

前臂旋转矫形器的设计与思考

黎景波 广东省工伤康复医院 jingboglory@sina.com

一、前臂旋转功能的重要性

前臂是上肢的重要组成部分，前臂旋转功能受限直接影响肘关节功能和上肢的整体功能。前臂的旋前与旋后功能可以与肘关节的屈曲和伸展配合实现，也可独立完成。肘关节与前臂关节的配合可大大提高手上肢的有效活动范围。

前臂旋转的中立位是“拇指翘”的位置，它位于整个旋前与旋后之间。前臂旋后的正常活动范围 $0^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，旋前 $0^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。但大部分日常生活活动仅需要前臂有 100° 的前臂旋转功能，即从旋前 50° 到旋后 50° ，这是前臂的功能活动范围。假如前臂旋转功能缺失最后 30° ，也可通过肩根据进行内旋和外旋的代偿，仍可完成许多日常生活的活动。进行洗面、刮胡子、进食、手接电话和阅读等日常活动需要前臂旋后功能的参与；相反的，手桌面拿物品、化妆、用刀子切东西、从水壶中倒水、敲打键盘、写字等日常活动需要前臂旋前功能的参与。

二、影响前臂旋转的因素

前臂旋转功能主要取决于其骨性结构和软组织结构的是否正常。前臂发生旋前与旋后时，要求桡骨近端关节与远端关节的同时运动。旋前和旋后还需要邻近肱桡关节的运动参与。因此，上述关节中的任一关节存在限制将会限制前臂的旋转功能。

影响前臂旋转的因素常有：①骨性结构异常：尺桡骨的旋转畸形、成

角畸形和交叉愈合，近远端尺桡关节紊乱等；②软组织异常：肘部关节囊、骨间膜、斜索、三角纤维复合体（TFCC）、前臂肌群、瘢痕等。研究显示：骨间膜挛缩是产生前臂旋转功能障碍的最主要的因素，其中原发性骨间膜挛缩造成的前臂旋转功能障碍占比为 12.1%，而继发性骨间膜挛缩造成前臂旋转功能障碍占比则高达 44.8%。软组织绷紧可能会限制前臂旋转的活动范围，限制旋后的结构常有骨间膜、旋前圆肌、旋前方肌、TFCC，尤其下尺桡关节处的掌侧囊韧带；限制旋前的结构常有肱二头肌或旋后肌、TFCC，尤其下尺桡关节的背侧囊韧带。

三、前臂旋转矫形器的设计

（一）前臂矫形器的基本功能主要包括以下几方面：

（1）固定和保护功能：通过矫形器对肘关节、前臂和腕关节进行保护和支持，保护愈合中的组织，促进炎症和水肿的吸收，缓解疼痛；维持关节的正常对位对线关系；防止再次损伤，促进骨骼和软组织的愈合，并且有利于功能的训练和恢复。

（2）稳定和支持功能：通过限制前臂异常运动保护上/下尺桡关节的稳定性，以恢复其功能，预防疼痛。

（3）预防和矫正功能：通过矫形器对前臂旋转功能的早期限制，预防前臂关节发生僵硬或软组织发生挛缩；主要通过蠕变和应力松弛的力学作用原理，矫正已经出现的畸形，扩大前臂旋转的关节活动度。

（4）代偿功能：通过前臂矫形器的外力动力系统，代偿前臂旋转肌肉的功能；对肌力较弱者给予部分助力辅助，维持前臂的正常功能活动，促进

日常生活活动、休闲娱乐和工作等活动更好的完成。

（二）前臂矫形器设计原理

前臂矫形器设计时，需要清楚前臂的肌肉骨骼解剖学、生物力学和力学这三个主要的原理，才可设计出符合患者功能的矫形器，优化其手上肢功能达到最佳的恢复。

（1）前臂旋转功能的解剖结构

前臂的旋转功能涉及肘关节、前臂和腕关节的多关节功能。肘关节和前臂复合体包括三块骨头与四个关节。由肱骨、尺骨和桡骨 3 块骨骼组成肱桡关节、肱尺关节、上尺桡关节和下尺桡关节 4 个关节。参与前臂旋转功能的软组织主要包含肘部关节囊、骨间膜、斜索、三角纤维复合体（TFCC）以及前臂肌群。

