

· 基础研究 ·

分米波防治屈肌腱粘连机制的实验研究

田德虎 郭明珂 米立新 韩久卉 张经歧 张仲 杨联平

【摘要】 目的 研究分米波对肌腱粘连和愈合的影响。方法 选用 28 只白色 Leghorn 鸡,随机平均分为 A 组(术后分米波治疗组)和 B 组(手术对照组),将趾深屈肌腱切断、修复,术后 1 d~3 周 A 组足爪局部用分米波治疗,B 组不行分米波治疗。每组动物分别于术后 3、6 周随机处死 7 只,进行大体和光镜、电镜观察及生物力学检测。结果 大体和组织学观察见 A 组粘连明显减少,电镜检查 A 组成纤维细胞蛋白合成代谢较 B 组更旺盛。生物力学检测显示 A 组肌腱滑动距离、康复顺应性、抗张力强度均大于 B 组($P < 0.01$)。结论 分米波可有效地促进肌腱愈合,减少肌腱粘连,为肌腱损伤修复术后的早期康复训练提供了必要的条件,是防治肌腱粘连理想的辅助措施。

【关键词】 分米波; 屈肌腱; 粘连; 腱愈合; 肌腱损伤

Effects of decimeter wave on tendon adhesion formation after flexor tendon repair in chickens TIAN De-hu*, GUO Ming-ke, MI Li-xin, HAN Jiu-hui, ZHANG Jing-qi, ZHANG Zhong, YANG Lian-ping. * Hand surgeon department, the third hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050051, China

【Abstract】 Objective To assess the effect of decimeter wave therapy on tendon adhesion and healing after flexor tendon repair in Leghorn chickens. Methods Twenty-eight white Leghorn chickens aged 4 months were used and underwent the flexor digitorum profundus tendons transection and repair, and then divided into a decimeter treatment group and a control group. Decimeter wave therapy was applied to the toes for those in the decimeter wave-treatment group from 1 day to 3 weeks postoperatively. At 3, 6 weeks postoperation, repaired tendons and tendon adhesions were examined macroscopically and histologically, and the tissue blocks from tendons repair site were examined by transmission electron microscopy. Results Peritendinous adhesions in treatment group were looser, and tendons healing status was better as compared with the control group by macroscopic and histological observations at 3, 6 weeks postoperation. Electron microscopy revealed more fibroblasts with active metabolism and more collagen formation in decimeter wave-treatment group than in the control group. At 3, 6 weeks, the length of tendon gliding and extent of yieldance to exercise was larger and the ultimate breaking strength was stronger in decimeter wave-treatment group than in the control group ($P < 0.05$). Conclusion Topical decimeter wave therapy can reduce tendon adhesions after flexor tendon repair. Under decimeter wave therapy, the tendon intrinsic healing was accelerated, and the extrinsic healing mechanism was inhibited.

【Key words】 Decimeter wave therapy; Flexor tendons; Tendon healing; Adhesions; Tendon injuries

肌腱损伤是手外科中的多发外伤,在肌腱修复术之后常因肌腱粘连影响临床疗效。田德虎等^[1]在临床上对屈肌腱损伤术后患者进行局部分米波照射,发现分米波能有效地促进肌腱愈合,减少了肌腱粘连,改善术后手部功能。本课题采用 Leghorn 鸡趾屈肌腱损伤模型,肌腱修复术后局部应用分米波治疗,通过组织学、细胞生物学和生物力学检测方法分析,探讨分米波在防治肌腱损伤术后粘连、促进肌腱愈合的机制,为临床应用提供理论依据,以期更好地指导临床。

材料与方法

一、实验动物和分组

本实验选用 4 个月月龄健康雄性白色 Leghorn 鸡 28 只,体重(1.53 ± 0.068) kg,随机分为 A 组(术后分米波治疗组)、B 组(手术对照组),每组 14 只。本实验选用 Leghorn 鸡双足第Ⅲ、Ⅳ趾为肌腱损伤模型趾。

二、实验方法

常规麻醉、消毒,驱血后大腿中部束橡皮条止血带,取足趾近侧指间关节为中心的 Bruner 皮肤切口,于趾间关节伸直位趾浅屈肌腱 Camper 交叉远侧 3 mm、长腱组入腱点近侧锐性横断趾深屈肌腱,以 6-0 尼龙无损伤缝合线作改良 Kessler 法腱内缝合,8-0 无损伤缝线作肌腱周边、腱鞘单纯连续缝合,术

