

涂层材料技术补片在普外科中的研究进展

陈波朋¹, 段降龙^{2*}

¹西安医学院, 陕西 西安

²陕西省人民医院, 陕西 西安

收稿日期: 2022年12月7日; 录用日期: 2023年1月2日; 发布日期: 2023年1月10日

摘要

在普外科中, 使用传统补片进行疝修补术时, 不可避免会面对腹腔粘连, 术后补片感染等危险因素。随着材料学领域的不断发展, 涂层材料技术通过复合于传统补片, 可改善其原有缺陷, 这减轻了患者的痛苦和经济负担。然而目前仍没有一种完全适用于各种疝修补术的涂层材料及抗菌涂层。因此, 本文将对涂层材料技术在普外科中的研究进展进行论述。

关键词

涂层材料, 抗菌涂层, 普外科

Research Progress of Coating Materials for Hernia Mesh in General Surgery

Bopeng Chen¹, Xianglong Duan^{2*}

¹Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an Shaanxi

Received: Dec. 7th, 2022; accepted: Jan. 2nd, 2023; published: Jan. 10th, 2023

Abstract

In the general surgery department, when performing hernia repair with traditional mesh, risk factors such as abdominal adhesions and postoperative mesh infection are inevitably faced. With the continuous development of the field of materials science, the coating material technology can improve its original defects by combining in the traditional mesh, which reduces the pain and economic burden of patients. However, there is still no coating material and antibacterial coating that

*通讯作者。

are fully suitable for various hernia repair. Therefore, the research progress of coating material technology in general surgery will be discussed here.

Keywords

Coating Material, Antimicrobial Coating, General Surgery

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

腹股沟疝修补术作为普外科最常见的手术之一,自 1887 年,意大利 Edoardo Bassini 教授通过对腹股沟区进行深入的解剖研究,提出了革命性的 Bassini 疝修补术,彻底改变了腹股沟疝的治疗[1]。自此,不断探寻合适的疝修补片成为普通外科医生的毕生追求,1958 年, Usher 等首次采用了聚乙烯网片,随着材料学的不断发展,近 70 年来已经有超过 200 多种不同类型补片应用于临床[2] [3]。根据疝补片原材料分类可分为:不可吸收补片、可吸收补片、生物补片[4]。当疝补片作为疝修补术的首选后,随之面临的术后腹腔粘连、补片感染等危险因素,成为摆在疝补片发展的重要问题。与传统单一聚丙烯或聚四氟乙烯为原料制备的疝补片相比,涂层材料技术具有以下优势: 1) 防止粘连; 2) 降低局部炎症反应; 3) 降低术后因补片感染造成的经济成本[5]。因此,本文就涂层材料技术在普外科中的研究进展进行阐述。

2. 补片材料

2.1. 聚丙烯(PP)

自利用补片进行疝修补术几十年来,以聚丙烯为原料制备的补片因其具有: 1) 软硬适中、张力强度大; 2) 抗感染能力强、耐化学腐蚀; 3) 大孔隙利于组织长入等优点[6],一经面世便成为众多普外科医生的首选,成为迄今为止应用最广泛的补片材料。根据一项回顾性研究显示[7],当使用聚丙烯补片进行疝修补术时,手术时长明显缩短,因此减少了术后疝复发率。但是聚丙烯补片存在: 1) 由聚丙烯网状假体产生结构紊乱的新腹膜,其结构粗糙,一些出血和坏死组织会促进粘连,从而导致局部炎症,患者术后异物感突出[8]; 2) 不能直接与腹腔内脏接触,否则会因为形成的瘢痕组织导致肠梗阻或肠管补片侵蚀[9]。因此,使用标准的聚丙烯补片所产生的术后不良反应,对患者而言是巨大的痛苦和额外的经济负担。

2.2. 聚四氟乙烯(PTFE)及膨体聚四氟乙烯(ePTFE)

聚四氟乙烯是一种非极性、线性结晶聚合物,上世纪 40~50 年代国外即发明了聚四氟乙烯,由于其具有不粘连特性备广泛应用于厨具表面。但由于表面强度较低,不适用于医用处理。上世纪 60 年代日本人 Shinsaburo Oshige 根据聚四氟乙烯作为一种惰性材料的特性,对其成功的进行了分散树脂等特殊加工工艺制成膨体聚四氟乙烯, ePTFE 具有均匀的多孔结构,所以强度较 PTFE 较高,具备柔韧性好,可以根据需要进行裁剪和覆盖,呈现纤维连续性与独特的多孔渗水微结构[10]。可以直接与腹腔内脏接触。患者术后伤口疼痛轻,瘢痕形成小,舒适度较好。但是因其孔径较小,所以抗拉伸强度小于聚丙烯补片[11]。研究表明,当膨体聚四氟乙烯补片产生补片感染时,保守治疗一般无效,通常需要移除补片[12] [13]。目前较多应用于整形外科等方向。

