

半月板运动损伤的组织工程修复

裴彩利

Tissue-engineered repair of meniscus sports injury

Pei Cai-li

School of Physical Education, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, Henan Province, China

Pei Cai-li, Associate professor, School of Physical Education, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, Henan Province, China
beijing1975@126.com

Received: 2011-05-19
Accepted: 2011-08-16

Abstract

BACKGROUND: The self-restoring ability of meniscus injury is poor. Tissue-engineered methods provide the possibility for the meniscus function recovery.

OBJECTIVE: To review the treatment of meniscus injury, and to emphasize tissue-engineered repair of meniscus.

METHODS: An online search of PubMed database and Wanfang database was performed using key words of "meniscus, treatment, the measure, materials" in both English and Chinese for articles on meniscus injury and its medical materials published between January 1980 to March 2011. Articles related to the treatment and materials of meniscus were retained. Articles published recently or in authoritative journals were of priority.

RESULTS AND CONCLUSION: A total of 174 articles were obtained in initial search. According to the inclusion criteria, 35 articles were finally selected. Research shows that areas surrounding the cartilage have a certain self-repair ability. It has desirable effects on the later stage of conventional treatments for regularity laceration which preserves the tissue, and has very little influence on the conventional treatments for serious injury. The condition to make use of tissue-engineered methods for meniscus treatment is becoming increasingly diverse and matured. The selection and development of ideal material are important factors of restricting the rehabilitation effect.

Pei CL. Tissue-engineered repair of meniscus sports injury. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011; 15(46):8718-8721. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 半月板损伤后较难自我恢复, 组织工程学手段为其功能恢复提供了可能。

目的: 全面综述半月板损伤的治疗方法, 着重阐述了半月板的组织工程修复情况。

方法: 应用计算机检索 PubMed 和万方数据库中 1980-01/2011-03 关于半月板损伤及医用材料的文章, 在标题和摘要中以“半月板、治疗、措施、材料”或“meniscus, treatment, the measure, materials”为检索词进行检索。选择研究内容与半月板治疗措施及材料学选择相关的文章, 同一领域文献则选择近期发表或发表在权威杂志上的文章。

结果与结论: 初检得到 174 篇文献, 根据纳入标准选择 35 篇文章进行综述。研究发现软骨组织周边区域具有一定的自我修复功能, 对于规则性裂伤应进行保留组织进行传统疗法治疗, 后期效果较好, 对于较严重的损伤传统疗法却无能为力, 运用组织工程学手段对其进行治疗的材料学条件日趋多元与成熟, 理想材料的研制与选择是制约其康复效果的重要因素。

关键词: 半月板; 治疗; 措施; 材料; 组织工程

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.46.040

裴彩利.半月板运动损伤的组织工程修复[J].中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(46):8718-8721.

[http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

膝关节损伤多是由直接或间接暴力所引起的膝关节周围韧带、肌腱、关节囊等组织的损伤, 在很多的体育运动中膝关节损伤的现象时有发生, 以扭拧伤最为常见^[1]。膝关节软骨的损伤分为急性运动性损伤和慢性劳损性损伤。急性运动性损伤多是由于膝关节突然受到外力的冲击, 致使关节处于过伸、过屈并伴随旋转运动, 导致软骨与周围组织的纤维连接断裂, 软骨破裂, 软骨内部结构受损, 失去正常的生理功能, 关节腔内出现“关节鼠”, 即软骨碎片^[2]。无论急性损伤还是慢性劳损, 若不能得到及时有效的治疗, 随着时间的推移, 病变程度逐渐

加深, 病变范围逐渐扩大, 最终将会导致关节活动受限, 运动能力下降^[3]。组织工程学、基因工程、生物力学以及材料学等学科研究的深入, 为半月板损伤的治疗提供了新途径。文章全面综述了半月板损伤的治疗方法, 着重阐述了半月板的组织工程修复情况。

1 资料和方法

1.1 资料来源 由第一作者在 2011-03 进行检索。检索 PubMed 数据库, 网址 <http://www.ncbi.nlm.gov/PubMed>; 万方数据库, 网址 <http://www.wanfangdata.com.cn>。英文资料的检索时间范围为 1980/2011; 中文资料的检索时间范围为 1990/2011。英文检索词为“meniscus,

河南理工大学体育学院, 河南省焦作市 454000

裴彩利, 女, 1971 年生, 河南省焦作市人, 汉族, 1993 河南大学毕业, 副教授, 主要从事运动训练与康复保健学研究。
beijing1975@126.com