基金项目:河北省科技厅资助课题(No. 012761117)

作者单位:050051 石家庄,河北医科大学第三医院手外科(田德虎、韩久卉、张经歧),康复科(米立新、张仲、杨联平);解放军 260 医院外科(郭明珂)

后将踝关节及跖趾关节屈于 90° 位、趾间关节伸直位以石膏托及胶布固定,第Ⅲ、Ⅳ趾手术部位暴露,术后 3 周去除外固定让鸡自由活动。A 组动物于术后第 1 天至术后 3 周俯卧位双腿后伸足爪跖侧用分米波照射,频率 915 MHz,功率 8 W,辐射距离 10 cm,每日 1 次,每次 10 min。B 组于 A 组治疗的同时以相同体位固定于相同型号实验台,不行分米波治疗进行空白对照。

三、指标观察和检测方法

分别于术后 3、6 周自每组动物中随机处死 6 只,进行以下检测。

1. 大体解剖观察:术后 3、6 周每足第Ⅲ趾切开腱鞘用于肉眼观察腱鞘病理性改变以及肌腱愈合、粘连情况,并按照 Tang^[2] 提出的肌腱粘连大体观察分级进行分级计数。

2. 光镜观察:切取以肌腱吻合口为中心的长约 1 cm 的包裹腱鞘的趾深屈肌肌腱段,分别进行 HE 和 Masson 染色。术后 6 周标本按照 Tang^[3] 提出的和肌腱愈合组织学分级系统分级计数。

3. 电镜观察:术后 3 周自第Ⅲ趾趾深屈肌肌腱缝合中心部切取 $1\text{ mm} \times 1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ 大小的组织块透射电镜观察。

四、生物力学检测

1. 肌腱滑动距离:术后 3 周、6 周,解剖出各足第Ⅲ趾趾深屈肌肌腱,切断其向各趾的分支。自踝关节水平离断足爪,将第Ⅲ趾趾深屈肌肌腱近端与生物力学实验机拉力臂相连,设定拉伸速度为 20 mm/min ,最大拉力为 2.94 N ,自第Ⅲ趾趾间关节自然中立位开始向近端牵拉,达到平衡时记录肌腱滑动距离 M_1 (由实验机相连的计算机同步测量并记录滑动距离), M_1 由肌腱粘连的范围、性状决定,反映肌腱的粘连程度。之后放松牵引以原拉伸速度,最大拉力 9.8 N ,由牵引、平衡至松弛反复 5 次康复活动后再次以拉伸速度 20 mm/min ,最大拉力 2.94 N 测定肌腱滑动距离 M_2 ,为肌腱康复后滑动距离。本实验引入汤锦波^[4] 提出的康复顺应性的概念,由 $(M_2 - M_1) / (\text{康复活动次数} \times \text{康复拉力})$ 计算得出。因本实验中康复顺应性测定中康复活动次数和康复拉力均相同,所以本实验用 $M_2 - M_1$ 的数值代表康复顺应性。

2. 肌腱抗张力强度测定:最后将第Ⅲ趾趾深屈肌肌腱自肌腱近端至止点从腱鞘内小心锐性游离出来,将肌腱断端直接夹持于生物力学实验机两侧拉力臂上,以拉伸速度 20 mm/min 牵拉至肌腱自吻合口部断裂,由实验机相连计算机同步测量并记录肌腱的最大抗张力强度。

五、统计学分析

采用 SPSS 11.0 for Windows 统计软件,计数资料采用非参数两个独立样本 Mann-Whitney 检验,计量资料采用独立样本的 t 检验。检验水准 α 取 0.05。

结 果

一、大体观察

1. 术后 3 周:2 组腱鞘及腱周组织充血、水肿基本消退,A 组腱周多为较疏松的粘连,愈合良好(图 1),而 B 组肌腱腱周有广泛致密的粘连,钝性不易分离(图 2)。



