论著

文章编号:1000-5404(2005)08-0782-04

自体与同种异体骨-髌腱-骨重建前交叉韧带术后胫骨骨隧道演变过程的MRI对比研究

向芳友[1],杨 柳[1],郭 林[1],陈光兴[1],陈 伟[2],文亚名[2],唐康来[1] (第三军医大学西南医院:[1]关节外科中心,[2]放射科,重庆 400038)

提 要:目的 利用MRI比较自体与同种异体骨-髌腱-骨(bone-patellar tendon-bone, B-PT-B)重建前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)术后胫骨骨隧道的变化过程。**方法** 将50例B-PT-B重建ACL患者,分成A、B两组,A组为自体组20例,B组为同种异体组30例。分别于术后1、6周、3~4、5~6、7~8、9~10、12~13、15~16、18~19、21~22个月进行磁共振(magnetic resonance image, MRI)检查,采用胫骨骨隧道斜轴状位扫描技术,扫描序列包括:T1WI、T2WI、GE-T1WI、GE-STIR。动态观察骨隧道内的MRI信号变化,并比较术后6周、3~4、5~6个月骨隧道扩大情况。**结果** 术后6周骨隧道扩大增幅最为显著($P<0.05$)。术后3个时间段上比较两组骨隧道扩大程度均无显著性差异($P>0.05$)。MRI动态观察发现,A组术后5~8个月,移植物与骨隧道之间已发生骨性愈合;而B组将延迟到术后7~13个月。**结论** MRI是准确评价骨隧道的一种无创手段;同种异体B-PT-B在胫骨骨隧道内的愈合相对延迟;自体组与同种异体组术后胫骨骨隧道扩大的程度基本相当。

关键词: 前交叉韧带;磁共振成像;骨-髌腱-骨;骨隧道扩大

中图法分类号: R322.71; R445.2; R684 **文献标识码:** A

A comparative MRI analysis of tibial tunnel after anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar-bone from autograft and allograft

XIANG Fang-you[1], YANG Liu[1], GUO lin[1], CHEN Guang-xing[1], CHEN Wei[2], WEN Ya-ming[2], TANG Kang-lai[1] ([1]Center of Joint Surgery, [2]Department of Radiology, Southwest Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400038, China)

Abstract: Objective To evaluate the tibial tunnel following anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction with bone-patellar tendon-bone from autografts or allografts by MRI. **Methods** Fifty patients who underwent ACL reconstruction were divided into group A ($n=20$) and group B ($n=30$). MRI examinations were performed on each patient periodically after surgery at 0.2T with spin echo T1 weighted, T2 weighted, gradient echo T1 weighted and gradient echo STIR oblique axial images. Cross-sectional area (CSA) perpendicular to the long axis of the tibial tunnel was calculated digitally at three levels. **Results** The percentage of the tibial tunnel enlargement was significantly higher within the first 6 weeks after surgery ($P<0.05$), yet there existed no significant difference between group A and group B at 6 weeks, 3 to 4 months and 5 to 6 months after surgery. Bone plug healing, with disappearance of the low-signal-intensity interface between the graft and osseous tunnel had achieved by 5 to 8 months after surgery in group A and 7 to 13 months in group B. **Conclusion** MRI evaluation using digital direct CSA measurement provided a highly accurate and harmless method for tibial tunnel assessment. MRI analysis showed there was a slower healing process in the tibial tunnel of allograft group, yet there existed no significant difference of tibial tunnel enlargement between autograft group and allograft group.

Key words: anterior cruciate ligament; MRI; bone-patellar tendon-bone; bone tunnel enlargement

近年来,ACL重建术后出现骨隧道扩大现象见诸报道[1]。为了探讨不同移植材料对前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)重建术后骨隧道扩大的影响,我们采用胫骨骨隧道斜轴状位扫描技术对2003年2月至2004年12月期间在本中心行自体或同种异体骨-髌腱-骨(bone-patellar tendon-bone, B-PT-B)移植重建ACL患者术后胫骨骨隧道的变化情况进行了磁共振对

作者简介:向芳友(1973-),男,湖南省邵阳市人,硕士研究生,主治医师,主要从事关节微创外科方面的研究。电话:(023)60608420, E-mail: xfy0716@sina.com

