

## Phòng sinh học trong công nghệ mô và y học tái tạo

Bùi Sơn Nhật<sup>1</sup>, Bùi Thanh Tùng<sup>1</sup>, Phạm Thị Minh Huệ<sup>2</sup>, Nguyễn Thanh Hải<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>*Khoa Y Dược, Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam*

<sup>2</sup>*Đại học Dược Hà Nội, 15 Lê Thánh Tông, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 9 tháng 10 năm 2017

Chỉnh sửa ngày 18 tháng 11 năm 2017; Chấp nhận đăng ngày 06 tháng 12 năm 2017

**Tóm tắt:** Phòng sinh học là một ngành khoa học công nghệ đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi, từ sản xuất các thiết bị, đồ dùng hàng ngày cho đến các lĩnh vực hiện đại như robot, chip, công nghệ nano. Trong lĩnh vực y dược, pháp phòng sinh học có giá trị lớn. Trong đó, một hướng đi cụ thể là ứng dụng phòng sinh học trong công nghệ mô và y học tái tạo để đáp ứng nhu cầu trong điều trị cũng như nghiên cứu-phát triển. Với những thành tựu đã đạt được cũng như những triển vọng trong tương lai, phòng sinh học hứa hẹn sẽ là lời giải cho các bài toán đã và đang tồn tại của lĩnh vực y học.

*Từ khóa:* Phòng sinh học, Công nghệ mô, Y học tái tạo.

Phòng sinh học (Bionics/Biomimetics) là ngành khoa học công nghệ chuyên nghiên cứu các chức năng, đặc điểm và hiện tượng... của sinh vật trong tự nhiên và mô phỏng các khả năng đặc biệt đó để thiết kế, chế tạo các hệ thống kỹ thuật và công nghệ hiện đại, hữu ích nhằm cải tiến hoạt động và đáp ứng nhu cầu của con người [1,2]. Dựa trên các cấp độ sinh học của sinh giới, có thể phân ra 3 mức độ phòng sinh học:

- Bắt chước phương pháp sản xuất trong tự nhiên.

- Sao chép cấu trúc tìm thấy trong tự nhiên, sử dụng các vật liệu trong tự nhiên.

- Nghiên cứu các nguyên tắc tổ chức từ các hành vi xã hội của sinh vật như: hành vi sống, hành vi tổ chức, ... [2].

Phòng sinh học được ứng dụng và thể hiện tính hiệu quả cao trong hầu hết các hoạt động khoa học công nghệ y dược, đặc biệt trong lĩnh vực công nghệ mô và y học tái tạo. Trên thực

tế, sự tái tạo các cơ quan, bộ phận của cơ thể trong sinh giới là một hiện tượng rất lý thú và thu hút được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học nhằm ứng dụng các khả năng đó vào chăm sóc sức khỏe con người. Trong y dược học, gần đây, qua nghiên cứu phòng sinh học tế bào gốc và sự biệt hóa của chúng, nhiều cơ chế về sự tái tạo mô đã được phát hiện ra, hứa hẹn nhiều thành tựu khác nhau sẽ được ứng dụng nhằm tạo ra nhiều tiến bộ trong lĩnh vực tế bào, tế bào gốc trị liệu và y học tái tạo.

### 1. Phòng sinh học trong công nghệ mô và y học tái tạo

#### 1.1. Khái quát về công nghệ mô

Công nghệ mô (tissue engineering) là một ngành khoa học tương đối mới mẻ, trong đó các nhà khoa học sử dụng tế bào sống, các vật liệu tương hợp sinh học và các yếu tố khác nhau để tạo ra các cấu trúc tương tự các mô, cơ quan với mục đích chủ yếu là cấy ghép vào cơ thể người, nhằm thay thế những bộ phận hoặc cơ quan đã

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-913512599.

Email: haipharm@yahoo.com

<https://doi.org/10.25073/2588-1132/vnumps.4092>

hư hỏng, suy giảm hoặc mất chức năng sinh học [6]. Các mô, cơ quan có thể được tái tạo bao gồm xương, mạch máu, da, gan, tụy... Cụm từ “y học tái tạo” thường được sử dụng song song với “công nghệ mô”, mặc dù “y học tái tạo” thường ngầm chỉ việc sử dụng tế bào gốc làm nguồn nguyên liệu ban đầu để biệt hóa thành các bộ phận, cơ quan khác nhau của cơ thể.