2.3. 聚酯(PET)

聚酯是由乙二醇和对苯二甲酸经多凝聚产生的大分子化合物, 可以被水解降解。1956年, Wolstenholme 使用了 PET 补片进行腹股沟疝修补术[14], 因对苯二甲酸具有亲水性, 因此可以被水解。该类补片具有组织疤痕小、柔韧性好、耐氧化和成本低等优点。但由于表面张力强度较差, 容易引发组织纤维化反应, 术后并发症较多[15]。目前, 世界国家及地区都极少使用此类补片[16]。

2.4. 传统单一补片材料的主要问题

1) 由于单一补片材料的限制, 不能直接与腹腔脏器接触, 成为制约单一补片发展的重要因素, 也对普外科医生选择合适疝补片造成挑战; 2) 根据世界卫生组织的数据, 由于抗生素的不当使用, 细菌耐药性水平已较前明显增加, 并成为严重的健康问题, 到 2050 年可能因细菌感染导致死亡人数将超过癌症[17], 因此, 新一代补片必须被设计具有抗感染能力。

3. 涂层材料

3.1. 镀钛涂层

由于 PP 补片不能直接与腹腔内脏器接触, 在贴合腹腔内脏器一侧利用纳米技术将钛涂层复合于补片之上, 能够有效避免产生组织粘连、炎症反应等术后并发症的发生。此外, Köckerling F [18]等对比了钛涂层聚丙烯补片与传统聚丙烯补片, 结果表明镀钛补片术后疼痛(短期)更低, 镇痛药物使用更少, 是腹腔镜下疝修技术中各位适宜的补片。

3.2. 聚己内酯 - 凝胶涂层(PCL-Gel)

是一种有机高分子聚合物, PCL 具有良好的生物相容性及可降解性。许多基于 PCL 的医疗设备已经可以用于临床, 其中包括可吸收缝合线、根管填充材料、肌腱贴片、周围神经再生鞘、3D 打印骨钉骨板。Gautam 等[19]使用静电纺丝法制备出 PCL-Gel 纳米纤维膜, Binulal 等[20]利用不同 PCL/明胶比例在稀释的乙酸 - 乙酸乙酯混合物中成功电纺复合纳米纤维支架, 并测定出 3:7 比例的 PCL-Gel 纳米纤维膜具有良好的亲水性、降解性和生物功能。一项研究显示将其与传统聚丙烯补片相结合, 制备了聚己内酯 - 凝胶涂层/聚丙烯补片, 该补片具有良好的抗粘连性能和抗降解能力, 该纳米涂层没有引起任何细胞毒性作用, 有望制备出一种新型疝补片[21]。

4. 抗菌涂层

大多数常用的疝补片是由不具备抗菌活性的材料制成的。然而, 术后补片感染是导致腹壁缺损修复失败的主要原因之一, 伴有感染的腹壁缺损的修复重建失败率明显增高[22]。术后补片感染会造成治疗成本增加, 患者愈后质量下降。使用具有抗菌化合物涂层生物材料是最常见的技术, 以提供抗菌特性, 从而防止微生物定植和附着, 从而减少补片感染的几率。抗菌补片可以通过抗生素浸泡法、等离子体活化、等离子体诱导聚合等方法进行制备[23]。

镀银纳米颗粒涂层补片已小范围应用于部分腹股沟疝患者。可有效地抑制细菌的增殖, 降低感染率, 但这些网片只适用于特殊情况, 如有感染风险的切口疝患者。研究[24]指出, 银离子提供了广谱的抗菌作用, 银离子的释放是随着时间的推移逐渐持续的, 可以更好地预防感染, 长期使用是安全的, 不会出现毒性或产生耐药性。然而许多科学研究表明, 银离子对哺乳动物细胞具有高度毒性, 并可能诱导产生抗药性[25] [26]。

在一项猪的腹壁疝模型动物实验中[27], 通过制备一种万古霉素的聚合物涂层补片, Blatnik 等发现

此补片可降低耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染率, 而不影响腹壁组织重建。目前, 通过 3D 打印制备出的拥有不同尺寸、形状、孔洞直径的疝补片, 利用浸泡法与环丙沙星涂层结合后, 也可有效降低疝修补术后补片感染风险[28]。