通讯作者:杨 柳,电话:(023)68765280

收稿日期:2005-01-25;修回日期:2005-03-02

比分析。

1　资料与方法

1.1　临床资料

本组 50 例均来自于西南医院关节外科中心的临床住院病例，分成两组：A 组（自体组）20 例，男 12 例，女 8 例，年龄（32.7 ± 15.6）岁，左膝 11 例，右膝 9 例；B 组（同种异体组）30 例，男 21 例，女 9 例，年龄（33.1 ± 14.8）岁，左膝 18 例，右膝 12 例。所有患者均于术后 1、6 周、3 ~ 4、5 ~ 6、7 ~ 8、9 ~ 10、12 ~ 13、15 ~ 16、18 ~ 19、21 ~ 22 个月进行 MRI 检查。

1.2　手术方法

A 组取同侧 B-PT-B，B 组取 - 80 ~ - 70 ℃深低温组织库保存的同种异体 B-PT-B 进行重建。两组均由同一术者完成，在 Smith & Nephew 超三晶数字化关节镜系统下采用该公司提供的 ACL 重建定位器械与可吸收界面挤压螺钉进行等长重建。胫骨骨隧道直径选择 12 mm。

1.3　术后康复程序

术后 1 ~ 2 d 冰敷，卧床膝关节处于伸直状态，术后第 2 天即开始膝关节活动范围（range of motion，ROM）训练，术后第 1 周要求膝关节屈曲达 90°，第 2 周达 105°，第 3 周达 125°，第 4 周屈膝完全正常。术后 1 ~ 2 d 拔除引流后即可在能够忍受疼痛的情况下负重行走。术后扶拐 1 周，3 周后开始进行闭链训练，6 周后开始开链训练，3 个月开始跑步训练，A 组 6 个月内避免患侧膝关节剧烈剪切、旋转运动，B 组 12 个月内避免患侧膝关节剧烈剪切、旋转运动。

1.4　胫骨骨隧道 MRI 扫描及测量

使用四肢关节磁共振（意大利 Esaote 公司 Artoscan-C），磁场 0.2 T。病人仰卧，膝关节伸直外旋 10° ~ 20°。采用胫骨骨隧道斜轴状位扫描技术[3]，扫描方位与胫骨骨隧道垂直。扫描序列及主参数选择：自旋回波（SE）：T1WI：TR/TE = 800/26 ms、T2WI：TR/TE = 3 000/80 ms。梯度回波（gradient echo，GRE）：GE-T1WI：TR/TE = 480/16 ms，翻转角 75°；GE-STIR：TR/TE = 1 240/16 ms，翻转角 90°。视野 18 cm，矩阵 256 × 256，层厚 4 mm，激励次数除 GE-T1WI 为 3 次外，其余序列均为 2 次。分别测量关节面下方 1 cm，隧道外口上方 1 cm 以及隧道中点 3 个部位横截面的面积。胫骨骨隧道扩大百分比（%）= [（骨隧道测量值 - 首次骨隧道测量值）/首次骨隧道测量值] × 100%，取平均值。

1.5　统计学处理

结果以（$\bar{x} \pm s$）% 表示，两组之间的比较采用 t 检验。

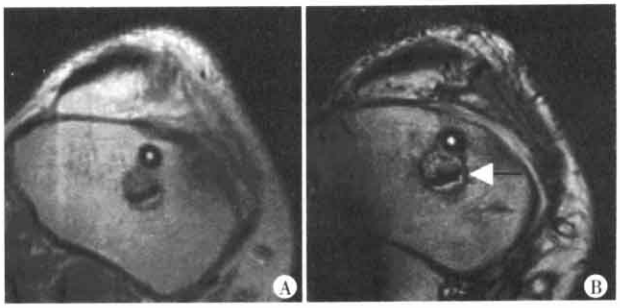
2　结果

2.1　MRI 资料收集

术后共获得 1 周 50 例（A20、B30）、6 周 50 例（A20、B30）、3 ~ 4 个月 45 例（A18、B27）、5 ~ 6 个月 41 例（A16、B25）、7 ~ 8 个月 36 例（A15、B21）、9 ~ 10 个月 31 例（A12、B19）、12 ~ 13 个月 28 例（A11、B17）、15 ~ 16 个月 25 例（A9、B16）、18 ~ 19 个月 21 例（A7、B14）、21 ~ 22 个月 15 例（A6、B9）的 MRI 资料。