图 1 术后 3 周 A 组肌腱愈合、粘连大体观察,肌腱愈合良好,粘连疏松,易分离

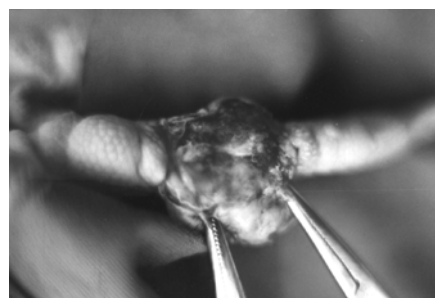


图 2 术后 3 周 B 组肌腱愈合、粘连大体观察,腱周粘连致密,钝性不易分离

2. 术后 6 周:A 组肌腱愈合良好,表面光滑,多为少许薄膜粘连,偶有无粘连;B 组肌腱愈合好,肌腱表面光滑,塑性差,腱周粘连较术后 3 周、4 周时明显疏松,有一定滑动度,钝性可分离。

二、组织学观察

1. 术后 3 周:2 组肌腱吻合口局部增生的成纤维细胞均明显增多,产生大量的排列紊乱的胶原纤维充填、连接吻合口。A 组肌腱内很少见到炎性细胞,腱周粘连局限、疏松;而 B 组肌腱内仍可见到少量的炎性细胞聚集,腱周粘连致密。

2. 术后 6 周:A 组肌腱吻合口内的胶原纤维排列整齐,接近正常肌腱组织(图 3),横切片可见断面胶原纤维排列规则,肌腱表面光滑,与腱鞘间无粘连或轻度丝状粘连;B 组肌腱吻合口内的胶原纤维排列趋于一致(图 4),横切片可见断面胶原纤维排列不整,愈合差,表面不光滑,仍多见腱周粘连。

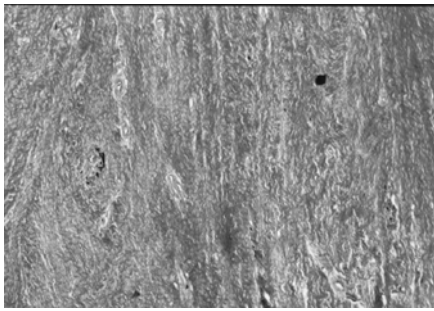


图3 术后6周肌腱吻合口光镜观察,胶原纤维排列整齐,与肌腱纵轴平行,接近正常肌腱组织(Masson,纵切片,×100)

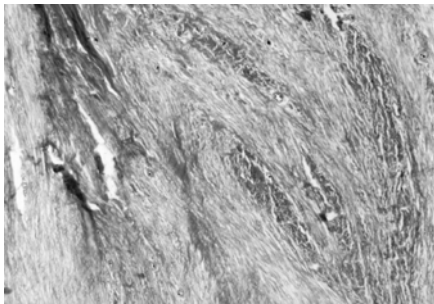


图4 术后6周肌腱吻合口光镜观察,吻合口胶原纤维排列趋于一致,相对A组仍较紊乱(Masson,纵切片,×100)

三、透射电镜观察

术后3周B组电镜切片中成纤维细胞多见,核大,可见粗面内质网增多、扩张,细胞周围见散在的纵横交错的胶原原纤维,周期性横纹模糊;A组切片中成纤维细胞内有极丰富的粗面内质网,较B组扩张更明显,绝大多数扩张成池状,腔内充满低电子密度的分泌物,周围可见大量的排列紊乱的新生胶原原纤维。

四、肌腱粘连、愈合分级

术后3周、6周肌腱粘连大体观察分级见表1、表2,术后6周肌腱愈合组织学分级见表3。

表1 术后3周肌腱粘连大体观察分级(例)

组别	n	无粘连	轻度	中度	重度
A组	14	0	8	4	2
B组	14	0	3	6	5

注:2组比较, $P < 0.05$

表2 术后6周肌腱粘连大体观察分级(例)

组别	n	无粘连	轻度	中度	重度
A组	14	2	9	3	0
B组	14	0	5	7	2

注:2组比较, $P < 0.05$

表3 术后6周肌腱愈合组织学分级(例)

组别	n	优	良	可	差
A组	14	4	8	1	1
B组	14	1	5	6	2

注:2组比较, $P < 0.05$

五、生物力学检测

术后3周、6周肌腱滑动距离康复顺应性测定结果见表4。术后3周、6周肌腱抗张力强度测定结果见表5。

表4 肌腱滑动距离康复顺应性测定结果(mm, $\bar{x} \pm s$)

