

基础研究

副神经移位膈神经重建高位颈髓损伤患者
呼吸功能的解剖学研究樊俊¹, 顾一飞², 王策², 周许辉², 王新伟², 袁文², 吴国新³

(1 浙江省丽水市缙云县人民医院骨科 321400; 2 第二军医大学长征医院骨科 200003 上海市;

3 黑龙江省齐齐哈尔市第三人民医院病理科 161000)

【摘要】目的:探讨副神经移位膈神经重建高位颈髓损伤患者呼吸功能的解剖学可行性。**方法:**选取经福尔马林固定的成人尸体 30 具,解剖分离颈部双侧膈神经及副神经共 60 侧,测量副神经主干终点(设定为副神经进入斜方肌处)及膈神经起始点的宽度及厚度、副神经出胸锁乳突肌外侧缘点至膈神经主干起始点及终点的距离、胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘之间的副神经长度,寻找副神经沿胸锁乳突肌外侧缘斜出的位置、副神经起始点与甲状软骨的位置关系及副神经入斜方肌内侧缘的位置与锁骨中线的关系。选取 5 具尸体(10 侧)的副神经主干终点及膈神经起始点标本,进行切片、免疫组织化学染色,计数运动神经纤维含量。**结果:**副神经进入胸锁乳突肌后,5 侧穿过胸锁乳突肌下行,55 侧在胸锁乳突肌的深面继续向下外穿行,其在胸锁乳突肌后缘,距胸锁乳突肌锁骨止点 $85.2 \pm 5.9\text{mm}$ 处浅出;在肩胛提肌表面,副神经越过颈后三角行至斜方肌前缘于锁骨中线内侧 $13.2 \pm 1.9\text{mm}$ 处进入斜方肌,于斜方肌深面分为 2~5 支支配斜方肌。副神经主干终点的宽度为 $1.61 \pm 0.39\text{mm}$,厚度为 $0.61 \pm 0.23\text{mm}$,胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘之间的副神经长度为 $59.2 \pm 12.2\text{mm}$ 。16 侧膈神经起始点位于甲状软骨的中点水平,32 侧位于甲状软骨上缘水平,6 侧位于甲状软骨下缘水平,6 侧位于甲状软骨上 1/3 水平。膈神经起始点处的宽度为 $1.43 \pm 0.27\text{mm}$,厚度为 $0.60 \pm 0.26\text{mm}$,副神经胸锁乳突肌外侧缘点至膈神经起始点的距离为 $26.9 \pm 6.0\text{mm}$,至膈神经终点的距离为 $76.7 \pm 8.2\text{mm}$ 。胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘间的副神经长度大于副神经胸锁乳突肌外侧缘至膈神经起始点的距离($P=0.000$)。膈神经起始点的运动神经纤维含量为 836 ± 311 条,副神经主干终点的运动神经纤维含量为 1290 ± 371 条,两者比较差异有统计学意义($P=0.019$)。**结论:**胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘之间的副神经长度明显大于副神经胸锁乳突肌外侧缘点至膈神经起始点的距离,从解剖学的角度证明了在不损伤胸锁乳突肌的情况下副神经可与膈神经起始点无张力直接吻合。

【关键词】脊髓损伤;副神经;膈神经;解剖学;修复重建

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2015.04.11

中图分类号:R683.2,R622+.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2015)-04-0344-05

Anatomic research on the phrenic nerve reconstruction by the spinal accessory nerve/FAN Jun, GU Yifei, WANG Ce, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2015, 25(4): 344-348

【Abstract】Objectives: To provide anatomic evidence on the reconstruction of respiratory function by transpositioning of accessory nerve into phrenic nerve in the patients with cervical spinal cord injury. **Methods:** 30 cadavers(60 accessory and 60 phrenic nerves) were dissected in the study. The width and thickness of the end of accessory nerve(AN) and the beginning of phrenic nerve(PN) were measured. The distance from the point of the AN leaving the sternocleidomastoid to the origin and the end of the PN, the length of AN between the lateral border of sternocleidomastoid and the medial edge of trapezius were also measured. The point of the AN leaving from the lateral border of sternocleidomastoid, the positional relationship between the origin of the AN and the thyroid cartilage, the positional relationship between the clavicular line and the point of AN entering the medial edge of trapezius were evaluated. Then the end of the AN and the origin of the PN from 5 cadavers(10 sides) were made as specimens and the number of motor nerve fibers was calcu-

