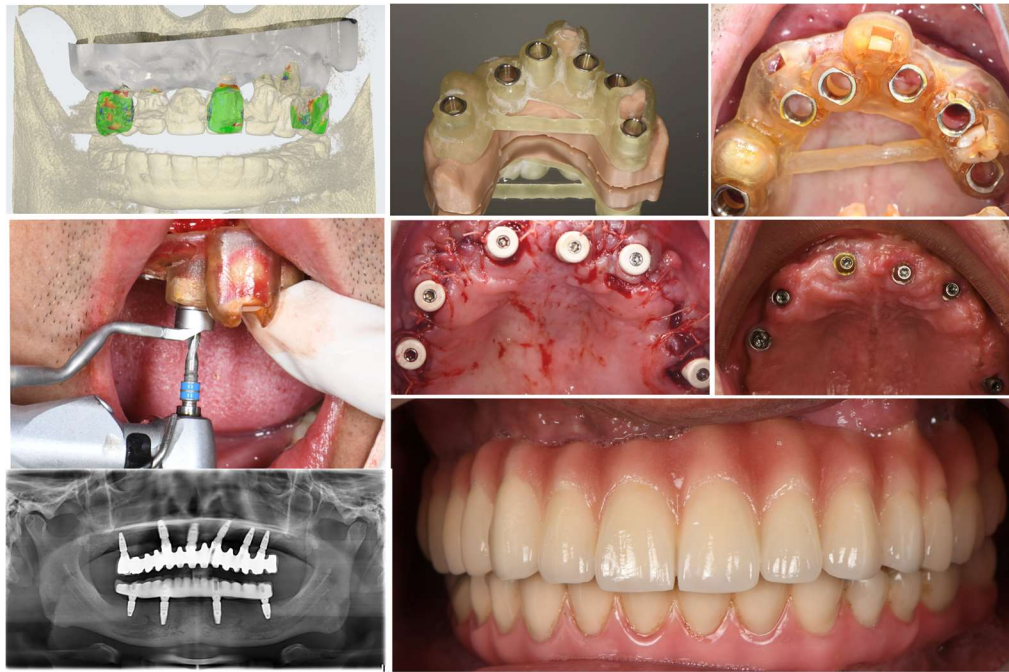
Một cải tiến quan trọng khác đạt được trong lĩnh vực khảo sát X quang trước phẫu thuật sử dụng công nghệ cắt lớp điện toán ba chiều với chùm tia hình nón (CBCT). Công nghệ này được cải thiện đáng kể không chỉ về mặt chất lượng hình ảnh mà lượng nhiễm tia cũng giảm đáng kể.²¹

Trong thập niên này, kỹ thuật phân tích tần số cộng hưởng được nghiên cứu trong nhiều nghiên cứu lâm sàng. Bắt nguồn từ nghiên cứu của Meredith và cộng sự, phân tích tần số cộng hưởng đã cung cấp cho nhà lâm sàng một công cụ khách quan để đánh giá độ ổn định của implant tại bất kỳ thời điểm nào trong điều trị implant.²²

Trong lĩnh vực sinh học, đầu những năm 2000 đã có một sự thổi phồng về vai trò của huyết tương giàu tiểu cầu cho ghép xương trong phẫu thuật hàm mặt. Đã có suy đoán về vai trò kích ứng của huyết tương giàu tiểu cầu do tích tụ tiểu cầu tự thân cung cấp một lượng lớn yếu tố tăng trưởng tiểu cầu (PDGF) là yếu tố có vai trò quan trọng trong tái tạo xương. Tuy nhiên, vài năm sau, sự thổi phồng này kết thúc đột ngột vì nghiên cứu tiền lâm sàng và lâm sàng không cung cấp được bằng chứng cho thấy huyết tương giàu tiểu cầu có thể tăng tốc tích hợp xương.^{5,23,24}



Hình 3: Phẫu thuật đặt implant kết hợp tái tạo xương có hướng dẫn vùng thẩm mỹ sử dụng xương dị loại và màng collagen



Hình 4: Ứng dụng công nghệ số vào điều trị implant từ lên kế hoạch điều trị, phẫu thuật có hướng dẫn và phục hình sau cùng

Giai đoạn từ 2010 đến nay: xu hướng hiện hành và những câu hỏi mở

Một xu hướng mạnh mẽ trong implant nha khoa là ứng dụng công nghệ số, đặc biệt là trong lĩnh vực phục hình. Tiến bộ ấn tượng với phần mềm lên kế hoạch điều trị, thiết kế dựa trên trợ giúp của máy tính và chế tác dựa trên trợ giúp của máy tính đã đơn giản hoá và cải thiện qui trình làm việc của điều trị implant từ phẫu thuật đến phục hình^{26,27} (hình 4).