Hầu hết các phương pháp của công nghệ mô sử dụng tế bào sống, vì thế cần có nguồn tế bào đủ lớn, đủ tin cậy. Tế bào thường được lấy từ các mô, cơ quan hiến tặng hoặc từ tế bào gốc, trong đó, nguồn tế bào gốc được lựa chọn nhiều hơn cả vì khả năng phân chia lớn cũng như khả năng biệt hóa đa dạng của chúng [7].

Chìa khóa của công nghệ mô nằm ở môi trường nuôi cấy để tế bào có thể sống và thể hiện chức năng như tế bào mô gốc. Trong quá trình nuôi cấy, cần có các tổ chức “khung” (scaffold) làm giá đỡ cho tế bào phát triển, tạo thành các bộ phận như mong muốn. Vai trò của khung rất quan trọng, chúng có các đặc điểm và chức năng như [6]:

- Tạo khung cho tế bào gắn vào và phát triển.

- Lưu giữ và thể hiện vai trò sinh học của các tác nhân hóa sinh.

- Tiếp xúc với môi trường qua hệ thống lỗ xốp để khuếch tán chất dinh dưỡng nuôi cấy tế bào và loại bỏ các chất thải.

- Khung cần có độ cứng chắc và mềm dẻo phù hợp tương tự như các mô sinh học.

Nhiều vật liệu đã được lựa chọn để làm khung. Một số vật liệu kim loại có đặc tính phù hợp đã được sử dụng để cấy ghép vào cơ thể người (nhược điểm là chúng không có khả năng phân hủy trong môi trường sinh học). Một số vật liệu vô cơ khác như calcium phosphates hay hydroxyapatite, tuy có khả năng tái tạo mô xương nhưng lại khó tạo thành cấu trúc có lỗ xốp phù hợp. Nhiều loại vật liệu polymer được lựa chọn sử dụng do chúng có ưu điểm là có thể thay đổi, điều chỉnh thành phần và cấu trúc theo mong muốn [8]. Nhiều khung có bản chất phỏng tự nhiên đang được ứng dụng, thành phần là các polymer sinh học, có trong các cấu trúc cơ bản của sinh học như: các protein

(collagen, fibrin, gelatin), polysaccharide (chitosan, alginate, glycosaminoglycans, hyaluronic acid,...) [9].

Trong quá trình nuôi cấy, tế bào sống sẽ phát triển trên bộ khung để tạo ra cấu trúc không gian ba chiều tương tự như các mô sinh học thật, cả về hình dạng, cả về cấu trúc, đặc tính vật lý và chức năng sinh học. Thời gian trưởng thành của tế bào phụ thuộc vào đặc tính riêng của loại tế bào, mức độ nuôi dưỡng và tính tương thích của tế bào với khung [9].

### 1.2. Áp dụng nguyên lý phỏng sinh học vào công nghệ mô

Trong nghiên cứu tái tạo mô, một cấu trúc khung có nguồn gốc từ tự nhiên chưa chắc là một khung lý tưởng cho công nghệ tái tạo mô, do quá trình tạo thành mô nhân tạo cần tốc độ nhanh hơn so với sự hồi phục của mô tự nhiên; bản thân sự phát triển các tế bào mới của hai quá trình cũng không hoàn toàn giống nhau. Cũng vì vậy mà việc tái tạo lại hoàn toàn giống cấu trúc khung của cơ thể sinh học (hoặc dùng một cấu trúc tự nhiên có sẵn) là không phù hợp. Mặt khác, khi sử dụng cấu trúc khung tự nhiên sẽ có nguy cơ thải ghép và truyền tác nhân gây bệnh khi cấy ghép [8]. Vì vậy, một khung phỏng sinh học lý tưởng cần được thiết kế nhân tạo nhằm tái hiện, mô phỏng lại một số đặc điểm của cấu trúc khung tự nhiên nhằm hỗ trợ tốt cho sự sinh trưởng, bám dính, biệt hóa và hình thành mô mới của các tế bào.