第一作者简介:男(1976-),主治医师,研究方向:脊柱外科

电话:(0578)3148044 E-mail:fanjunspine@hotmail.com

通讯作者:王策 E-mail:cowwang_111@163.com

lated by using the technique of immunohistochemistry. **Results:** After AN gave out branches into the sternocleidomastoid, 5 sides descended through sternocleidomastoid, 55 sides continued to descend along the deep surface of sternocleidomastoid, then emerged from the posterior border of sternocleidomastoid, where were 85.2 ± 5.9 mm away from the clavicular terminal of sternocleidomastoid. AN crossed posterior triangle to the anterior border of trapezius and entered into trapezius at about 13.2 ± 1.9 mm medial to midclavicular line. The width and the thickness of the end of AN was 1.61 ± 0.39 mm and 0.61 ± 0.23 mm respectively. The length of the accessory nerve between the lateral border of sternocleidomastoid and the medial edge of trapezius was 59.2 ± 12.2 mm. The level of the origin of the PN could be at the level of the thyroid cartilage(16 sides), above the thyroid cartilage(32 sides) or below the thyroid cartilage(6 sides). The width and thickness of the origin of the PN was 1.43 ± 0.27 mm and 0.60 ± 0.26 mm respectively. The length between the point of the AN leaving from the lateral border of sternocleidomastoid and the origin and the end of PN was 26.9 ± 6.0 mm and 76.7 ± 8.2 mm respectively. The distance of the AN between the lateral border of sternocleidomastoid and the medial edge of trapezius was longer than the length between the point of the AN leaving from the lateral border of sternocleidomastoid and the origin of PN($P=0.000$). The number of the motor nerve fibers at the origin of PN, the end of the trunk AN was 836 ± 311 and 1290 ± 371 . The difference was statistically significant ($P=0.019$). **Conclusions:** The length of AN between the lateral border of sternocleidomastoid and the medial edge of trapezius is significantly longer than the length between the point of the AN leaving from the lateral border of sternocleidomastoid and the origin of PN. Anatomically, it is proved that the AN and the origin of PN can be sutured directly and freely without the injury to the sternocleidomastoid.

[Key words] Spinal cord injury; Phrenic nerve; Accessory nerve; Anatomy; Reconstruction

[Author's address] Department of Orthopaedics, the People's Hospital of Jinyun, Zhejiang, 321400, China

高位颈髓损伤患者常合并呼吸功能障碍,多依靠呼吸机辅助呼吸维持生命,因机械通气引发的呼吸道感染等并发症是其致死的重要原因^[1-3]。膈神经起搏器的出现一度使患者脱离了呼吸机的限制,从心理及生理上提高了患者的生存质量。但其产生的不自主运动、起搏器失效、感染、外科置入并发症、不会产生最优的生理呼吸过程等^[3-5]不可避免的因素使其无法被广泛应用。显微外科医师利用神经移接的方法在恢复肌力、关节活动、避免畸形方面取得了满意效果^[6-9]。副神经为颅神经,在脊髓损伤后仍可保持功能,其作为动力神经已被广泛运用于臂丛神经根性损伤等功能重建手术^[8,9]。但在前期解剖研究过程中我们发现,只有切断胸锁乳突肌将其翻起,才能完整而清晰地解剖并分离副神经,不但创伤大,神经易损伤,且切断胸锁乳突肌将使患者暂时丧失仅有的头颈部旋转功能。为此,我们设想能否在不切断胸锁乳突肌的情况下,利用胸锁乳突肌外侧缘至斜方肌内侧缘之间的副神经与膈神经进行吻合,从而达到恢复高位颈髓损伤患者呼吸功能的目的。对此我们进行了应用解剖学研究。