2.2　GE-T1WI 像与 T1WI 像的比较

术后 3 ~ 4 个月内，GE-T1WI 上骨道壁呈印戒状的低信号区，GE-T1WI 较 T1WI 更能清晰地显示骨隧道的边界（图 1）。术后 3 ~ 4 个月以后，T1WI 上骨隧道边界清楚可见。



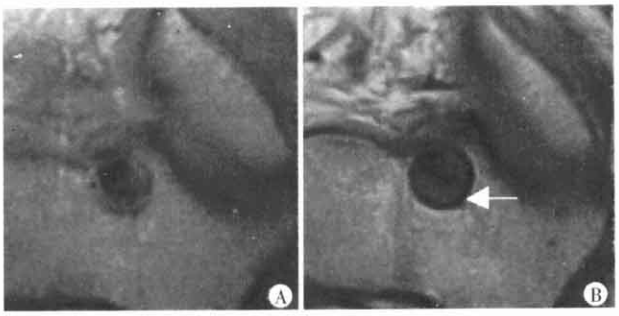
A：The border of the tibial tunnel was difficult to distinguish on T1-weighted oblique axial image；B：Ring-shaped low signal intensity area（arrow head）was clearly observed on gradient echo T1-weighted oblique axial image

图 1　T1WI 像（A）与 GE-T1WI 像（B）的比较

Fig 1　Comparison of oblique axial image between T1-weighted（A）and gradient echo T1-weighted sequence（B）

2.3　骨隧道的动态观察

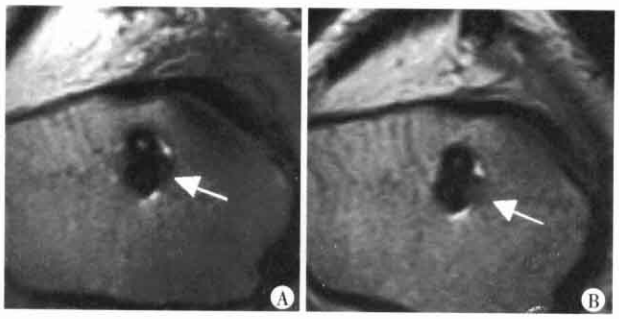
术后 6 周内骨道壁较薄，T1WI 与 T2WI 上可见移植物与骨道壁之间存在液性信号；术后 3 ~ 4 个月骨道壁增厚，骨隧道内不再有关节液渗入；术后 5 ~ 6 个月骨道壁最厚（图 2），此后骨道壁渐变薄，骨隧道大小形状相对稳定。当移植骨瓣与骨道壁发生骨性愈合，T1WI 上移植骨瓣与骨道壁之间的低信号边界消失（图 3），而在 GE-STIR 上除界面螺钉周围仍存在少许高信号外，骨隧道内呈低信号。术后 5 ~ 6 个月，A 组 16 例，其中 4 例已发生骨性愈合，而 B 组 25 例无 1 例发生骨性愈合，其中有 3 例出现明显的骨吸收现象（图 4）；术后 7 ~ 8 个月 A 组 15 例已全部发生骨性愈合，B 组 21 例中有 7 例发生骨性愈合；术后 9 ~ 10 个月，B 组 19 例中有 13 例已发生骨性愈合；术后 12 ~ 13 个月，B 组 17 例全部发生骨性愈合。



A：3 months after implantation；B：6 months after implantation. The thickness of the ring-shaped low signal intensity（white arrow）along the tibial tunnel wall was significantly increased at 6 months after surgery

图 2　术后 3 个月（A）与术后 6 个月（B）骨隧道壁的比较

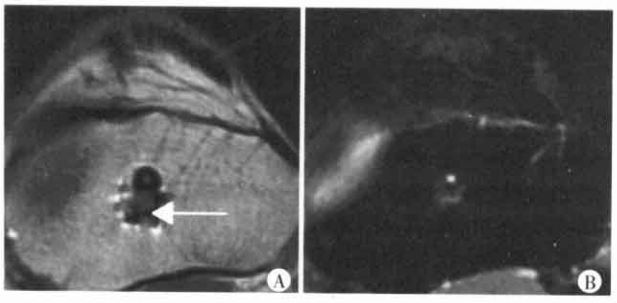
Fig 2　Comparison of the thickness of tibial tunnel wall on oblique T1-weighted axial images