Một số đặc tính của mô, cơ quan sinh học được xem xét và áp dụng để phỏng sinh học bao gồm:

- Tính phân rã: Vật liệu làm khung phải có khả năng phân rã trong môi trường sinh học - lý tưởng nhất là tốc độ phân rã bằng với tốc độ tạo thành mô mới. Một số vật liệu như PLA (poly lactic acid), PGA (poly glycolic acid), PLGA (poly lactic acid-co-glycolic acid) không chỉ có khả năng phân rã sinh học tốt mà còn có tính tương hợp sinh học cao với cơ thể con người [9]. Một phương pháp phỏng sinh học khác nhằm mô phỏng đặc tính dễ phân rã bởi enzyme đặc hiệu (ví dụ như matrix metalloproteases) là tổng hợp vật liệu polymer sinh học có cấu trúc

BAB (trong đó A là PEG, B là chuỗi oligopeptide ngắn làm đích cho enzyme cắt) tạo thành mạng lưới hydrogel liên kết chéo [10].

- Tính đàn hồi (elastomer): Một số mô, cơ quan như cơ tim, van tim và mạch máu có đặc tính đàn hồi đặc biệt. Một số vật liệu polymer tổng hợp hiện đang được sử dụng để đạt được mức độ đàn hồi tự nhiên gồm: poly( $\epsilon$ -cprolactone) (PCL) và polyurethanes (PU). Tuy nhiên, một số vấn đề còn gặp phải bao gồm khả năng phân rã chậm và độc tính cao. Một ứng dụng của phòng sinh học là bắt chước đặc tính của elastin - một protein có tính đàn hồi cao, có mặt trong nhiều mô của cơ thể. Elastin vốn được tổng hợp từ các phân tử tropoelastin (khối lượng khoảng 70 kDa). Tropoelastin có cấu trúc lặp lại, gồm phần kỵ nước và phần ưa nước liên kết chéo xen kẽ. Phân tử này có khả năng hình thành giọt tụ (*coacervate*), tạo ra các thể không tan khi nhiệt độ tăng [8]. Dan Urry đã sử dụng công nghệ tái tổ hợp để tạo ra chuỗi polypeptide nhân tạo, gồm chuỗi lặp lại Val-Pro-Gly-Xaa-Gly (VPGXG) từ phần cấu trúc kỵ nước của tropoelastin [11].

- Tổng hợp apatite nhân tạo: Calcium phosphate là thành phần chủ yếu trong xương và mô cứng của người; bản chất là apatite đa tinh thể kích cỡ nano. Apatit nhân tạo đã thể hiện các đặc tính tốt: tính tương hợp sinh học, hoạt tính sinh học cao, không độc, không gây viêm và phản ứng miễn dịch. Tuy vậy, việc chế tạo apatite nhân tạo vẫn còn là một thách thức, do những đặc tính riêng của apatite sinh học như lượng tạp chất cao và bề mặt xù xì [12].

- Tự sắp xếp (*self-assembly*): Là đặc tính tự tập hợp của các hợp chất thành một hình dạng hoặc cấu trúc xác định mà không có sự can thiệp của con người [13]. Một cấu trúc như vậy trong cơ thể người là phospholipid, thành phần cấu tạo nên màng tế bào - phân tử này tự sắp xếp thành các cấu trúc như micelle, các cấu trúc dạng ống... ở trong môi trường lỏng. Fields, Tirrell và cộng sự đã tổng hợp một loại phân tử peptide-amphiphile (PA) cấu tạo từ một chuỗi protein (Gly-Val-Lys-Gly-Asp-Lys-Gly-Asn-Pro-Gly-Trp-Pro-Gly-Ala-Pro) gắn với nhóm

mono/di-alkyl ester lipid chuỗi dài nhằm tái tạo cấu trúc xoắn ba của collagen [14]. Kết quả cho thấy chuỗi protein nhân tạo này làm tăng đáng kể sự gắn kết của tế bào khi nuôi cấy tế bào ung thư hắc tố [15]. Bên cạnh đó, các nhà khoa học cũng đã phát hiện sự tự sắp xếp của các dendrimer polyphenylene thành các sợi nano có độ dài tính bằng micromet [16].