1 材料与方法

1.1 副神经、膈神经的解剖测量

选用经福尔马林固定的成人尸体 30 具(男 25 具、女 5 具),解剖分离颈部双侧膈神经及副神经共 60 侧(图 1、2)。①用游标卡尺(精确度为 0.02 mm)测量副神经终点(设定副神经进入斜方肌处为副神经主干终点)及膈神经起始点的宽度及厚度。②测量副神经出胸锁乳突肌外侧缘点至膈神经主干起始点及终点的距离,并测量胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘之间的长度。③寻找副神经沿胸锁乳突肌外侧缘斜出的位置、副神经起始点与甲状软骨的位置关系及副神经入斜方肌内侧缘的位置与锁骨中线的关系。

1.2 免疫组织化学染色及运动神经纤维计数

选取 5 具尸体(10 侧)的副神经主干终点及膈神经起始点标本,进行切片,对神经内的运动神经纤维应用胆碱乙酰转移酶的单克隆抗体(1:200)采用免疫组织化学链霉菌抗生物素蛋白-过氧化物酶连结(SP)法进行染色。应用 PV-9000 病理图文分析系统对副神经及膈神经内所有阳性表达的运动神经纤维进行计数,能染上紫色或淡紫色则为阳性,阴性是无法染色。

1.3 统计学分析

用 SPSS 13.0 进行统计学分析,各指标的测

量结果取 60 侧测量数据的均数 $\pm$ 标准差,胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘间的副神经长度与副神经胸锁乳突肌外侧缘至膈神经起始点的距离的比较采用近似 t 检验,膈神经起始点的运动神经纤维含量与副神经终点的运动神经纤维含量的比较采用秩和检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

副神经进入胸锁乳突肌后,有 5 侧(8.33%)标本的副神经穿过胸锁乳突肌下行,55 侧(91.67%)标本的副神经在胸锁乳突肌的深面继续向下外穿行。其在胸锁乳突肌后缘,距胸锁乳突肌锁骨止点 $85.2\pm 5.9\text{mm}$ 处浅出。在肩胛提肌表面,副神经越过颈后三角行至斜方肌前缘于锁骨中线内侧 $13.2\pm 1.9\text{mm}$ 处进入斜方肌,于斜方肌深面分为 2~5 支支配斜方肌。副神经终点的宽度为 $1.61\pm 0.39\text{mm}$,厚度为 $0.61\pm 0.23\text{mm}$,胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘之间的副神经长度为 $59.2\pm 12.2\text{mm}$ 。膈神经起始点与甲状腺软骨的关系为,16 侧(26.7%)标本的膈神经起始点位于甲状腺软骨的中点水平,32 侧(53.3%)位于甲状腺软骨上

缘水平,6 侧(10%)位于甲状腺软骨下缘水平,6 侧(10%)于甲状腺软骨上 1/3 水平。膈神经起始点处的宽度为 $1.43\pm 0.27\text{mm}$,厚度为 $0.60\pm 0.26\text{mm}$,副神经胸锁乳突肌外侧缘点至膈神经起始点的距离为 $26.9\pm 6.0\text{mm}$,至膈神经终点的距离为 $76.7\pm 8.2\text{mm}$ 。胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘间的副神经长度大于副神经胸锁乳突肌外侧缘至膈神经起始点的距离($P=0.000$)。副神经终点的运动神经纤维含量为 1290 ± 371 条(图 3),膈神经起始点的运动神经纤维含量为 836 ± 311 条(图 4),两者比较差异有统计学意义($P=0.019$)。

3 讨论

在平静呼吸时膈肌起主导作用,是完成呼吸运动的主要动力来源。膈肌收缩时增加的通气量占平静呼吸时通气量的 3/4~4/5;而单独依靠肋间肌、腹肌等辅助呼吸肌则不足以维持人平静时的正常呼吸^[10]。1972 年 Glenn 等^[10]首次报道置入呼吸起搏器治疗截瘫患者的通气功能障碍以来,欧美等少数国家的部分学者已将其应用于临床,改善了上千例截瘫患者的通气功能。长时间的非生