中图分类号:R318
文献标识码:B
文章编号:1673-8225 (2011)46-08718-04

收稿日期: 2011-05-19
修回日期: 2011-08-16 (20110409008/WLM-LX)

treatment, the measure, materials”, 中文检索词为“半月板、治疗、措施、材料”。

1.2 资料的纳入与排除标准

纳入标准: ①研究半月板生理特征与运动损伤因素的文章。②半月板传统手段治疗的文章。③生物材料在半月板损伤修复中的运用的文章。

排除标准: ①与此文目的无关的文献。②较陈旧的文献。③重复的同类研究。

1.3 对纳入文献的评价 计算机检索等到 174 篇文章, 基础研究和实验研究原著 105 篇, 综述 39 篇, 报告 4 篇, 临床研究 26 篇。阅读标题与摘要进行筛选, 排除与此文无关的文献。对于同一领域选择近期发表或在权威杂志上发表的文章。

2 结果

2.1 纳入文献基本情况 初检得到 174 篇文章, 中文 119 篇, 英文 55 篇。排除研究目的与此文无关的 102 篇, 内容重复的 37 篇, 共保留 35 篇文章做进一步分析。文献[1-6]介绍了半月板损伤因素及生理特征, 文献[7-15]研究了半月板损伤的传统治疗措施, 文献[16-35]研究了生物材料在半月板康复治疗中的运用情况。

2.2 文献证据综合提炼

2.2.1 半月板运动损伤与材料学移植术治疗机制 半月板是一种月牙状纤维软骨, 填充在股骨与胫骨关节间隙内, 分为内侧半月板与外侧半月板。其边缘部较厚, 与关节囊紧密连接, 中心部薄, 呈游离状态。内侧半月板呈“C”形, 前角附着于前十字韧带附着点之前, 后角附着于胫骨髁间隆起和后十字韧带附着点之间, 其外缘中部与内侧副韧带紧密相连。外侧半月板呈“O”形, 其前角附着于前十字韧带附着点之前, 后角附着于内侧半月板后角之前, 其外缘与外侧副韧带不相连, 其活动度比内侧半月板大^[4]。半月板属纤维软骨, 其本身无血液供应, 其营养主要来自关节滑液, 只有与关节囊相连的边部部分从滑膜得到一些血液供应, 局限在半月板边缘占半月板宽度的 15%~20% 的区域内, 因此, 除边缘部分损伤后可以自行修复外, 半月板破裂后很难自行修复^[5]。

半月板有增加股骨髁凹陷及衬垫股骨内外髁的作用, 具有吸收震荡、传递负荷、营养关节软骨、润滑和增加关节接触面积, 以保护关节面、缓冲震荡和维持关节稳定的功能。膝关节在正常伸屈及旋转时, 半月板随之前后及内外侧滑动。半月板的损伤与“半月板的矛盾运动”有关^[6]。最常见的情况是当膝关节半屈、小腿固定时大腿突然旋转, 或大腿固定而小腿旋转, 半月板可被股骨髁与胫骨面辗轧而致损伤。例如, 膝关节在屈伸过程中, 半月板的上面沿股骨髁的半月板区滑动, 小腿固定于外展、外旋位, 大腿突然内收、内旋并伸直膝关

节时, 由于人体重力作用线通过膝关节, 产生研磨及撕裂的力量, 容易伤及关节内未能迅速滑移的内侧半月板, 而小腿固定于内展、内旋位, 大腿突然外展、外旋并伸直膝关节时, 都可能引起外侧半月板损伤。另外, 膝关节在屈伸的同时又突然旋转, 在半月板的前、后角之间就存在矛盾方向的不同力量, 可将半月板撕裂, 这也是膝关节半月板损伤的典型机制。

Howell 等^[7]最新研究证明: 无论是康复期间还是最后的恢复结果, 部分切除的效果都要优于全部切除术。现在半月板撕裂外科治疗方面的共识是尽可能的保留有功能的半月板组织。对于损伤严重, 半月板不得不全切的情况, 则应采用相应的替代物, 设法重建半月板, 以维持膝关节的稳定性, 半月板移植术便应运而生^[8]。它包括自身组织移植再生半月板, 同种异体半月板移植, 异种异体组织移植等^[9-10]。有学者设想动用自体组织, 如肋软骨、肋骨膜、半膜肌、自体肌腱、脂肪垫等组织移植于膝关节内, 由此化生为半月板, 但移植的组织在化生的过程难如人意。同种异体半月板移植术, 由于半月板血供少, 对免疫反应有屏蔽的功能, 故免疫排斥反应较少, 短期内疗效较好, 远期效果尚不明确, 但存在供体来源困难, 供体半月板的大小、形态与受体膝关节匹配困难等因素, 另外还存在潜在的传播疾病的危险、贮存环节的问题。异体组织移植的材料成本低, 取材简单, 塑形方便, 且易于保存, 有一定的发展潜力, 但亦存在生物相容性等诸多问题。总之, 半月板移植技术目前尚处于实验阶段。