A: 4 months after surgery. B: 7 months after surgery. Bone plug healing, with disappearance of the low-signal-intensity (white arrow) interface between the graft and the osseous tunnel had been achieved at 7 months after surgery

图3 骨瓣与骨隧道壁愈合前后的MRI对比

Fig 3 Evolution of the interface between the bone plug and the tibial tunnel wall on oblique T1-weighted axial images



A: T1-weighted image; B: Gradient echo STIR image. Irregular bone resorption (white arrow) was seen between the bone plug and the tibial tunnel wall

图4 同种异体B-PT-B重建ACL术后胫骨骨隧道周围出现骨吸收现象

Fig 4 Bone resorption around the tibial tunnel after ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone of allograft

2.4 胫骨骨隧道扩大程度的比较

在A组与B组术后5~6个月的对比研究中,A组中4例已经发生骨性愈合者被排除在对比研究之外。A、B组术后不同时期胫骨骨隧道扩大百分比分别为:术后6周(22.37±7.48)%,(25.53±6.90)%;术后3~4个月(26.99±9.28)%,(30.85±7.73)%;术后5~6个月(26.29±7.52)%,(29.29±8.91)%。A、B组术后3~6个月胫骨骨隧道扩大的增幅分别为:(5.35±3.61)%、(4.51±6.13)%。统计结果表明胫骨骨隧道扩大程度以术后6周最为显著($P<0.05$),术后3~4个月骨隧道变化相对较小,术后5~6个月骨隧道扩大百分比略呈下降趋势;术后3个时间段上两组胫骨骨隧道扩大程度均无显著性差异($P>0.05$)。

3 讨论

针对ACL重建术后出现骨隧道扩大现象,以往多采用X线作为研究手段[1,2]。事实上,在X线片上实现骨隧道的精确测量是困难的。Fules等[3]认为MRI用于评价胫骨骨隧道准确、可靠。MRI不但可以避免电离辐射,而且组织分辨率高,可以全方位、多序列成像,对骨髓及骨隧道界面软组织的信号变化非常敏感,可以清晰地显示骨隧道的边界,并能做到准确定位,对骨隧道进行精确测量。

正常骨髓由于含有较多的脂肪颗粒,T1WI与T2WI呈较高信号,而ACL重建术后沿骨道壁堆积的骨小梁呈印戒状相对的低信号区[4],但与骨隧道内容物之间的组织对比度不显著,而梯度回波技术的磁敏感效应提高了隧道周围组织之间的对比度。在术后6周内,GE-T1WI较T1WI能更清晰地显示骨隧道的边界。术后3~4个月骨道壁硬化在T1WI上呈低信号,骨隧道界面的肉芽组织呈高信号,骨隧道边界清晰可见。应用脂肪抑制成像技术,由于骨髓的脂肪信号被抑制掉,而骨隧道中水肿、充血等含水组织的信号并不降低,仍呈较长信号改变,所以GE-STIR较T2WI更便于观察骨隧道内的水肿情况。

