

· 脂肪源性干细胞与组织工程专题综述 ·

脱细胞组织基质在整形外科领域的应用进展

晋圣阳¹ 赵博² 蒋海越¹ 潘博¹

【摘要】 脱细胞组织基质是由同种异体或异种皮肤经处理后获得的细胞外基质成分。最初应用于心脏瓣膜领域,至今已近 40 年历史。20 世纪 80 年代开始用于烧伤创面覆盖,此后广泛应用于整形外科领域,包括乳房再造、面部整形、颈部缺损修复、腹壁重建、瘢痕治疗等。近年来,关于脱细胞组织基质的应用越来越广泛,现就其在整形外科领域的应用进展作一综述。

【关键词】 脱细胞组织基质;整形外科;制备;临床应用

随着组织工程学、分子生物学等学科的发展,医用植入材料产业已进入重大产业革命时期,即从传统的不可吸收材料向可降解的、能够主动诱导组织再生的新型生物材料变革。而基于组织工程学原理的以人或天然动物组织为原料的细胞外基质(extracellular matrix, ECM)材料成为重点发展方向。脱细胞组织基质(acellular tissue matrix, ACTM)是由同种异体或异种皮肤经各种脱细胞技术等处理后,冷冻干燥获得的细胞外基质三维支架。ACTM 主要由胶原蛋白组成,且去除细胞和抗原成分,故较少引起宿主免疫排斥反应。ACTM 最初应用于心脏瓣膜领域,至今已有近 40 年历史。20 世纪 80 年代开始用于烧伤创面覆盖,此后广泛应用于整形外科领域,包括乳房再造、面颈部整形、腹壁重建、瘢痕治疗等。本文就其在整形外科领域的研究进展进行综述。

1 ECM 结构

ECM 广泛存在于生物体内,是机体组织和细胞所有生物学活动的场所和微环境,是由多种类型的胶原蛋白、透明质酸、蛋白聚糖等成分按一定的比例和空间构象组成的复杂的三维多孔结构,其中胶原蛋白为保持机械强度的主要成分。ECM 结构与其含有的信号分子构成高度协调的有机统一体,为组织和细胞提供结构支持、机械强度和表面受体的黏附区域,能够诱导并促进细胞的迁移、增殖、分化以及血管生成,是机体组织修复的基础。研究证实^[1],哺乳动物的 ECM 成分与人类具有较高同源性,去除细胞成分的天然 ECM 结构具备良好的生物相容性。采用各种脱细胞技术处理的异种组织,去除引起免疫反应的细胞成分,保留天然 ECM 结构和成分,称为 ACTM。研究证实^[2],ACTM 材料植入后可以主动诱导和促进周围细胞的迁入、黏附、增殖和分化,迁入的细胞通过进一步对材料进行改造、降解和塑形,实现组织的形成和结构重塑。ACTM 覆盖于伤口表面,可形成一个相对密闭的屏障,提供湿润环境,减少水分、热量、电解质的丢失,减少细菌感染的机会,减少瘢痕形成^[3]。支架中活性成分可促进宿主细胞浸润、角质细胞和黑素细胞迁移黏附,诱导宿主成纤维细

胞、内皮细胞增殖及新生血管形成,促进肉芽组织生长及皮肤移植与宿主组织融合,从而促进伤口愈合^[4]。

2 脱细胞技术

脱细胞工艺是去免疫原性技术的核心,也是 ACTM 材料制备工艺的关键和难点。脱细胞方法分为物理方法、化学方法和酶法。物理方法包括机械震荡、反复冻融、高压、超声空化法等,其作用机制多为直接破坏细胞膜,使细胞内容物释出。常用的化学试剂包括酸碱、离子型或非离子型去垢剂、交联剂、螯合剂等无机或有机试剂,其作用机制包括破坏细胞间或细胞与 ECM 间连接,溶解细胞质成分,破坏细胞内核酸、蛋白、脂质间的连接等。常用的酶包括各种核酸酶和蛋白酶,其作用机制是通过对核酸和蛋白的水解作用,清除 DNA,破坏细胞间或细胞与 ECM 间的连接。

近十年来,组织脱细胞方法一直在不断地发展和改良,对已上市的异种 ACTM 材料的临床结果分析表明,现有的产品均不同程度存在血清肿、感染、免疫排斥反应、组织愈合不良等并发症,表明现有的脱细胞工艺均存在缺陷。现有的脱细胞真皮基质大多联合采用多种方法,如机械震荡+去污剂+酶+交联剂法,但耗时较长,对 I 型胶原蛋白的破坏明显,并存在有机试剂、酶和交联剂的残留,导致产品的力学性能降低,以及存在不同水平的免疫原性和细胞毒性。