2.2.2 半月板损伤的组织工程修复 为解决半月板移植术中存在的困难, 人们早期应用聚羧乙酸、聚乳酸、不可吸收的聚四氟乙烯、碳素纤维聚合物等人工合成材料, 制作人工半月板, 但此种人工合成半月板的柔软性、蠕变性及生理功能难以达到人体自身半月板的要求, 仅起到填充支撑作用, 远期疗效不确切。随着组织工程学的发展与组织工程材料的不断成熟, 很多组织工程学的治疗技术也开始用于运动医学领域, 用以治疗半月板损伤。

人工生物材料作为药用材料方面的应用: 透明质酸是一种独特的线性大分子黏多糖, 由葡萄糖醛酸和 N-乙酰氨基葡萄糖的双糖单位反复交替连接而成。透明质酸广泛存在于动物和人体结缔组织细胞间质中, 在眼玻璃体、皮肤、脐带、软骨和关节滑液中含有较高, 血清中含量最低。近年来, 透明质酸作为一种可吸收可降解的生物材料, 并因其高度的黏弹性、可塑性、渗透性和良好的生物相容性, 作为药用材料在医药领域的应用中取得了显著进展^[11]。

透明质酸是构成关节软骨和滑液的主要成分, 当发生骨性关节炎、类风湿性关节炎以及其他感染性和非感染性关节疾病时, 透明质酸在关节内的产生和代谢即发生异常, 滑液中透明质酸的浓度和相对分子质量明显降低, 软骨发生降解和破坏, 导致关节生理功能障碍。

Mendoza 等^[12]用 Cu^{2+} 与过氧化氢反应模拟芬顿 (Fenton) 反应, 称为仿 Fenton 反应, 进一步验证了骨性关节炎、类风湿性关节炎均与透明质酸的降解有关。黏弹性补充疗法由此应运而生, 旨在通过补充外源性透明质酸, 恢复滑液的润滑功能, 以促进软骨修复, 改善关节功能。迄今为止, 大量的临床应用结果表明, 透明质酸对骨性关节炎、类风湿性关节炎等关节疾病的治疗效果明确、安全, 具有很好的应用前景。例如, 关节镜微骨折技术用于治疗关节软骨损伤可以促进骨髓间充质干细胞生长, 刺激软骨再生; 但这种再生的软骨是纤维软骨, 不是透明软骨, 而且要薄于正常软骨。而 Kang 等^[13]在采用关节镜微骨折技术治疗兔关节软骨损伤的基础上应用透明质酸凝胶, 组织学分析结果显示, 再生软骨的厚度明显大于无透明质酸凝胶组, 且更接近透明软骨, 表明透明质酸可明显促进骨折愈合。

半月板软骨组织的预制和再生: 将干细胞经体外培养扩增后, 接种到某种材料上, 形成细胞生物材料复合物, 再将细胞生物材料复合物种植到生物皮下, 在生物材料逐渐被机体吸收的过程中, 细胞自身分泌的基质就形成新的组织。

1991 年, Vacanti 等^[14]将软骨细胞接种于可吸收材料聚羧乙酸钠上, 再生了新的组织, 经证实为新生软骨。祝云利等^[15]通过实验采用纤维软骨细胞-胶原复合物构建再生“半月板样”组织, 研究指出, 将半月板纤维软骨细胞种植到胶原支架上形成细胞-支架复合物, 再将细胞-胶原复合物种植于裸鼠皮下而不是移植入关节腔内, 经过一段时间生成了类似于半月板的组织块。