5. 小结和展望

在所有的疝修补术中, 合适的网片对于加强腹壁及防止术后并发症具有重要意义。但是, 至今仍未有一种理想材料能适用于各种疝修补术, 不同的普外科医生对于补片的选择有时也会因个人习惯不同受到影响。传统聚丙烯材料经过多年临床应用, 已充分证明其具有良好的力学性能和生物相容性以及合理的价格, 是临床实践中疝修补术目前最常用的补片原材料之一。然而, 由于材料制约导致术后并发症以及细菌抗药性导致补片感染等情况, 是众多普外科医生不得不面对的问题。目前随着材料学领域的巨大发展, 已有多种涂层材料及抗菌涂层技术出现, 有些已经被证明能明显改良原有补片的某些缺陷, 但大部分技术仍处于实验阶段, 需要更多临床实验来证明其可行性。

参考文献

- [1] Castrini, G., Pappalardo, G., Trentino, P. and Correnti, F.S. (1986) The Original Bassini Technique in the Surgical Treatment of Inguinal Hernia. *International Surgery*, **71**, 141-143.
- [2] Lee, T.-H., Choudhuri, A., Ullisney, K., *et al.* (2020) Use of Real-World Registry Data: A Hernia Mesh Example. *Hernia*, **24**, 587-590. <https://doi.org/10.1007/s10029-019-02085-6>
- [3] Usher, F.C., Ochsner, J. and Turtle Jr., L.L. (1958) Use of Marlcx Mesh in the Repair of Incisional Hernias. *The American Surgeon*, **24**, 969-974.
- [4] Amid, P.K. (1997). Classification of Biomaterials and Their Related Complications in Abdominal Wall Hernia Surgery. *Hernia*, **1**, 15-21. <https://doi.org/10.1007/BF02426382>
- [5] Bringman, S., Conze, J., Cuccumillo, D., Deprest, J., Junge, K., Klosterhalfen, B., Parra-Davila, E., Ramshaw, B. and Schumpelick, V. 疝修补术: 寻找理想的网片[J]. 中国实用外科杂志, 2010, 30(12): 1063-1068.
- [6] Usher, F.C. and Gannon, J.P. (1959) Marlex Mesh, a New Plastic Mesh for Replacing Tissue Defects. I. Experimental Studies. *Archives of Surgery*, **78**, 131-137. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1959.04320010133022>
- [7] Pikoulis, E., Daskalakis, P., Psallidas, N., *et al.* (2005) Marlex Mesh Prefix Plug Hernioplasty Retrospective Analysis of 865 Operations. *World Journal of Surgery*, **234**, 231-234. <https://doi.org/10.1007/s00268-005-7548-z>
- [8] Matthews, B.D., Pratt, B.L., Pollinger, H.S., *et al.* (2003) Assessment of Adhesion Formation to Intra-Abdominal Polypropylene Mesh and Polytetrafluoroethylene Mesh. *Journal of Surgical Research*, **114**, 126-132. [https://doi.org/10.1016/S0022-4804\(03\)00158-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4804(03)00158-6)
- [9] Borrazzo, E.C., Belmont, M.F., Boffa, D. and Fowler, D.L. (2004) Effect of Prosthetic Material on Adhesion Formation after Laparoscopic Ventral Hernia Repair in a Porcine Model. *Hernia*, **8**, 108-112. <https://doi.org/10.1007/s10029-003-0181-6>
- [10] 李振符, 张景承, 谷建斌, 等. 膨体聚四氟乙烯补片在腹外疝修补中的应用[J]. 中华疝和腹壁外科杂志(电子版), 2009, 3(4): 399-402.
- [11] Young, R.M., Gustafson, R. and Dinsmore, R.C. (2004) Sepramesh vs. Dualmesh for Abdominal Wall Hernia Repairs in a Rabbit Model. *Current Surgery*, **61**, 77-79. <https://doi.org/10.1016/j.cursur.2003.09.011>
- [12] Bellón, J.M., Contreras, L.A. and Buján, J. (2000) Ultrastructural Alterations of Polytetrafluoroethylene Prostheses Implanted in Abdominal Wall Provoked by Infection: Clinical and Experimental Study. *World Journal of Surgery*, **24**, 528-532. <https://doi.org/10.1007/s002689910085>
- [13] Bellón, J.M., G-Honduvilla, N., Jurado, F., G-Carranza, A. and Buján, J. (2001) In Vitro Interaction of Bacteria with Polypropylene/ePTFE Prostheses. *Biomaterials*, **22**, 2021-2024. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(00\)00390-2](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(00)00390-2)
- [14] Wolstenholme, J.T. (1956) Use of Commerical Dacron Fabric in the Repair of Inguinal Hernias and Abdominal Wall Defects. *AMA Archives of Surgery*, **73**, 1004-1008. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1956.01280060104024>
- [15] Totten, C., Becker, P., Lourd, M. and Roth, J.S. (2019) Polyester vs Polypropylene, Domes Mesh Materials Matter? A Meta-Analysis and Systematic Review. *Medical Devices: Evidence and Research*, **12**, 369-378. <https://doi.org/10.2147/MDER.S198988>