- Điều chỉnh bề mặt: Một xu hướng trong phát triển các vật liệu sinh học là ứng dụng phòng sinh học để tạo ra các vật liệu có thể kích thích các đáp ứng đặc hiệu của tế bào và điều khiển được sự tạo thành tổ chức mới thông qua sự nhận diện các phân tử sinh học [17]. Khác với điều chỉnh khối (đồng polymer hóa hoặc gắn nhóm chức vào chuỗi polymer trước khi hình thành cấu trúc khung), điều chỉnh bề mặt không ảnh hưởng đáng kể tới cấu trúc cũng như đặc tính cơ học của khung [8]. Kokubo và cộng sự đem các vật liệu cấy ghép (implant) đã được xử lý với kiềm ngâm vào trong môi trường mô phỏng dịch cơ thể (*simulated body fluid* - môi trường này có nồng độ ion tương đương với trong huyết tương người), kết quả thu được một lớp apatite tương tự xương ở trên bề mặt implant, giúp cho vật liệu cấy ghép có thể hòa hợp được với các cấu trúc tự nhiên [18].

### 1.3. Cách tiếp cận “từ dưới lên” (*bottom-up*)

Công nghệ mô dựa trên việc tạo ra cấu trúc khung phù hợp về mặt sinh học và nuôi cấy tế bào trên khung đó, như trình bày ở trên, là cách tiếp cận “từ trên xuống” (*top-down*). Sinh giới thường làm ngược lại, bằng cách tổng hợp các cấu trúc ở kích cỡ nano theo phương thức “bottom-up”, là cách thức dựa trên việc tạo ra các cấu trúc nhỏ, cơ bản trước khi tập hợp chúng để tạo thành một cấu trúc lớn hơn [19].

Thực tế, nhược điểm của phương thức “top-down” là không mô phỏng lại toàn bộ cấu trúc phức tạp của mô. Nuôi cấy 2D đơn thuần thì tương đối đơn giản, nhưng nuôi cấy trên các khung ba chiều khó phức tạp hơn nhiều cả về mặt kiểm soát không gian lẫn thời gian [20]. Bằng phương pháp tiếp cận *bottom-up*, người ta mô phỏng được chức năng của những cơ quan

có cấu trúc lặp lại như gan một cách tốt hơn [21].

Một số cách tiếp cận tạo cấu trúc cơ bản bao gồm: bao màng quanh tế bào, tạo vi hydrogel, tự tụ tập tế bào, in tế bào trực tiếp,... Đặc biệt, phương pháp tạo vi hydrogel đang trở nên phổ biến hơn cả, vì hydrogel tạo môi trường gần giống cấu trúc nền tế bào (ECM) và cho phép kiểm soát hình dạng cũng như đặc điểm cấu tạo của cấu trúc cơ bản [19].

## 2. Thành tựu trong công nghệ mô và y học tái tạo

Một số sản phẩm của công nghệ mô trong vòng một thập niên trở lại đây đã cho thấy tiềm năng đưa vào ứng dụng trong lâm sàng, bao gồm:

- Yang D. Teng và cộng sự mô phỏng cấu trúc của đoạn xương sống lành lặn bằng cách sử dụng một khung polymer (PLGA và PLL) chứa các tế bào gốc thần kinh và mô phỏng cấu trúc chất xám – chất trắng của xương sống người. Sản phẩm này cho thấy khả năng phục hồi chức năng đáng kể trên chuột và có tiềm năng trong việc phối hợp điều trị chấn thương cột sống [22].

- Humacyte được phát triển từ việc nuôi cấy tế bào cơ tron mạch vành có sẵn trên cấu trúc khung dạng ống có lỗ (làm từ PGA) rồi loại bỏ tế bào, tạo ra một sản phẩm có thể giảm nguy cơ thải ghép, nhiễm bệnh và sẵn sàng để cấy ghép cho bệnh nhân [23, 24].

- L - C Ligament, một cấu trúc khung dùng trong phục hồi chấn thương dây chằng chéo trước khớp gối, đã được đưa vào thử nghiệm lâm sàng vào năm 2015 [25].