再如, 骨膜生发层内存在间充质干细胞, 实验证实骨髓间充质干细胞在骨折愈合时发挥重要作用。Nakahara 等^[16]培养骨膜中的间充质干细胞时发现, 当细胞浓度达到 $2 \times 10^9 \text{ L}^{-1}$ 时, 其下层细胞能分化成软骨细胞, 研究证实骨膜具有再生软骨的能力, 可用来移植修复关节软骨缺损^[17]。骨髓中骨髓间充质干细胞增殖能力强, 具有多向分化能力, 是组织工程理想的种子细胞。植入软骨缺损区内的骨髓间充质干细胞可同时向成骨和成软骨方向分化, 能同时修复软骨和软骨下骨损伤, 修复效果因使用支架材料和生长因子的差异而有不同的报道。众多学者都曾对应用自体骨髓间充质干细胞及骨膜移植等方法来促进关节软骨缺损的修复进行过探讨, 但其各自的成软骨能力有限, 治疗效果欠佳^[18]。其中前者骨髓间充质干细胞丰富, 但细胞悬液体内移植时细胞容易流失, 如何固定细胞在缺损部位成为关注的焦点问题; 后者临床取材、固定方便, 但间充质干细胞数量有限。那么, 结合两者的优点是否可以明显促进关节软骨损伤的修复效果呢。米坤龙等^[19]通过实验初步证实, 自体骨膜移植固定经体外诱导培养的自体骨髓间充质干细胞能够促进关节软骨缺损的修复, 生成与自身相

适应的软骨, 但修复组织的生物力学性能以及如何促进新生修复组织与周围正常软骨组织的融合等问题还需要进一步研究解决。

转化生长因子 $\beta 1$ 基因修饰技术: 骨膜在成软骨的环境下可合成许多调节软骨细胞和软骨形成的生长因子, 所以骨膜可以作为生物组织工程中促进细胞增殖分化生长因子的来源。转化生长因子 β 是一族具有多种功能的多肽类生长因子, 可以调节多种细胞的生长和分化。转化生长因子 $\beta 1$ 可以诱导原始骨髓间充质干细胞分化形成软骨组织, 并具有促进软骨细胞增殖和成熟, 增加软骨细胞合成和分泌蛋白多糖的作用^[20]。在出生后的软骨损伤修复中, 转化生长因子 $\beta 1$ 也起着重要作用。Wei 等^[21]研究证实, 在兔关节软骨损伤后, 局部转化生长因子 $\beta 1$ 浓度升高可以促进骨髓间充质干细胞对关节软骨的修复。Worster 等^[22]对骨髓间充质干细胞体外培养时发现, 在培养基中加入转化生长因子 $\beta 1$ 可以诱导骨髓间充质干细胞定向分化为软骨细胞, 其 II 型胶原的表达与转化生长因子 $\beta 1$ 的剂量呈正相关。以往研究也证实, 使用 $10 \mu\text{g/L}$ 转化生长因子 $\beta 1$ 可诱导骨髓间充质干细胞向软骨细胞方向分化^[23]。

半月板人工支架材料的选择: 支架材料作为组织工程的要素之一, 其研究一直受到广大学者的重视。软骨组织工程支架材料要求具备特殊的物理、生化特性, 正确选择制备支架材料是当前软骨组织工程亟须解决的问题。理想的支架材料应该具有以下特征^[24]: 良好的生物相容性; 可降解性; 足够的孔隙结构, 促进细胞黏附与增殖的支架容积应能保持不变; 不易从缺损区脱落; 具有一定的弹性; 具有关节软骨的分层结构等。目前软骨组织工程支架材料在临床方面的应用成果情况见表 1。

表 1 软骨组织工程支架材料研究概述

分类	材料	结论
天然支架材料	主要包括: 胶原、明胶、纤维蛋白、壳聚糖、琼脂、糖胺多糖、藻酸盐、蚕丝蛋白等。	天然材料具有良好的生物相容性和可降解性, 但也具有很大的局限性。随着组织工程研究的逐步深入, 天然材料作为细胞生长的天然载体, 也正越来越受到学者们的质疑 ^[25] 。
合成支架材料	聚乙烯醇, 聚乳酸, 磷酸二钙, 聚乙丙酯, 聚氨酯, 聚乙烯氧化物, 聚 N-异丙基丙烯酰胺等。	目前运用较广泛的聚乙醇酸, 聚乳酸由于具有良好的生物相容性, 可降解性, 降解可调性等已被批准用于组织工程支架材料, 但其缺点制约着其良好的运用效果也是继续解决问题 ^[26] 。
复合支架材料	选用明胶等为基体材料, 戊二醛为交联剂, 聚磷酸钙纤维为增强材料等进行交联。	将不同的材料, 通过适当的工艺混合、加工来制备复合支架材料, 可以弥补单一材料的不足, 并增强复合的优势, 最大限度地满足组织工程的需要, 为组织工程材料的研究开辟了新的思路 ^[27] 。
可注射支架材料	主要有藻酸盐、纤维蛋白、聚乙烯醇、聚乙二醇等。	作为基质虽然存在降解过程不够稳定, 材料不利于细胞的增值和基质的合成以及机械强度低等缺点, 但因其具有固态支架材料无法比拟的优点, 从而拥有广阔的发展前景 ^[28] 。
仿生纳米支架材料	操纵原子和分子或原子团和分子团, 进行材料加工及创制具有特定功能的产品等。	构建具有类细胞外基质结构和功能的纳米纤维结构支架, 可为细胞的体外生长、发育和细胞间信号传递提供理想的微环境, 但技术尚未成熟 ^[29-30] 。