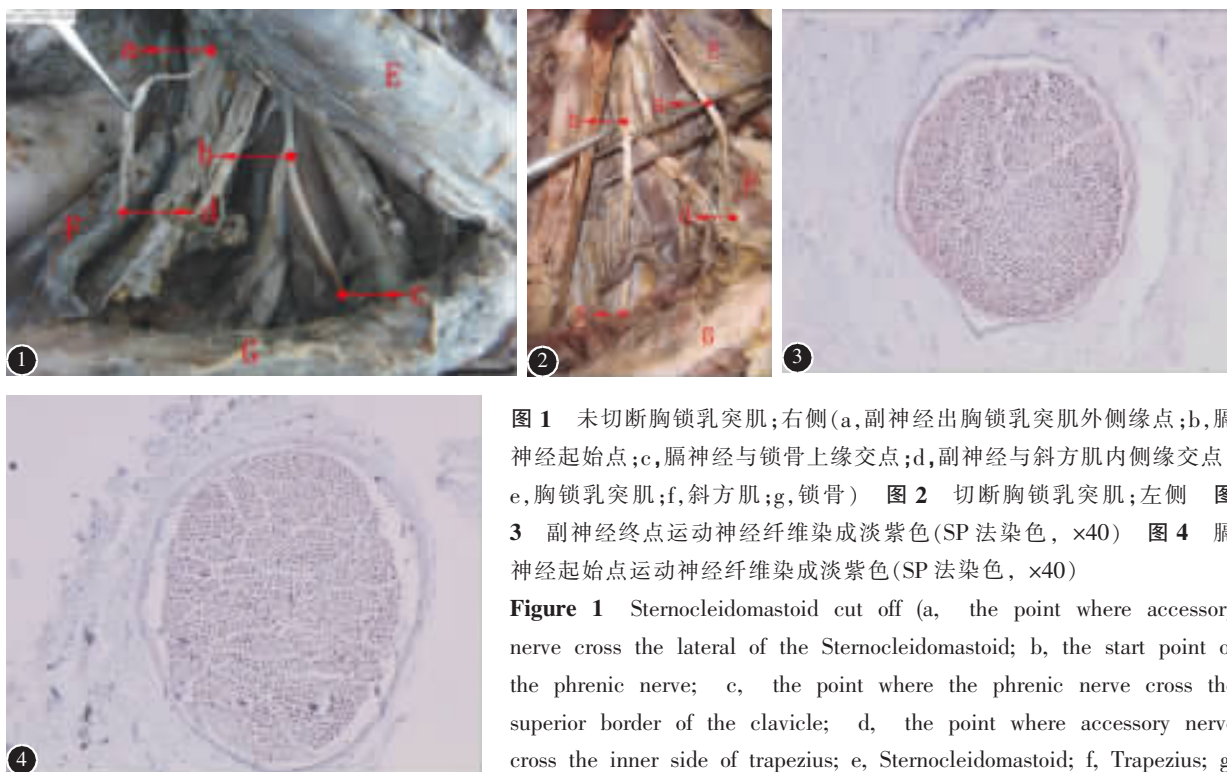


图 1 未切断胸锁乳突肌;右侧(a,副神经出胸锁乳突肌外侧缘点;b,膈神经起始点;c,膈神经与锁骨上缘交点;d,副神经与斜方肌内侧缘交点;e,胸锁乳突肌;f,斜方肌;g,锁骨) 图 2 切断胸锁乳突肌;左侧 图 3 副神经终点运动神经纤维染成淡紫色(SP 法染色, $\times 40$) 图 4 膈神经起始点运动神经纤维染成淡紫色(SP 法染色, $\times 40$)

Figure 1 Sternocleidomastoid cut off (a, the point where accessory nerve cross the lateral of the Sternocleidomastoid; b, the start point of the phrenic nerve; c, the point where the phrenic nerve cross the superior border of the clavicle; d, the point where accessory nerve cross the inner side of trapezius; e, Sternocleidomastoid; f, Trapezius; g, Clavicle) **Figure 2** Sternocleidomastoid without cut off **Figure 3**

The nerve fiber at the end of the accessory nerve present lavender(SP stain, $\times 40$) **Figure 4** The nerve fiber at the start of the phrenic nerve present lavender(SP stain, $\times 40$)