Bên cạnh đó, lĩnh vực công nghệ mô không chỉ tạo ra sản phẩm ứng dụng *in vivo* mà còn dùng trong nghiên cứu *in vitro*, cụ thể là tạo ra các mô hình mô và cơ quan phòng sinh học. Những mô và cơ quan này thường được chế tạo ở cỡ nhỏ, chúng có đặc điểm thành phần, cấu trúc sinh học, đặc tính sinh lý giống như cơ quan thật trong cơ thể, có thể áp dụng trong nghiên cứu đáp ứng thuốc, giảm yêu cầu cần thí

nghiệm trên động vật. Ví dụ như mô hình “organ-on-chip”, nuôi cấy các mô hình phòng sinh học của các cơ quan trong cơ thể trên miếng chip nhỏ, tạo điều kiện cho mô phỏng một cơ thể hoàn chỉnh trong nghiên cứu [25].

## 3. Triển vọng của phòng sinh học trong công nghệ mô và y học tái tạo

Các nguyên tắc và chức năng của phòng sinh học, rút ra từ sinh giới, có thể được đưa vào ứng dụng trong y dược học nhằm phục vụ cho lợi ích của con người. Phòng sinh học là con đường thích hợp nhất, giúp con người có thể thích nghi với tình trạng suy giảm tài nguyên và ô nhiễm môi trường hiện nay bằng cách trở nên hòa hợp với thiên nhiên [1]. Bản thân lĩnh vực công nghệ mô và y học tái tạo cũng đang phát triển nhanh, được biết tới rộng rãi hơn. Tuy vậy, một thách thức đặt ra cho ngành y học tái tạo là việc ứng dụng các mô nhân tạo còn hạn chế, chủ yếu là do khó khăn trong việc đạt được chức năng sinh học như mô thật cũng như tương hợp tốt với cơ thể; một số khó khăn khác như thiếu nguồn tế bào gốc, khó nâng cao quy mô sản xuất. Bên cạnh đó, nghiên cứu phòng sinh học khả năng tự tái tạo một số cơ quan của một số động vật (đặc biệt là thằn lằn) cũng được nghiên cứu để tìm cách ứng dụng, tuy nhiên khó khăn lớn nhất vẫn là sự khác biệt về giống loài. Khi động vật càng tiến hóa thì càng khó tái phục hồi cơ quan do cơ chế kiểm soát tính vạn năng của tế bào gốc phức tạp hơn nhiều [25, 26].

## 4. Kết luận

Phòng sinh học là một hướng nghiên cứu phù hợp với thời đại, đặc biệt là trong ngành khoa học sức khỏe, những ngành mà đối tượng tác động chủ yếu chính là cơ thể sinh học, cơ thể con người - các bộ máy sinh học. Trong tương lai, phòng sinh học hứa hẹn sẽ là lời giải cho các bài toán đã và đang tồn tại của lĩnh vực khoa học sức khỏe.