复合材料可以在很大程度上弥补单一材料的缺点与不足,为组织工程材料的研究开辟了新的思路。注射支架材料具有可注射性,及利于微创操作等固态支架材料无法比拟的优点,从而拥有广阔的发展前景,但可注射材料存在植入后降解过程不够稳定,很难形成三维多孔结构不利于细胞的增殖和基质合成,机械强度不够理想等缺点。构建具有类细胞外基质结构和功能的纳米纤维结构支架,可为细胞的体外生长、发育和细胞间信号传递提供理想的微环境,更有利于引导组织再生与修复,但此项技术尚处于研究初探阶段,相关优缺点仍需进一步探索。

3 讨论

关节内软骨中一般无血管,其营养主要通过周围组织和关节内滑液提供,故损伤后的修复较为困难,愈合较差。但是应根据半月板损伤位置、撕裂特点及严重程度等,选择恰当的康复治疗方式。半月板损伤后应尽量做微创手术,采取部分切除或者保守治疗,如果适合也可采取缝合或者移植,减少半月板缺失后对关节的影响。从大量研究资料来看,目前运用人工生物材料干预软骨损伤后的愈合与康复手段也日趋成熟与多样。组织工程学、基因工程、生物力学以及材料学等学科研究的深入,为半月板损伤的治疗提供了新途径。但人工生物材料在具体实践运用过程中,由于必须考虑其与人体的生物相容性、形状的匹配、附着性、韧性、强度等,选择理想的植入物较为困难。目前干细胞定向诱导及转化生长因子 $\beta 1$ 基因修饰术,通过调节多种细胞的生长和分化,诱导骨髓间充质干细胞向软骨细胞方向分化,为半月板的运动损伤康复提供了崭新的研究方向。

4 参考文献

- [1] 周谋望,李涛.胫骨平台骨折术后早期的运动治疗[J].中华物理医学与康复杂志,2008,30(9):646-647.
- [2] 吕康强.足球运动中膝关节半月板损伤的发生机理及预防[J].广州体育学院学报,2003,23(5):52-53.
- [3] 王先采,张伟,孙水等.关节镜下四股绳肌肌腱移植重建前交叉韧带术后康复[J].中华物理医学与康复杂志,2007,29(9):637-639.
- [4] 李瑞锡.膝关节半月板的区微解剖[J].解剖学报,1991,22(1):17.
- [5] Amoozky SP. Microvasculature of the human meniscus. Am J Sports Med. 1982;10:90-91.
- [6] 李峰.专项运动员半月板损伤的生理学及生物力学分析与预防对策[J].福建体育科技,2008,27(4):41-44.
- [7] Howell JR, Handoll HH. Surgical treatment for meniscal injuries of the knee in adults. Cochrane Database Syst Rev. 2000(2): CD001353.
- [8] 白波,赵景良.半月板损伤修复和移植术的研究进展[J].中国误诊学杂志,2009,9(23):5559-5560.
- [9] Kurzwel PR, Friedman MJ. Meniscus: Resection, repair, and replacement. Arthroscopy. 2002;18(2):33.
- [10] Kobayashi M. A study of polyvinyl alcohol hydrogel(PVA-H) artificial meniscus in vivo. Bioned Mater Eng. 2004;14(4):505.
- [11] 王超,张明春.透明质酸的制备及作为药用材料方面的应用进展[J].中国医药生物技术,2009,4(6):452-454.
- [12] Mendoza G, Alvarez AI, Pulido MM, et al. Inhibitory effects of different antioxidants on hyaluronan depolymerization. Carbohydr Res. 2007;342(1):96-102.