3 ACTM 主要性能

3.1 物理性能

物理性能指标包括外观、构型、尺寸、孔隙率、孔径大小和生物力学性能等。其中关键指标为孔隙率、孔径大小和生物力学性能。研究证实,孔隙率和孔径大小是引导细胞迁移、黏附、增殖和分化的关键指标,孔隙率大于 85% 是组织修复材料的基本要求。生物力学性能指标包括抗张强度、弹性模量、拉伸强度、缝合保留强度等,对于应用于腹壁、硬脑膜、肌腱等存在张力组织修复的产品均已明确有明确要求。孔隙率和力学强度也是评价脱细胞工艺优劣的重要指标。

3.2 化学性能

化学性能指标包括酸碱度、重金属含量、电导率、溶剂残留量等指标。其中较难确定的指标是溶剂残留量。由于不同工艺采用的化学试剂的数量和种类各不相同,因此溶剂残留量难以形成统一标准,并且因大部分有机溶剂、酶和交联剂均为可参考的标准检测方法和标准数值。这也是造成材料潜

DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2017.12.009

基金项目:北京市科技计划专项课题(Z14010101281)

作者单位:1.中国医学科学院整形外科医院 整形七科,北京 100144

2.北京博辉瑞进生物科技有限公司,北京 102600

通信作者:潘博,Email:13810855912@163.com

在风险的原因之一。

3.3 生物性能

生物性能指标包括免疫原性、抗感染能力、生物相容性、生物降解能力以及促进细胞黏附、增殖和基质沉积能力等。ACTM 提供细胞表面受体黏附区域,提供信号分子储存的场所,调节成纤维细胞和内皮细胞迁移、增殖,促进血管生成。向支架中植入细胞如成纤维细胞、角质细胞等为近期研究热点之一^[6]。ACTM 可促进植入的角质细胞黏附、增殖、迁移和组织再生,增加伤口愈合机会。

4 ACTM 种类

目前已上市的产品以人、猪、牛为来源,采用真皮、心包、小肠黏膜下层等组织为原料,应用于烧伤创面覆盖、乳房再造、腹壁疝修复、糖尿病足溃疡等临床领域(表 1)。目前,异种 ACTM 材料正渗透到外科临床的各个细分专业,其治疗理念得到了各专业医师的广泛认可。

5 ACTM 在整形外科领域的应用

5.1 烧伤

皮肤作为人体最大的器官,由表皮层、真皮层和皮下组织组成。表皮层主要由角质细胞组成,真皮层由 I 型胶原蛋白、弹力蛋白和黏多糖(GAGs)组成,成纤维细胞提供蛋白酶和胶原酶等重构酶,因此在伤口愈合过程中起重要作用。根据烧伤的深度,可分为 I 度烧伤、II 度烧伤和 III 度烧伤,分别累及表皮层、真皮层和皮下层。较常用的方法是切除变性坏死区域后,进行皮肤移植,包括全层植皮、刃厚植皮等,

其中刃厚植皮是金标准。但是,因为供皮区皮源不足及带来的不良反应,诸如供皮区瘢痕、疼痛等限制其广泛应用。ACTM 产品可提供用以实现皮肤功能的表皮和真皮成分,促进细胞迁移、化学趋化、血管生成,从而形成有利的创面环境,有效关闭全层烧伤创面,减少瘢痕形成。应用 ACTM 可减少对自体供皮区的依赖,尤其是对于正常皮肤残留较少的大面积烧伤患者。目前较常用的方法是将 ACTM 与自体刃厚皮片复合移植。有研究人员向支架中加入成纤维细胞、黑色素细胞等正常人体细胞中含有的细胞等成分,以最大程度恢复功能。

Li 等^[7]将 ACTM 用于大面积烧伤患者,他们对 30 例大面积烧伤患者的创面采用一步法进行复合移植,发现 ACTM 联合自体刃厚皮片复合移植质量明显优于单纯自体刃厚皮片移植,后期美学效果好,功能恢复明显,供皮区瘢痕增生少。崔泽龙等^[8]用瘢痕断层皮片联合脱细胞异体真皮治疗大面积深 II 度烧伤瘢痕,术后 6 个月评估瘢痕情况,VSS(温哥华瘢痕量表)评分显著低于对照组,认为这种方法是一种可行且疗效好的方法。