**Tài liệu tham khảo**

- [1] Hwang J, Jeong Y, Park JM, Lee KH, Hong JW, Choi J, Biomimetics: forecasting the future of science, engineering, and medicine, *International Journal of Nanomedicine* 10 (2015) 5701.
- [2] Nguyễn Thanh Hải, Bùi Thanh Tùng, Phạm Thị Minh Huệ, Phòng sinh học trong y dược học – Hướng nghiên cứu cần được đẩy mạnh, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội – Khoa học Y Dược* 33(1) (2017) 1.
- [3] Harkness, J. M., A lifetime of connections—Otto Herbert Schmitt, 1913–1998, *Physics in Perspective* 4 (2002) 456.
- [4] G.Mahan, *Amorphous Solid*, School & Library Products (2014).
- [5] Izumi H, Suzuki M, Aoyagi S, Kanzaki T., Realistic imitation of mosquito's proboscis: electrochemically etched sharp and jagged needles and their cooperative inserting motion, *Sensors and Actuators A: Physical* 165 (2011) 115.
- [6] Francois Berthiaume, Timothy J. Maguire, Martin L. Yarmush, *Tissue engineering and regenerative medicine: history, progress, and challenges*, *Annual review of chemical and biomolecular engineering* 2 (2011) 403.
- [7] Takahashi K., Tanabe K., Ohnuki M. et al., Induction of Pluripotent Stem Cells from Adult Human Fibroblasts by Defined Factors, *Cell* 132 (2007) 861.
- [8] Peter X Ma, *Biomimetic materials for tissue engineering*, *Advanced drug delivery reviews* 60 (2008) 184.
- [9] Ki-Hwan Nam, Alec S. T. Smith, Saifullah Lone, *Biomimetic 3D tissue models for advanced high-throughput drug screening* 20 (2015) 201.
- [10] West, Jennifer L., Jeffrey A. Hubbell, *Polymeric biomaterials with degradation sites for proteases involved in cell migration*, *Macromolecules* 32 (1999) 241.
- [11] D.Urry, *Physical chemistry of biological free energy transduction as demonstrated by elastic protein-based polymers*, *Journal Of Physical Chemistry B*. 101 (1997) 11007.
- [12] Sprio S., Sandri M., Iafisco M., Panseri S., Cunha C., Ruffini A., Tampieri A., *Biomimetic materials in regenerative medicine*, *Biomimetic Biomaterials: Structure and Applications*. Elsevier Ltd., 2013.
- [13] G. Whitesides, B.Grzybowski, *Self-assembly at all scales*, *Science* 295 (2002) 2418.
- [14] Ying-Ching Yu et al, *Structure and dynamics of peptide- amphiphiles incorporating triple-helical proteinlike molecular architecture*, *Biochemistry* 38 (1999) 1659.
- [15] Fields, Gregg B et al, *Proteinlike molecular architecture: biomaterial applications for inducing cellular receptor binding and signal transduction*, *Peptide Science* 47 (1998) 143.
- [16] Daojun Liu et al., *Fluorescent self-assembled polyphenylene dendrimer nanofibers*, *Macromolecules* 36 (2003) 8489.
- [17] Nathaniel Huebsch, David J. Mooney, *Inspiration and application in the evolution of biomaterials*, *Nature* 462 (2009) 426.
- [18] Kokubo Tadashi, Takadama Hiroaki, *How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity?*, *Biomaterials* 27 (2006) 2907.
- [19] Ngo Trung Dung, ed. *Biomimetic Technologies: Principles and Applications*. Woodhead Publishing, 2015.
- [20] Moon, Sang Jun, et al. "Layer by layer three-dimensional tissue epitaxy by cell-laden hydrogel droplets." *Tissue Engineering Part C: Methods* 16.1 (2009): 157-166.
- [21] Tamayol Ali, et al. "Fiber-based tissue engineering: progress, challenges, and opportunities." *Biotechnology advances* 31.5 (2013): 669-687.
- [22] Teng, Y. D., Lavik, E. B., Qu, X., Park, K. I., Ourednik, J., Zurakowski, D., ... & Snyder, E. Y. (2002). Functional recovery following traumatic spinal cord injury mediated by a unique polymer scaffold seeded with neural stem cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(5), 3024-3029.
- [23] Niklason, L. E., Gao, J., Abbott, W. M., Hirschi, K. K., Houser, S., Marini, R., & Langer, R. (1999). Functional arteries grown in vitro. *Science*, 284(5413), 489-493.
- [24] Moroni, F., & Mirabella, T. (2014). Decellularized matrices for cardiovascular tissue engineering. *American journal of stem cells*, 3(1), 1.
- [25] Khademhosseini Ali, Robert Langer. "A decade of progress in tissue engineering." *Nature protocols* 11.10 (2016): 1775-1781.
- [26] Alvarado, Alejandro Sánchez. "Q&A: What is regeneration, and why look to planarians for answers?." *BMC biology* 10.1 (2012): 88.

## Biomimetics in Tissue Engineering and Regenerative Medicine

Bui Son Nhat<sup>1</sup>, Bui Thanh Tung<sup>1</sup>, Pham Thi Minh Hue<sup>2</sup>, Nguyen Thanh Hai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*VNU School of Medicine and Pharmacy, 144 Xuan Thuy, Cau Giay, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*Hanoi University of Pharmacy, 15 Le Thanh Tong St., Hoan Kiem Dist., Hanoi, Vietnam*

**Abstract:** Biomimetics is a growing scientific field which is being more and more widely applied, from industrial production of normal devices to more modern applications such as robotics, electronic chips, nanotechnology as well as medicine and pharmaceuticals. An approach is to utilize biomimetics in tissue engineering and regenerative medicine to meet clinical as well as research and development demands. With past achievements and considering future prospects, this promises to be the key to solve existing problems in medicines.

*Keywords:* Biomimetics, Tissue engineering, Regenerative medicine.