组别	3周		6周	
	M_1	$M_2 - M_1$	M_1	$M_2 - M_1$
A($n = 14$)	5.37 ± 1.06	1.04 ± 0.65	6.76 ± 1.52	1.58 ± 0.46
B($n = 14$)	4.43 ± 1.03	0.63 ± 0.31	5.33 ± 1.27	1.47 ± 0.26
t 值	2.391	2.106	2.697	0.765
P 值	< 0.05	< 0.05	< 0.05	> 0.05

表5 肌腱抗张力强度测定结果(N, $\bar{x} \pm s$)

组别	肌腱抗张力强度	
	3周	6周
A($n = 14$)	26.93 ± 4.80	47.12 ± 7.76
B($n = 14$)	21.29 ± 4.88	38.96 ± 7.52
t 值	3.086	2.826
P 值	< 0.01	< 0.01

讨 论

肌腱的愈合包括内源性愈合和外源性愈合两种途径,外源性愈合过程是腱周组织粘连带入血运和修复细胞完成,粘连是修复反应的基本成分。内源性愈合过程是通过肌腱细胞本身增生,并合成、分泌胶原修复损伤,是一种非粘连依赖性的愈合。促进内源性愈合的发生,减少外源性愈合成分的参与,是解决肌腱粘连问题所努力的方向。

一、分米波的特性和治疗作用

分米波是一种高频电磁波,分米波治疗的非热效应明显,剂量准确,作用均匀,透入深。分米波局部应用具有明显的抗炎作用,改善局部血液循环、营养、代谢和止痛作用。另外,分米波治疗具有非热效应,即在治疗中人体不感到热的条件下所出现的生理和治疗作用,如各种组织损伤修复及再生加速现象^[4]。

二、分米波对肌腱粘连、愈合的影响

1. 减少外源性愈合:肌腱损伤早期,由损伤细胞的酶分解产物(化学介质)诱发局部组织的炎症反应,大量的炎症渗出充填至肌腱断裂处,以及腱周血肿的机化形成腱鞘与肌腱的早期粘连,从而启动了外源性愈合修复机制。早期行分米波治疗可以增加局部血液循环、减轻局部水肿、促进血肿和炎症渗出物的吸收、加快血管活性物质的清除和抗炎类激素的形成,从而减少局部炎症反应、缩短炎症过程。肌腱损伤早期有效的抗炎作用可以降低局部细胞因子的产生,从而减少了对滑膜鞘、腱周组织中的成纤维细胞的趋化作用,明显抑制腱周粘连的早期形成^[5]。

2. 促进内源性愈合:肌腱损伤术后改善肌腱血

运,加强肌腱营养是促进肌腱内源性愈合、减少外源性愈合的必要条件^[6]。术后早期应用分米波治疗,刺激了血管周围间质神经网络而引起轴突反射可使手部、指部血管以及肌腱内小动脉和毛细血管扩张,加强肌腱内未损伤血管的代偿作用,增加血液循环,促进组织代谢,加速肌腱外膜、内膜和腱细胞的增生,促进内愈合^[7]。同时血液循环的增加可减轻腱端、腱周组织和腱鞘水肿,减少腱端坏死和促进坏死组织机化、吸收,加速肌腱内源性愈合进程。另外,分米波的组织内动作用可使组织离子、体液、细胞之间的接触、交换增加^[8],以及分米波治疗的非热效应均可加速组织损伤的修复与再生。

中晚期行分米波治疗可使组织分子产生剧烈运动,促使胶原纤维按照肌腱的应力方向有规律地重新排列,有助于肌腱修复过程中胶原纤维选择性的良好塑形^[9]。同时分米波促进滑膜分泌滑液,进一步改善肌腱营养和滑动功能^[1]。

3. 分米波治疗和早期的功能训练:肌腱损伤术后早期控制性的功能训练是防治肌腱粘连的重要措施^[10],而患者早期训练导致局部疼痛加剧和肌腱再断的发生是影响早期功能训练的主要因素。本实验证实分米波治疗加速肌腱愈合,提高肌腱的抗张力强度,从而减少功能训练时肌腱的再断率,并可增加肌腱粘连的康复顺应性,提高了康复训练的有效率,加上分米波治疗的镇痛作用,为早期功能训练提供了各种必要条件。总之,分米波治疗促进肌腱的内愈合,加速肌腱的修复,增加肌腱的抗张强度,保证了早期的功能训练,