- [16] 时德, 赵渝. 疝修补材料特征与新概念[J]. 中华疝和腹壁外科杂志(电子版), 2012, 6(1): 517-520.
- [17] WHO (2016) Antimicrobial Resistance: Global Report on Surveillance 2014. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564748>
- [18] Köckerling, F. and Schug-Pass, C. (2014) What Do We Know about Titanized Polypropylene Meshes? An Evidence-Based Review of the Literature. *Hernia*, **28**, 445-457. <https://doi.org/10.1007/s10029-013-1187-3>
- [19] Gautam, S., Dinda, A.K. and Mishra, N.C. (2013) Fabrication and Characterization of PCL/Gelatin Composite Nanofibrous Scaffold for Tissue Engineering Applications by Electrospinning Method. *Materials Science and Engineering: C*, **33**, 1228-1235. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2012.12.015>
- [20] Binulal, N.S., Natarajan, A., Menon, D., Bhaskaran, V.K., Mony, U. and Nair, S.V. (2014) PCL-Gelatin Composite Nanofibers Electrospun Using Diluted Acetic Acid-Ethyl Acetate Solvent System for Stem Cell-Based Bone Tissue Engineering. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, **25**, 325-340. <https://doi.org/10.1080/09205063.2013.859872>
- [21] Giuntoli, G., Muzio, G., Actis, C., Ganora, A., Calzone, S., Bruno, M., Ciardelli, G., Carmagnola, I. and Tonda-Turo, C. (2021) *In-Vitro* Characterization of a Hernia Mesh Featuring a Nanostructured Coating. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **8**, Article 589223. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.589223>
- [22] Tubre, D.J., Schroeder, A.D., Estes, J., Eisenga, J. and Fitzgibbons Jr., R.J. (2018) Surgical Site Infection: The “Achilles Heel” of All Types of Abdominal Wall Hernia Reconstruction. *Hernia*, **22**, 1003-1013. <https://doi.org/10.1007/s10029-018-1826-9>
- [23] Labay, C., Canal, J.M., Modic, M., Cvelbar, U., Quiles, M., Armengol, M., Arbos, M.A., Gil, F.J. and Canal, C. (2015) Antibiotic-Loaded Polypropylene Surgical Meshes with Suitable Biological Behaviour by Plasma Functionalization and Polymerization. *Biomaterials*, **71**, 132-144. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.08.023>
- [24] Optilene® Silver Mesh LP & Elastic. BBRAUN. <https://www.bbraun.de/de/products/b219/optilene-silver-meshlpelastic.html>
- [25] Gunawan, C., Marquis, C.P., Amal, R., Sotiriou, G.A., Rice, S.A. and Harry, E.J. (2017) Widespread and Indiscriminate Nanosilver Use: Genuine Potential for Microbial Resistance. *ACS Nano*, **11**, 3438-3445. <https://doi.org/10.1021/acs.nano.7b01166>
- [26] Percival, S.L., Bowler, P.G. and Russell, D. (2005) Bacterial Resistance to Silver in Wound Care. *Journal of Hospital Infection*, **60**, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2004.11.014>
- [27] Blatnik, J.A., Thatiparti, T.R., Krpata, D.M., Zuckerman, S.T., Rosen, M.J. and Von Recum, H.A. (2017) Infection Prevention Using Affinity Polymer-Coated, Synthetic Meshes in a Pig Hernia Model. *Journal of Surgical Research*, **219**, 5-10. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.05.003>
- [28] Qamar, N., Abbas, N., Irfan, M., *et al.* (2019) Personalized 3D Printed Ciprofloxacin Impregnated Meshes for the Management of Hernia. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, **53**, Article ID: 101164. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101164>