5.2 四肢

5.2.1 糖尿病足溃疡 糖尿病足溃疡(diabetic foot ulcer, DFU)是糖尿病长期并发症的一种,也是糖尿病患者截肢和死亡的主要原因之一。对于非感染性、非缺血性 DFU 的患者,可在清创后行 ACTM 创面覆盖。Zelen 等^[9]利用人网状 ACTM(human reticular ACTM, HR-ACTM)治疗 DFU,同标准

表 1 目前国外上市的 ACTM 材料产品

产品	厂家	来源/成分	交联	应用
同种异体(人)		同种异体(人)		同种异体(人)
AlloDerm	美国 LifeCell	人真皮	否	急慢性全层创伤、烧伤、整形美容科
Allomax	美国 Davol/Bard	人真皮	否	乳房再造、腹股沟疝、切口疝
DermaMatrix	美国 Synthes	人真皮	否	乳房再造
Flex HD	美国 Ethicon	人真皮	否	乳房再造、腹壁疝
GraftJacket	美国 Wright Medical Technology	人真皮	是	肌腱、下肢创伤修复,糖尿病足溃疡
DermACELL	美国 LifeNet Health	人真皮	否	糖尿病足溃疡、乳房再造
Dermagraft	美国 Advanced BioHealing	新生儿包皮成纤维细胞植入可吸收支架		糖尿病足溃疡、静脉溃疡、大疱表皮松懈症
异种(牛)				
SurgiMend	美国 TEI Biosciences	胎牛真皮	否	乳房再造
Tutomesht/Tutopatch	德国 Tutogen	牛心包	否	腹裂、脐突出
Integra	美国 Integra LifeSciences Corp	牛肌腱胶原,鲨鱼软骨硫酸软骨素	是	深 II 度烧伤、III 度烧伤、术后创伤、糖尿病足溃疡
Apligraf	美国 Organogenesis	牛 I 型胶原和新生儿包皮成纤维细胞、角质细胞		糖尿病足溃疡、静脉溃疡、压力溃疡、大疱表皮松懈症、血管炎溃疡、坏疽性脓皮病、硬皮病、取皮后供区覆盖
异种(猪)				
Permacol	英国 Covidien	猪真皮	是/否	腹股沟疝、股疝
Strattice	美国 LifeCell	猪真皮	是/否	腹壁疝
Surgisis	美国 Cook	猪小肠黏膜下层	否	腹壁疝
Oasis Wound Matrix	美国 Cook Biotech	猪小肠黏膜下层 I 型胶原和细胞外基质,包含生长因子	否	II 度烧伤、III 度烧伤、糖尿病足溃疡、静脉溃疡、压力溃疡
EZ Derm	美国 Genzyme Corp	猪真皮交联 I 型胶原	是	II 度烧伤、糖尿病足溃疡、静脉溃疡、压力溃疡

治疗组(standard of care, SOC)相比,ACTM 组愈合时间明显缩短,6、12 周完全愈合率明显更高,无不良反应。并发现每周应用 ACTM,可有效促进 DFU 关闭,降低截肢风险。Hu 等^[10]利用复合中厚皮片(split-thickness skin grafting, STSG)联合 ACTM 治疗 DFU,对照组为单用 STSG,结果显示,STSG 联合 ACTM 对于 DFU 效果良好,可降低截肢风险及复发率,从而改善患者生活质量,认为 STSG 联合 ACTM 治疗 DFU 是个安全有效的方法。近期,研究人员将 ACTM 中植入干细胞,ACTM 与植入的干细胞相互作用,促进干细胞黏附、增殖和分化。利用干细胞自我更新和多向分化潜能,调节炎症因子释放,促进肉芽组织形成,调节细胞外基质沉积,促使成纤维细胞和角质细胞迁移,抑制 DFU 伤口愈合细胞的凋亡,从而加速伤口愈合^[11]。

5.2.2 四肢创伤性缺损 Yi 和 Kim^[12]利用自体厚皮片联合 ACTM 治疗四肢创伤性全层皮肤缺损,术后应用伤口负压吸引,对照组为单用自体厚皮片,结果显示,自体厚皮片联合 ACTM 对于四肢创伤性全层皮肤缺损效果优于对照组,外观及弹性更好,不增加并发症(皮肤坏死、分离、血清肿)。认为自体厚皮片联合 ACTM 治疗四肢创伤性全层皮肤缺损是个安全有效的方法。Weigert 等^[13]认为,对于部分严重足踝部创伤性软组织缺损的患者 ACTM 可能是首选治疗。