（2）前臂旋转功能的生物力学特性

桡骨与尺骨通过骨间膜以及桡尺近端与远端关节而被缚在一起，使前臂可以旋前与旋后。前臂旋后使手掌向上，而旋前使手掌向下。前臂的这种旋转是绕着一个旋转轴进行的，该轴从桡骨小头延伸出来，穿过尺骨头。它是一个与桡尺关节相交并相连的轴（图 1）。旋前和旋后的旋转轴基本上与骨间膜的中央带平行，大约只偏离 $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。这种相对平行的排列限制了在旋前到旋后运动过程中的骨间膜的长度或张力。

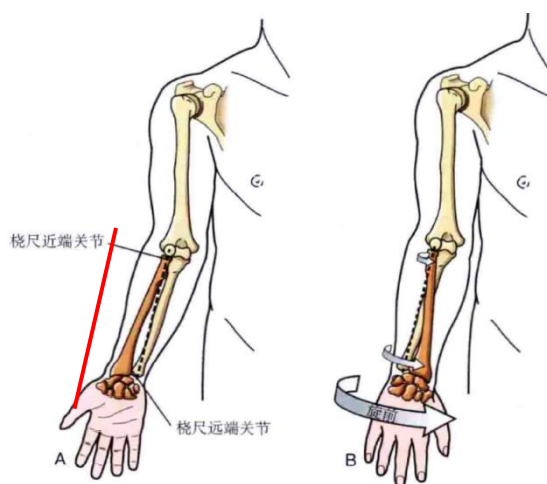


图 1 前臂的旋转轴

1.旋后：当桡骨近端关节处发生旋后时，由尺骨的环状韧带与桡切迹构成的纤维骨环中的桡骨小头会发生旋转（图 2）。纤维骨环对桡骨小头的紧绷限制了标准的滚动—滑动的关节运动学特征。当桡骨远端关节处发生旋后时，桡骨的凹陷尺切迹朝着相似的方向在尺骨头上滚动与滑动。在旋后时，关节盘的近端面仍与尺骨头相接触。在旋后的结束范围，掌侧囊韧带被拉伸到最大的长度，产生紧绷感，稳固关节。在极度旋前和旋后时，只有大约 10% 的桡骨尺切迹的表面与尺骨头直接接触。这与旋前和旋后在中立位时，60% 接触面形成鲜明的对比。

2.旋前：桡骨近端关节与远端关节处旋前的关节运动学特征的机制与旋后的机制相似。完全旋前最大限度地拉长了桡骨远端关节处的背侧囊韧带，掌侧囊韧带松弛，使其长度缩短为原长度的 70%（图 3）。完全旋前使尺骨头的关节面露出来，使其可以被触知。