- [13] Kang SW, Bada LP, Kang CS, et al. Articular cartilage regeneration with microfracture and hyaluronic acid. Biotechnol Lett. 2008;30(3):435-439.
- [14] Vacanti C. Tissue engineering of articular cartilage. Current opinion in orthop. 1995;6(6):52-60.
- [15] 祝云利,蔡宗升,荆鑫,等.人工化活性半月板的预制和再生[J].中国临床康复,2001,5(12):44-45.
- [16] Nakahara H, Dennis JE, Bruder SP, et al. In vitro differentiation of bone and hypertrophic cartilage from periosteal-derived cells. Exp Cell Res. 1991;195(2):492-503.
- [17] 杨自权,卫小春,焦强,等.自体骨髓间充质干细胞移植修复兔关节软骨损伤[J].中华创伤杂志,2005,21(3):183-186.
- [18] Caplan AI, Bruder SP. Mesenchymal stem cells: Building blocks for molecular medicine in the 21st century. Trends Mol Med. 2001;7(6):259-264.
- [19] 米坤龙,段王平,李兵,等.自体骨膜复合骨髓间充质干细胞移植修复兔关节软骨缺损[J].中国组织工程研究与临床康复,2009,13(46):9066-9070.
- [20] 李鹏举,卫小春,李兵.兔自体骨髓间充质干细胞移植覆盖骨膜修复兔关节软骨缺损:与单纯骨膜覆盖及空白对照的比较[J].中国组织工程研究与临床康复,2008;12(47):9319-9322.
- [21] Wei X, Gao J, Messner K. Maturation-dependent repair of untreated osteochondral defects in rabbit knee joint. J Biomed Mat Res. 1997;34(1):63-72.
- [22] Worster AA, Nixon AJ, Brower-Toland BD, et al. Effect of transforming growth factor beta1 on chondrogenic differentiation of cultured equine mesenchymal stem cells. Am J Vet Res. 2000; 61(9):1003-1005.
- [23] 王俊芳,夏仁云,方焯,等.脉冲电磁场对免疫磁性分选人前软骨干细胞增殖功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2009,31(5):296-300.
- [24] Wambach BA, Cheung H, Josephson GD. Cartilage tissue engineering using thyroid chondrocytes on a type I collagen matrix. Laryngoscope. 2000;110(12):2008-2011.
- [25] 张文林,刘丹平.软骨组织工程载体材料的研究与进展[J].中国组织工程研究与临床康复,2009,13(12):2329-2332.
- [26] Rotter N, Ung F, Roy AK, et al. Role for interleukin 1alpha in the inhibition of chondrogenesis in autologous implants using polyglycolic acid-poly(lactic acid) scaffolds. Tissue Eng. 2005; 11(1-2):192-200.
- [27] Chen G, Sato T, Ushida T, et al. Tissue engineering of cartilage using a hybrid scaffold of synthetic polymer and collagen. Tissue Eng. 2004,10(3-4):323-330.
- [28] 韩宁波,赵建宁.软骨组织工程支架材料的研究进展[J].医学研究生学报,2010,23(1):94-96.
- [29] Janjanin S, Li WJ, Morgan MT, et al. Mold-shaped, nanofiber scaffold-based cartilage engineering using human mesenchymal stem cells and bioreactor. J Surg Res. 2008;149(1):47-56.
- [30] Li WJ, Tuli R, Okafor C, et al. A three dimensional nanofibrous scaffold for cartilage tissue engineering using human mesenchymal stem cells. Biomaterials. 2005;26(6):599-609.

关于作者:裴彩利进行构思并设计本综述,并独自完成了对资料的收集、数据的解析、文字的起草以及校审等工作。

利益冲突:课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

此问题的已知信息:关节内软骨中一般无血管,其营养主要通过周围组织和关节内滑液提供,故损伤后的修复较为困难,愈合较差。但是应根据半月板损伤位置、撕裂特点及严重程度等,选择恰当的康复治疗方式,现代组织工程学手段为修复半月板损伤提供了一种新的可能。

本综述的增加信息:干细胞定向诱导及转化生长因子 $\beta 1$ 基因修饰术,通过调节多种细胞的生长和分化,诱导骨髓间充质干细胞向软骨细胞方向分化,组织工程技术治疗半月板损伤必将在临床领域获得更大进展。

临床应用的意义:不同程度的半月板损伤患者应采用恰当的康复治疗方式,在多样性的组织工程学治疗措施中,干细胞定向诱导及转化生长因子 $\beta 1$ 基因修饰术为半月板康复治疗提供了崭新的研究方向。