我们以MRI为手段,系统观察了ACL重建术后胫骨骨隧道的变化,发现术后6周内骨道壁较薄,T1WI与T2WI上可见移植物与骨道壁之间存在液性信号;术后3~4个月骨道壁增厚,骨隧道内不再有关节液渗入;术后5~6个月骨道壁最厚,此后骨道壁渐变薄,骨隧道大小形状相对稳定;移植骨瓣逐渐血管化与隧道周围骨组织发生融合,在T1WI上骨道壁的低信号边界消失,GE-STIR上除界面螺钉在其降解过程中产生的少许高信号外,骨道内呈低信号。这些微细变化是X线和CT所无法觉察的。自体组术后5~8个月,移植骨瓣与骨道壁之间发生骨性愈合。骨道内宿主对同种异体移植骨瓣的免疫排斥以细胞免疫为主,同种异体移植物经过深低温冷冻处理后大大降低了其抗原性成分,但部分病例术后仍出现明显的骨吸收现象,导致移植骨瓣与宿主之间的愈合迟滞。骨隧道扩大是多因素作用的结果,影响骨道增宽的因素包括移植物在骨隧道内的微动效应、骨道内的应力分布、骨道位置不良、细胞因子介导的非特异性炎症反应、内固定物降解产生的副产物、潜在的免疫排斥、术后的康复程序等[5~8]。同种异体B-PT-B移植与自体B-PT-B移植重建ACL术后胫骨骨隧道扩大是否有差异,文献上存在争议。Fahey等[9]曾采用X线对自体与同种异体B-PT-B重建ACL术后骨隧道情况进行对比,发现自体组胫骨骨隧道平均扩大1.2 mm,而同种异体组平均扩大2.6 mm,统计结果表明两组之间存在显著性差异;而Zijl等[10]采用同样的方法,发现自体组平均扩大2.2 mm,而同种异体组平均扩大2.8 mm,两组之间无显著性差异。我们以MRI作为对比研究手段,比较了术后6周、3~4、5~6个月两组胫骨骨隧道扩大的情况。由于术后7~8个月A组已经全部发生骨性愈合,MRI上骨道壁边界消失,不能准确测量骨隧道横截面面积,所以本研究当中只对术后6个月以内两组胫骨骨隧道扩

大的情况进行了统计对比。在数值的处理上，为排除界面螺钉造成的影响，我们采用骨隧道扩大百分比进行统计分析。研究结果表明，术后 6 周骨隧道扩大增幅最为显著，在术后 6 周、3～4、5～6 个月自体组与同种异体组胫骨骨隧道扩大程度基本相当。术后 6 周骨隧道扩大程度最显著，分析其原因可能与关节液的“浸泡效应”[11]有关。ACL 重建术后关节液渗漏至骨隧道内，关节液中含有大量的致炎因子，这些高表达的炎性细胞因子可以活化破骨细胞，引起骨溶解，并可阻碍新骨长入，导致骨隧道扩大；术后 3～4 个月由于骨隧道内不再有关节液渗入，骨隧道的变化相对较小。

总之，MRI 能准确地反映骨隧道的动态变化，用于评价 ACL 重建术后胫骨骨隧道的变化具有显著的优越性；同种异体 B-PT-B 在胫骨骨隧道内的愈合相对延迟；自体组与同种异体组术后胫骨骨隧道扩大的程度基本相当。

参考文献：

[1] Clatworthy M G, Annear P, Bulow J U, *et al*. Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1999, 7(3): 138－145.

[2] Webster K E, Feller J A, Hameister K A. Bone tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction : a randomised comparison of hamstring and patellar tendon grafts with 2-year follow-up[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2001, 9(2): 86－91.

[3] Fules P J, Madhav R T, Goddard R K, *et al*. Evaluation of tibial bone tunnel enlargement using MRI scan cross-sectional area measurement after autologous hamstring tendon ACL replacement[J]. Knee, 2003, 10(1): 87－91.

[4] Murakami Y, Sumen Y, Ochi M, *et al*. Appearance of anterior cruciate ligament autografts in their tibial bone tunnels on oblique axial MRI[J]. Magn Reson Imaging, 1999, 17(5): 679－687.

[5] Hoher J, Livesay G A, Ma C B, *et al*. Hamstring graft motion in the femoral bone tunnel when using titanium button/polyester tape fixation[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1999, 7(4): 215－219.

[6] Jagodzinski M, Foerstemann T, Mall G, *et al*. Analysis of forces of ACL reconstructions at the tunnel entrance: is tunnel enlargement a biomechanical problem[J]? J Biomech, 2005, 38(1): 23－31.

[7] Zysk S P, Fraunberger P, Veihelmann A, *et al*. Tunnel enlargement and changes in synovial fluid cytokine profile following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon and hamstring tendon autografts[J]. Knee Surg Sports Arthrosc, 2004, 12(2): 98－103.

[8] 余家阔，Traumatol Paessler H H. 四股腘绳肌腱重建膝前交叉韧带后骨隧道增宽与术后康复程序的关系[J]. 中华外科杂志，2004, 42(16): 984－988.