减少肌腱的外愈合和肌腱粘连的形成,增加肌腱的滑动性和康复顺应性,而肌腱粘连的减轻和康复顺应性的增大又可增加功能训练的幅度和有效性,增大应力对腱外膜细胞的刺激,进一步促进肌腱的内愈合,其作用机制互为因果,相辅相成。

参 考 文 献

- 1 田德虎,张继春,韩久卉,等. 分米波在手部屈肌腱修复术后康复中的应用. 河北中医学院学报,1995,10:91-93.
- 2 Tang JB, Ishii S, Usui M, et al. Dorsal and circumferential sheath reconstructions for flexor sheath defect with concomitant bony injury. J Hand Surg, 1994,19:61-69.
- 3 Tang JB, Shi D, Zhang QG. Biomechanical and histologic evaluation of tendon sheath management. J Hand Surg, 1996,21:900-908.
- 4 李维礼. 实用理疗学. 第2版. 北京:人民卫生出版社,1990. 98-107.
- 5 Szabo RM, Younger E. Effects of indomethacin on adhesion formation after repair of zone II tendon lacerations in the rabbit. J Hand Surg, 1990,15:480-483.
- 6 汤锦波,侍德,石井清一. 各种伤情下屈肌腱的愈合及粘连形成. 手外科杂志,1992,8:31-35.
- 7 徐永清,李主一,翁龙江,等. 氩-氟激光对肌腱损伤修复影响的实验研究. 中华手外科杂志,1993,9:232-234.
- 8 李维礼. 创伤理疗学. 北京:人民卫生出版社,1985. 71-72.
- 9 尚玉华. 手部屈肌腱粘连的分米波防治. 中华理疗杂志,1999,22:243-244.
- 10 Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP 3rd, et al. Flexor tendon forces: in vivo measurements. J Hand Surg, 1992,17:291-298.

(收稿日期:2003-05-26)

(本文编辑:郭正成)

· 研究简报 ·

脉冲磁场对老年大鼠肠系膜微循环血栓形成的影响

黄乃艳 王秋华 陈虹霞 张丽

老年人由于动脉硬化、血液粘滞度高,容易形成血栓,造成重要器官局部缺血、功能受损。磁场可扩张微循环、降低血液粘滞度^[1,2],但对血栓形成是否有预防作用,尚无文献报道。本研究应用脉冲磁场对老年大鼠曝磁后,观察光化学法诱导的肠系膜微循环血栓的形成过程,探讨脉冲磁场对血栓形成的影响,以了解其对老年栓塞性疾病是否具有预防作用。

一、资料与方法

(一)实验材料

Wistar 大鼠 24 只,由解放军总医院动物室提供,平均月龄 20 个月,雄性体重 600~700 g,雌性体重 400~500 g。

基金项目:中央保健办保健专项基金课题(解 C-029)

作者单位:100853 北京,解放军总医院理疗科(黄乃艳、王秋华),激光科(陈虹霞、张丽)

脉冲磁场处理采用安徽产脉冲磁疗机,频率 80 次/min,磁场强度 0.6 T。激光照射采用清华大学提供的半导体激光器,连续光,波长 532 nm,功率密度 100 mW/cm²;PSD-007 光敏剂由第二军医大学提供。实验观察采用 OlympusBH2 型活体微循环显微镜及 PanasonicNV-HD82 型录像机。

(二)方法

1. 实验分组及脉冲磁场处理方法:24 只 Wistar 大鼠随机分为对照组、实验 1 组与实验 2 组,每组各 8 只,雌雄各半。实验 1 组脉冲磁场预处理 10 d,每日 1 次,每次 20 min;实验 2 组仅进行 1 次脉冲磁处理,40 min;对照组未经脉冲磁场处理。磁处理方法:大鼠清醒状态,将 2 个磁极对置于大鼠两侧,磁极间距 20 cm,使大鼠全身曝磁。

2. 肠系膜细静脉血栓制作及观察方法:实验 1 组距末次磁处理后 24 h、实验 2 组磁处理后即刻,用 20% 乌拉坦以