理性电刺激易使膈肌疲劳,导致膈肌兴奋收缩偶联发生障碍,肌力逐渐降低而丧失维持呼吸运动的功能^[11]。利用自体神经移植恢复生理性自主呼吸的方法对患者呼吸功能的重建更有利。Polentes 等^[12]在猫颈髓半横切后进行嗅鞘细胞移植,根据膈肌和膈神经活动度的记录进行呼吸功能恢复的评估,然而在通过对侧颈髓切断消除对侧影响后,移植侧的膈神经活动度仅达到对照组的 57.5%,效果不佳。Li 等^[13]也进行过类似研究,他们认为术后呼吸功能的提高可能由其他因素所致,不能肯定是嗅鞘细胞移植发挥的作用。Gauthier 等^[14]进行了单侧喉返神经-膈神经吻合恢复高位颈髓损伤大鼠呼吸功能的研究,在神经移接 5 个月后切断大鼠 C2 平面脊髓,大鼠存活并未出现明显的呼吸窘迫,取得了较好的实验效果。有学者认为神经移接后,供体神经的神经元会发生异化及重塑来支配呼吸运动^[14-16]。但喉返神经功能重要,且与迷走神经关系密切,切断喉返神经可能引起严重的并发症。

本研究发现胸锁乳突肌外侧缘与斜方肌内侧缘间的副神经长度为 $5.92 \pm 1.22\text{cm}$,大于副神经胸锁乳突肌外侧缘至膈神经起始点的距离 ($2.69 \pm 0.60\text{cm}$) ($P=0.000$),使其能无张力移接至膈神经。且副神经终点的宽度为 $1.61 \pm 0.39\text{mm}$,厚度为 $0.61 \pm 0.23\text{mm}$,与膈神经起始点处的宽度 $1.43 \pm 0.27\text{mm}$ 及厚度 $0.60 \pm 0.26\text{mm}$ 十分接近。因此从解剖的角度来讲,在颈部将副神经及膈神经充分游离后,分别在副神经终点横断副神经并在膈神经起始点横断膈神经,并将二者吻合是可行的。同时我们通过免疫组化的方法对人体膈神经及副神经内神经纤维含量进行了特异性染色并计数,发现副神经终点的运动神经纤维含量为 1290 ± 371 条,膈神经起始点的运动神经纤维含量为 836 ± 311 条,两者差异有统计学意义 ($P=0.019$),从统计学角度来讲,副神经终点运动纤维含量多于膈神经起始点运动纤维含量,副神经含有足够的运动神经纤维,有利于神经移接后神经的生长。

本研究还发现,膈神经起始点与甲状软骨的位置关系相对固定,26.7%的膈神经起始点位于甲状软骨的中点水平,53.3%位于甲状软骨上缘水平,10%位于甲状软骨下缘水平,10%位于甲状软骨上 1/3 水平。也就是说膈神经起始点绝大部分位于甲状软骨中上部,位置浮动不超过 2cm。副

神经位置相对较表浅,但由于其弯曲潜行于结缔组织中,且有颈丛神经分支伴行,故位置较难发现。我们通过解剖研究后发现,副神经与斜方肌内侧缘交点与锁骨中线距离相对固定,为锁骨中线内侧 $1.32 \pm 0.19\text{cm}$ 左右,于此点分离软组织至斜方肌外膜即可发现副神经且可避开其他伴行神经,便于寻找。

4 参考文献

1. Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, et al. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury[J]. Respir Care, 2006, 51(8): 853-868; discussion 869-870.
2. Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans[J]. N Engl J Med, 2008, 358(13): 1327-1335.
3. Watson PJ, Hixon TJ. Effects of abdominal trussing on breathing and speech in men with cervical spinal cord injury [J]. J Speech Lang Hear Res, 2001, 44(4): 751-762.
4. DiMarco AF. Restoration of respiratory muscle function following spinal cord injury: review of electrical and magnetic stimulation techniques[J]. Respir Physiol Neurobiol, 2005, 147(2-3): 273-287.
5. Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of spinal cord injury on the respiratory system: basic research and current clinical treatment options[J]. J Spinal Cord Med, 2007, 30(4): 319-330.
6. Terzis JK, Kostopoulos VK. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults[J]. Plast Reconstr Surg, 2007, 119(4): 73e-92e.
7. Amr SM, Moharram AN. Repair of brachial plexus lesions by end-to-side side-to-side grafting neurorrhaphy: experience based on 11 cases[J]. Microsurgery, 2005, 25(2): 126-146.
8. Sulaiman OA, Kim DD, Burkett C, et al. Nerve transfer surgery for adult brachial plexus injury: a 10-year experience at Louisiana State University [J]. Neurosurgery, 2009, 65(4 Suppl): A55-62.
9. Midha R. Nerve transfers for severe brachial plexus injuries: a review[J]. Neurosurg Focus, 2004, 16(5): E5.
10. Glenn WL, Hogan JF, Phelps ML. Ventilatory support of the quadriplegic patient with respiratory paralysis by diaphragmatic pacing[J]. Surg Clin North Am, 1980, 60(5): 1055-1061.
11. Garrido H, Mazaira J, Gutierrez P, et al. Continuous respiratory support in quadriplegic children by bilateral phrenic nerve stimulation[J]. Thorax, 1987, 42(8): 573-577.
12. Polentes J, Stamegna JC, Nieto-Sampedro M, et al. Phrenic rehabilitation and diaphragm recovery after cervical injury and transplantation of olfactory ensheathing cells[J]. Neurobiol Dis, 2004, 16(3): 638-653.