5.3 颈部

ACTM 在颈部的应用主要为颈部恶性肿瘤切除术后软组织缺损的修复,颈部恶性肿瘤包括喉癌、下咽癌、上颌窦癌和气管肿瘤等。对于较大的组织缺损,ACTM 可解决修复区域或供区软组织不足的问题^[14]。Li 等^[15]报道,应用 ACTM 安全有效,并发症少。相对于下咽较大缺损的常规胸大肌皮瓣移植,应用 ACTM 手术易操作,手术时间缩短,术后感染、瘘及狭窄风险降低;患者术后可早期恢复经口进食及自主呼吸功能。但是,由于 ACTM 必须缝在软组织上,对于严重软组织缺损通常不用 ACTM,而采用皮瓣修复。Kim 等^[16]将人 ACTM 用于甲状腺切除术后瘢痕和粘连的预防,发现应用 ACTM 可明显减少甲状腺切除术后瘢痕形成,改善手术造成的吞咽功能障碍,不增加手术时间。

5.4 口腔

Liu 等^[17]用 ACTM 和树脂夹板对颌面缺损患者种植牙周围黏附软组织进行重建,术后 1 个月患者软组织增加明显,取得了很好的美学效果及功能恢复。他们认为,ACTM 可用于颌面缺损患者种植牙周围黏附软组织重建。Taiyeb 等^[18]比较了 ACTM 和上皮下结缔组织移植术(subepithelial connective tissue grafts, sCTG)用于治疗 Miller I 度和 II 度牙龈退缩(gingival recession, GR)的效果,发现二者效果相似。并认为 ACTM 是一种效果良好的治疗 GR 方法。

5.5 腭裂修复

ACTM 作为宿主成纤维细胞迁移的支架,其基底膜有利于上皮细胞黏附,从而可用于腭裂修复。Agir 等^[19]将 ACTM 用于 35 例腭裂修复及 15 例腭瘘修复,表明 ACTM 可用于腭裂修复及腭瘘修复,降低腭裂术后瘘的发生率,改善发声水平及上颌骨发育。但是在多次修复失败及瘢痕组织较多和组织血供差的情况下,腭裂修复效果不理想。他们根据经验认为,ACTM 对小于 5 mm 的瘘口关闭效果好,而对于大于 10 mm 瘘

口关闭效果不理想。但是 El-Kassaby 等^[20]将 ACTM(Porous)用于腭成形术后(oroanal fistula, ONF)的修复,他认为对于术后继发的直径大于 15 mm 的口鼻瘘,ACTM 可关闭瘘口。结果表明 ACTM 用于关闭口鼻瘘安全有效。Cali Cassi 和 Massei^[21]报道使用 ACTM 的瘘口闭合率明显高于对照组,说明 ACTM 用于关闭腭裂修复术后的口鼻瘘有着良好前景。

5.6 眼科

ACTM 在眼科整形中主要用于填充皮瓣技术不能解决的皮肤、软组织缺损。Chang 等^[22]推荐将 ACTM 用于眼科整形手术,尤其是大的全层眶周移植术或皮瓣不对称及手术困难者。Kim^[23]在眼睑眼眶减压术同时,利用 ACTM 行下眼睑回缩纠正,与同期置入牵开器相比,应用 ACTM 可明显改善下眼睑回缩。Chen 等^[24]将牛 ACTM 用于泪管重建,研究包括 4 例泪管外伤和 1 例泪管先天缺如。5 例患者术后泪溢症状均缓解,冲洗试验证明重建的泪管有效,表明 ACTM 可作为治疗复杂泪管病变和泪管先天畸形的新方法。

5.7 乳房

乳房整形美容手术包括自体皮瓣再造、扩张器-假体再造、乳房美容手术及修复手术等。目前,在北美,假体乳房再造的金标准为 2 期扩张器-假体再造。手术并发症为双侧不对称、包膜挛缩、假体置换或取出、褶皱、假体可触及或可见、疼痛、假体或乳房下皱襞异位、感染、血肿、血清肿、假体外露等,其中以包膜挛缩最为常见。包膜挛缩主要影响乳腺的柔软度和可塑性,确切的发病机制尚未知,目前研究考虑为多因素作用的纤维化过程,多种方法均不能根治。目前,已将 ACTM 用于包膜挛缩的预防和治疗并取得了初步效果。