[9] Fahey M, Indelicato P A. Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament replacement[J]. Am J Sports Med, 1994, 22(3): 410－414.

[10] Zijl J A, Kleipool A E, Willems W J. Comparison of tibial tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft or allograft[J]. Am J Sports Med, 2000, 28(4): 547－551.

[11] Berg E E, Pollard M E, Kang Q. Interarticular bone tunnel healing[J]. Arthroscopy, 2001, 17(2): 189－195.

（编辑　王　红）

（上接 781 页）

3　讨论

VEGF 是由血管内皮细胞或肿瘤细胞产生的一聚体蛋白，VEGF 与内皮细胞的特异性受体结合发生作用，通过旁分泌机制刺激内皮细胞增生、移位、结构形成。另外，它具有增加血管通透性的作用，促进包括纤维蛋白原的血浆蛋白的渗出。VEGF 在与有血管增生或重建的疾病研究颇多，在急、慢性高原疾病的 VEGF 研究，未引起重视。我们在 HAPE 患者血浆 VEGF 的研究显示：pHAPE 和 cHAPE 的 VEGF 浓度值，治疗前高于治疗后，$P<0.05$，$P<0.01$，pHAPE 和 cHAPE 相比较，在治疗前和治疗后，均高于 pHAPE($P<0.01$，$P<0.05$)，有极显著性差异。此研究提示了两点：①缺氧引起了 VEGF 的高分泌和高表达；②缺氧纠正后，VEGF 显著下降。缺氧性肺动脉收缩及血管内皮细胞损伤，是 HAPE 的基本特征[1]。HAPE 是一种高蛋白、高渗出性 HAPE，并非过去认为的单纯高压引起的低蛋白漏出液；超微结构显示肺泡Ⅱ型细胞明显损害，肺毛细血管肺泡连接间隙增宽，血管内皮细胞肿胀使毛细血管管腔明显缩小，内皮细胞间隙增宽[2]，这些病理改变可能是 HAPE 高蛋白渗出的重要病理基础。VEGF 的表达与细胞周围组织氧含量密切相关，正常情况下表达极低，以维持正常的血管密度和血管的渗透性，而在低氧时 VEGF 明显表达并升高。快速进入高原后，急性缺氧可引起血管内皮损伤，又可引起 VEGF 的显著升高，当超过代偿时，使产生 HAPE。HAPE 多在进入高原低氧环境 1～3 d 发病，最短者数小时可发生，因此 VEGF 的促血管增生的作用是极其微弱的；高原急性缺氧，HAPE 的肺动脉压升高，经吸氧 20 min 后，肺动脉压仍明显高于高原健康人[3]，说明肺动脉高压并非 HAPE 的唯一因素，pHAPE 的 VEGF 显著高于 pHAPE，并且 VEGF 具有强烈的促血管渗性作用，其效果相当于组织胺的 5 000 倍，所以，我们认为，VEGF 在 HAPE 的发病中，起了重要的作用。对照组与 pHAPE 相比，在治疗前有差异($P<0.01$)，治愈后无差异($P>0.05$)，恢复正常水平；对照组与 cHAPE 治疗前后均有差异($P<0.05$，$P<0.01$)，提示，在缺氧应激下有可能再次复发，是否以 VEGF 作为复发的标志，有待进一步探讨。

关键词：高原肺水肿；血管内皮生长因子
中图法分类号：R364.4；R563.9　　文献标识码：B

参考文献：

[1] 牟信贤，李泰兰. 高原病学[M]. 拉萨：西藏人民出版社，2001. 118－132.

[2] 陈自强，卞修武. 血管内皮生长因子家族[J]. 国外医学生理病理科学与临床分册，2000, 20(3): 187－189.

[3] Maggiorini M, Melot C, Pierre S, *et al*. High altitude pulmonary edema is initially caused by an increase in capillary pressure[J]. Circulation, 2001, 103(16): 2078－2083.

[4] 牟信贤，李泰兰，高自思，等. 高原肺水肿患者血流动力学变化及对吸氧反应的测定[J]. 中国病理生理杂志，2003, 19(8): 1106－1108.

（编辑　陈聪连）