Nhóm bệnh nhân mất răng có độ tuổi ngày càng tăng do tuổi thọ tăng và nhu cầu cải thiện chất lượng cuộc sống của nhóm bệnh nhân này. Phẫu thuật implant cần lưu ý thêm những vấn đề toàn thân gắn liền với tuổi tác, phẫu thuật xâm lấn tối thiểu cũng trở thành một xu hướng được áp dụng rộng rãi.⁵

Trong một số bài tổng quan gần đây, implant sứ làm từ zirconium dioxide (zirconia) có nhiều tiềm năng trở thành vật liệu thay thế titanium để chế tác implant. Các nghiên cứu tiền lâm sàng và lâm sàng cho thấy implant zirconia cũng có những kết quả tương tự như implant titanium. Tuy nhiên, cần thêm những nghiên cứu dài hạn để chứng minh liệu implant zirconia có thể thay thế implant titanium hay không.²⁸⁻³⁰

KẾT LUẬN

Mặc dù nghiên cứu về tế bào gốc và công

nghệ mô có những kết quả hứa hẹn nhưng vẫn còn khoảng cách để áp dụng vào thực hành. Trong thập niên sắp đến, implant nha khoa vẫn là lựa chọn hàng đầu để điều trị bệnh nhân mất răng trong thực hành nha khoa. Những qui trình điều trị ngày càng sẽ được chuẩn hoá và tinh chỉnh nhờ vào những nghiên cứu và phát triển của vật liệu và công nghệ số hoá. Nền tảng sinh học ngày càng được hiểu biết thấu đáo giúp mang lại những điều trị ít xâm lấn nhưng vẫn đảm bảo kết quả dài hạn với mục tiêu lấy bệnh nhân làm trung tâm của mọi quyết định điều trị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Buser D, Janner SF, Wittneben JG, Bragger U, Ramseier CA, Salvi GE. 10-year survival and success rates of 511 titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a retrospective study in 303 partially edentulous patients. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14: 839–851.
2. Degidi M, Nardi D, Piattelli A. 10-year follow-up of immediately loaded implants with TiUnite porous anodized surface. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14: 828–838.
3. Fischer K, Stenberg T. Prospective 10-year cohort study based on a randomized controlled trial (RCT) on implant-supported full-arch maxillary prostheses. Part 1: sand-blasted and acid-etched implants and mucosal tissue. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14: 808–815.
4. Gottfredsen K. A 10-year prospective study of single tooth implants placed in the anterior maxilla. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14: 80–87.

5. Buser D, Sennerby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontol 2000* 2017; 73:7-21.
6. Aghaloo TL, Moy PK. Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007; 22 (Suppl): 49–70.
7. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous bone and marrow. *J Oral Surg* 1980; 38: 613–616.
8. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compend Contin Educ Dent* 1994; 15: 152–158.
9. Buser D, Schenk RK, Steinemann S, Fiorellini JP, Fox CH, Stich H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res* 1991; 25: 889–902.
10. Zechner W, Tangl S, Furst G, Tepper G, Thams U, Mailath G, Watzek G. Osseous healing characteristics of three different implant types. *Clin Oral Implants Res* 2003; 14: 150–157.
11. Weber HP, Morton D, Gallucci GO, Rocuzzo M, Cordaro L, Grutter L. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24 (Suppl): 180–183.
12. Babbush CA, Kent JN, Misiek DJ. Titanium plasma-sprayed (TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 1986; 44: 274–282.
13. Schnitman PA, Wohrle PS, Rubenstein JE. Immediate fixed interim prostheses supported by two-stage threaded implants: methodology and results. *J Oral Implantol* 1990; 16: 96–105.
14. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26: 9–17.
15. Chen S, Buser D. Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla - a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29 (Suppl): 186–215.
16. Chen ST, Beagle J, Jensen SS, Chiapasco M, Darby I. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding surgical techniques. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24 (Suppl): 272–278.
17. Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19 (Suppl): 43–61.
18. Buser D, Chen ST, Weber HP, Belser UC. Early implant placement following single-tooth extraction in the esthetic zone: biologic rationale and surgical procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008; 28: 441–451.
19. Chen ST, Darby IB, Reynolds EC. A prospective clinical study of non-submerged immediate implants: clinical outcomes and esthetic results. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18: 552–562.
20. Cosyn J, Eghbali A, De Bruyn H, Collys K, Cleymaet R, De Rouck T. Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: 3-year results of a case series on hard and soft tissue response and aesthetics. *J Clin Periodontol* 2011; 38: 746–753.
21. Jung RE, Schneider D, Ganeles J, Wismeijer D, Zwahlen M, Hammerle CH, Tahmaseb A. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24 (Suppl): 92–109.
22. Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 1996; 7: 261–267.
23. Jensen SS, Brogini N, Weibrich G, Hjorting-Hansen E, Schenk R, Buser D. Bone regeneration in standardized bone defects with autografts or bone substitutes in combination with platelet concentrate: a histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 703–712.
24. Thor A, Wannfors K, Sennerby L, Rasmusson L. Reconstruction of the severely resorbed maxilla with autogenous bone, platelet-rich plasma, and implants: 1-year results of a controlled prospective 5-year study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005; 7: 209–220.
25. Coli P, Christiaens V, Sennerby L, De Bruyn H. Reliability of periodontal diagnostic tools for monitoring of peri-implant health and disease. *Periodontol 2000* 2017; 73: 203–217.
26. Kapos T, Ashy LM, Gallucci GO, Weber HP, Wismeijer D. Computer-aided design and computer-assisted manufacturing in prosthetic implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24 (Suppl): 110–117.
27. Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer technology applications in surgical implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29 (Suppl): 25–42.
28. Chappuis V, Cavusoglu Y, Gruber R, Kuchler U, Buser D, Bosshardt DD. Osseointegration of zirconia in the presence of multinucleated giant cells. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18: 686–698.
29. Gahlert M, Gudehus T, Eichhorn S, Steinhauser E, Kniha H, Erhardt W. Biomechanical and histomorphometric comparison between zirconia implants with varying surface textures and a titanium implant in the maxilla of miniature pigs. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18: 662–668.
30. Gahlert M, Roehling S, Sprecher CM, Kniha H, Milz S, Bor-mann K. In vivo performance of zirconia and titanium implants: A histomorphometric study in minipig maxillae. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23: 281–286.