5.7.1 修复手术 Maxwell 和 Gabriel^[25]将 ACTM(Strattice)用于隆乳术后的修复手术中,手术指征为包膜挛缩、假体异位和乳房脱垂等。术后均未再复发,而传统手术的再次手术率为 20%~40%。表明 ACTM 用于隆乳术后修复手术并发症少,安全且效果持久。Spear 等^[26]研究了 ACTM(AlloDerm)在再造修复手术中的应用,手术指征为乳房下皱襞错位、下极支持、包膜挛缩、褶皱和不对称。发现应用 ACTM 复发率低,提示 ACTM 在乳腺再造术后修复手术中也有良好效果。

5.7.2 再造手术 Mowlds 等^[27]在假体乳腺再造中应用开窗 ACTM,发现包膜挛缩发生率低,认为开窗 ACTM 可改善引流,减小死腔,可用于包膜挛缩的预防和治疗。Reitsamer 和 Peineinger^[28]在保留乳头乳腺切除术后,将假体置入胸大肌前,并用猪 ACTM(Strattice)完全覆盖假体,发现该法可避免分离胸大肌导致的胸大肌功能损伤和术后疼痛,并发症发生率低,美学效果好,患者满意度高。并认为,对于希望保留胸大肌完整性的患者,该法可替代胸肌下假体置入。

5.8 其他

除上述领域,ACTM 还可应用于阴道再造^[29]、鼻整形、腮腺重建等领域,以填充组织缺损,增加美学效果。

6 展望

ACTM 在整形外科尤其是烧伤和瘢痕治疗方面已有广泛应用,目前研究已较充分。ACTM 来源广泛,供体充分,可明显增加创面愈合效率,减少瘢痕形成,且有可控降解性,在二期手术中不用移除,可以继续发挥作用。但是价格较高,以及潜在传染病传播风险等并发症,制约了其进一步推广。相

信随着相关基础研究和临床研究的不断深入,ACTM 会在临床中有更加广泛的应用。

参考文献:

- [1] Ge L, Zheng S, Wei H. Comparison of histological structure and biocompatibility between human acellular dermal matrix (ADM) and porcine ADM[J]. Burns, 2009,35(1):46-50.
- [2] Shooter GK, Van Lonkhuyzen DR, Croll TI, et al. A pre-clinical functional assessment of an acellular scaffold intended for the treatment of hard-to-heal wounds[J]. Int Wound J, 2015,12(2):160-168.
- [3] Varkey M, Ding J, Tredget EE. Advances in skin substitutes—potential of tissue engineered skin for facilitating anti-fibrotic healing[J]. J Funct Biomater, 2015,6(3):547-563.
- [4] Zhang Z, Lv L, Mamat M, et al. Xenogenic (porcine) acellular dermal matrix is useful for the wound healing of severely damaged extremities[J]. Exp Ther Med, 2014,7(3):621-624.
- [5] 刘宾,李菲,夏炜,等. 超声空化法对脱细胞血管支架组织结构及生物力学特性影响的实验研究[J]. 中国美容整形外科杂志, 2015,26(12):755-759.
- [6] Eweida AM, Marei MK. Naturally occurring extracellular matrix scaffolds for dermal regeneration: do they really need cells?[J]. Biomed Res Int, 2016,2015:839694.
- [7] Li X, Meng X, Wang X, et al. Human acellular dermal matrix allograft: a randomized, controlled human trial for the long-term evaluation of patients with extensive burns[J]. Burns, 2015,41(4):689-699.
- [8] 崔泽龙,杨小辉,首家保,等. 瘢痕断层皮片联合脱细胞异体真皮治疗大面积深Ⅱ度烧伤瘢痕的疗效[J]. 中国修复重建外科杂志, 2014,28(12):1502-1504.
- [9] Zelen CM, Orgill DP, Serena T, et al. A prospective, randomised, controlled, multicentre clinical trial examining healing rates, safety and cost to closure of an acellular reticular allogenic human dermis versus standard of care in the treatment of chronic diabetic foot ulcers[J]. Int Wound J, 2017,14(2):307-315.
- [10] Hu Z, Zhu J, Cao X, et al. Composite skin grafting with human acellular dermal matrix scaffold for treatment of diabetic foot ulcers: a randomized controlled trial[J]. J Am Coll Surg, 2016,222(6):1171.
- [11] Assi R, Foster TR, He H, et al. Delivery of mesenchymal stem cells in biomimetic engineered scaffolds promotes healing of diabetic ulcers[J]. Regen Med, 2016,11(3):245-260.
- [12] Yi JW, Kim JK. Prospective randomized comparison of scar appearances between cograf of acellular dermal matrix with autologous split-thickness skin and autologous split-thickness skin graft alone for full-thickness skin defects of the extremities[J]. Plast Reconstr Surg, 2015,135(3):609e-616e.
- [13] Weigert R, Leclere FM, Delia G, et al. Long-term patient-reported functional and cosmetic outcomes following severe traumatic foot and ankle wound reconstruction with acellular dermal matrix[J]. J Cosmet Laser Ther, 2015,17(6):321-329.
- [14] 杨柳,杨凤娟,李文,等. 异种脱细胞基质修复膜在头颈肿瘤切除术中的应用体会[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2015,50(7):579-582.
- [15] Li P, Li S, Yang X, et al. Application of xenogenic acellular dermal matrix in reconstruction of oncological hypopharyngeal defects[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2016,273(12):4391-4396.
- [16] Kim do Y, Kang SW, Kim DS, et al. Preventive effect of human acellular dermal matrix on post-thyroidectomy scars and adhesions: a randomized, double-blinded, controlled trial[J]. Dermatol Surg, 2015,41(7):812-820.
- [17] Liu C, Su Y, Tan B, et al. Reconstruction of attached soft tissue around dental implants by acellular dermal matrix grafts and resin splint[J]. Int J Clin Exp Med, 2014,7(12):4666-4676.
- [18] Taiyeb Ali TB, Shapeen IM, Ahmed HB, et al. Efficacy of acellular dermal matrix and autogenous connective tissue grafts in the treatment of gingival recession defects among Asians[J]. J Investig Clin Dent, 2015,6(2):125-132.
- [19] Agir H, Eren GG, Yasar EK. Acellular dermal matrix use in cleft palate and palatal fistula repair: a potential benefit?[J]. J Craniofac Surg, 2015,26(5):1517-1522.
- [20] El-Kassaby MA, Khalifah MA, Metwally SA, et al. Acellular dermal matrix allograft: An effective adjunct to oronasal fistula repair in patients with cleft palate[J]. Ann Maxillofac Surg, 2014, 4(2):158-161.
- [21] Cali Cassi L, Massei A. The use of acellular dermal matrix in the closure of oronasal fistulae after cleft palate repair[J]. Plast Reconstr Surg Glob Open, 2015,3(3):e341.
- [22] Chang M, Ahn SE, Baek S. The effect and applications of acellular dermal allograft (AlloDerm) in ophthalmic plastic surgery[J]. J Craniomaxillofac Surg, 2014,42(5):695-699.
- [23] Kim KY. Correction of lower eyelid retraction using acellular human dermis during orbital decompression[J]. Ophthal Plast Reconstr Surg, 2017,33(3):168-172.
- [24] Chen L, Gong B, Wu Z, et al. A new method using xenogenic acellular dermal matrix in the reconstruction of lacrimal drainage[J]. Br J Ophthalmol, 2014,98(11):1583-1587.
- [25] Maxwell GP, Gabriel A. Non-cross-linked porcine acellular dermal matrix in revision breast surgery: long-term outcomes and safety with neopeectoral pockets[J]. Aesthet Surg J, 2014,34(4):551-559.
- [26] Spear SL, Sher SR, Al-Attar A, et al. Applications of acellular dermal matrix in revision breast reconstruction surgery[J]. Plast Reconstr Surg, 2014,133(1):1-10.
- [27] Mowlds DS, Salibian AA, Scholz T, et al. Capsular contracture in implant-based breast reconstruction: examining the role of acellular dermal matrix fenestrations[J]. Plast Reconstr Surg, 2015, 136(4):629-635.
- [28] Reitsamer R, Peintinger F. Prepectoral implant placement and complete coverage with porcine acellular dermal matrix: a new technique for direct-to-implant breast reconstruction after nipple-sparing mastectomy[J]. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2015, 68(2):162-167.
- [29] 李峰永,李森恺,周传德,等. 自体口腔黏膜微粒联合脱细胞异体真皮基质再造阴道[J]. 中华整形外科杂志, 2015,31(1):29-33.

(收稿日期:2017-07-02)

本文引用格式:晋圣阳,赵博,蒋海越,等. 脱细胞组织基质在整形外科领域的应用进展[J]. 中国美容整形外科杂志, 2017,28(12):733-736. DOI:10.3969/j.issn.1673-7040.2017.12.009.