13. Li Y, Decherchi P, Raisman G. Transplantation of olfactory ensheathing cells into spinal cord lesions restores breathing and climbing[J]. J Neurosci, 2003, 23(3): 727-731.
14. Gauthier P, Baussart B, Stamegna JC, et al. Diaphragm recovery by laryngeal innervation after bilateral phrenicotomy or complete C2 spinal section in rats [J]. Neurobiol Dis, 2006, 24(1): 53-66.
15. Gauthier P, Rega P, Lammari-Barreault N, et al. Functional reconnections established by central respiratory neurons regenerating axons into a nerve graft bridging the respiratory centers to the cervical spinal cord[J]. J Neurosci Res, 2002, 70(1): 65-81.
16. Vinit S, Boulenguez P, Efthimiadi L, et al. Axotomized bulbospinal neurons express c-Jun after cervical spinal cord injury[J]. Neuroreport, 2005, 16(14): 1535-1539.
- (收稿日期:2015-01-28 修回日期:2015-04-07)
(英文编审 蒋欣/贾丹彤)
(本文编辑 李伟霞)

专家点评

徐华梓(温州医科大学附属第二医院骨科医院 325027 温州市)

高位颈脊髓损伤可导致膈肌功能受到影响,患者需要长期呼吸机辅助呼吸,生活质量极低且产生的并发症常危及生命。目前膈神经起搏器作为一种较成熟的方法,已应用到高位颈髓损伤患者呼吸功能重建治疗中,但电刺激神经起搏器仍然有其局限性及缺点。理想的方法是采用神经移植术提供生理性呼吸,从文献来看目前在供体选择上主要集中在舌下神经、副神经、喉返神经等脑神经。本研究从解剖学的角度证明在不损伤胸锁乳突肌的情况下,副神经可与膈神经起始点无张力直接吻合,为副神经移位膈神经重建高位颈髓损伤患者呼吸功能提供了解剖学依据。但神经移植后能否恢复膈肌运动的自律性,神经元是否会发生异化及重塑来支配呼吸运动需要进一步研究。总之,以副神经移位膈神经来恢复高位颈髓损伤后膈肌运动功能可能是一种行之有效的治疗方案,目前也有动物实验的研究,临床上也有个案报道,但将该技术推广应用到临床上还有很长的路要走。

小窍门

脊柱后路手术压疮防护

高盼,韩玉

(中日友好医院手术室 100029 北京市)

脊柱后路手术时间较长,术后往往出现面部、胸部、髂前上棘及膝部的皮肤压疮,甚至发生眼部受压失明。我们在工作中总结出一些经验,有效地防止了术后出现的压疮,方法如下。

1. 将脊柱手术床的头架和胸腰桥架套上自制的棉质套(图1)。
2. 麻醉成功翻身首先摆正髂嵴,放松局部皮肤。
3. 胸部皮肤放松,尤其是女性,一定要将其乳房向内,躲开体位架的直接压迫。
4. 调整头架宽度,将头面部垂直于头架放好,确认眼部无压迫。
5. 膝部受压集中特别容易出现压疮,我们发明了“橡皮水球”,即用乳胶手套充满水,近端系结(图2),摆放在膝下,可承受膝部压力不出现压疮。

摆放体位要按上述顺序进行检查,2009年采取本方法以来,没有发生过术后压疮及眼部压伤。