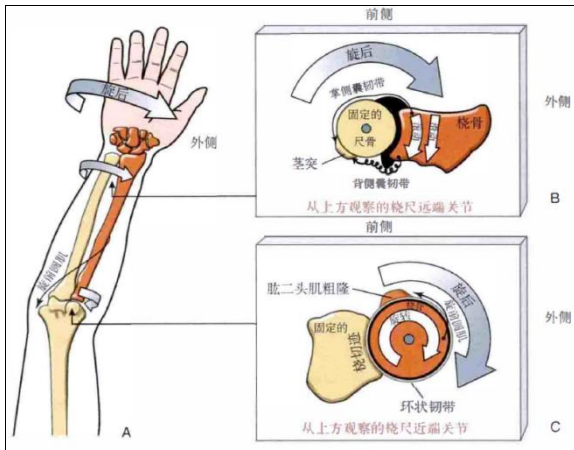


图 2 前臂旋后的生物力学变化

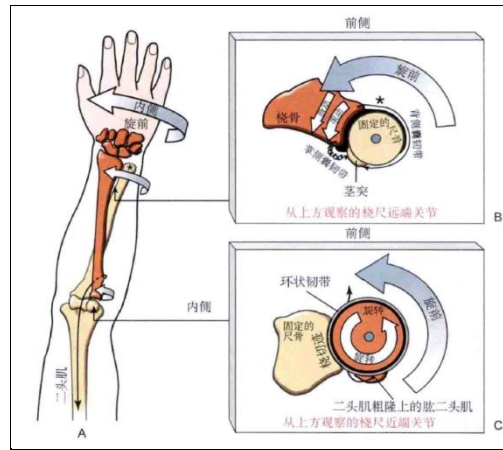


图 3 前臂旋前的生物力学变化

(三) 前臂旋转矫形器的设计原则

设计前臂旋转矫形器时，需要充分考虑患者的躯体功能（不仅前臂功能）、需求、经济、日常生活方式、穿戴时间和频率等综合因素，选择最优的矫形器设计，力求达到功能最佳、设计简单、外形美观、穿戴方便等功能。根据前臂疾病损伤的特点和功能情况，常用的矫形器为前臂固定矫形器和前臂渐进式静态矫形器。

(1) 前臂固定矫形器

前臂固定矫形器主要以固定、保护、稳定、预防挛缩为目的，使前臂制动于中立位、旋前位或旋后位。矫形器要充分固定前臂功能，必须同时固定肘关节屈曲 90 度及腕关节，且 5 个手指的功能不受影响（图 4）。前臂制动的体位主要考虑病情需要，建议保持中立位或部分旋后位。因为固定于中立位时，尺骨和桡骨平行没有旋转力，利于骨折的愈合；旋后位时，桡骨发生旋转，骨间膜被拉最紧，可预防骨间膜挛缩；旋前位时，手部能参与完成日常生活的活动较多。前臂固定矫形器需要全天佩戴。



图 4 前臂固定矫形器

(2) 前臂渐进式静态矫形器

前臂旋转功能受限，主要以骨间膜、关节囊、肌肉、瘢痕等软组织挛缩导致。前臂渐进式静态矫形器主要以矫正前臂软组织挛缩为目的，使用应力松弛的原理改善前臂的旋前或旋后功能。改善前臂旋转功能的矫形器使用渐进式静态矫形器效果最佳，临床常用 JAS 前臂渐进式静态矫形器(图 5)，但价格较贵只能作为训练器械使用。量身定制改善前臂旋转功能的矫形器临床开展较少，以下给大家介绍 2 款制作简单、方便、实用的前臂渐进式静态矫形器。为了与其它前臂矫形器区分，取名 MS 前臂渐进式静态矫形器和 BS 前臂渐进式静态矫形器。① MS 前臂渐进式静态矫形器以模拟前臂旋转肌肉的功能，使用应力松弛的原理，渐进式牵伸前臂挛缩的软组织，以达到改善前臂的旋前或旋后功能。MS 前臂渐进式静态矫形器由 3 部分组成，a. 肘关节固定于屈曲 90 度，b. 腕关节固定于背伸 25 度，且 5 个手指的功能不受影响，c. 可调的渐进式牵拉装置为高强度弹力带(图 6-7)。② BS 前臂渐进式静态矫形器以垂直的力完成牵伸功能，使用应力松弛的原理，渐进式牵伸前臂挛缩的软组织，以达到改善前臂的旋前或旋后功能。BS 前臂渐进式静态矫形器由 3 部分组成，a. 肘关节固定于屈曲 90 度，b. 腕关节固定于背伸 25 度，且 5 个手指的功能不受影响，c. 可调的渐进式牵拉装置，包含 2 条铝条和高强度弹力带(图 8)。A 铝条固定于肘关节的板材上，B 铝条固定于前臂的板材上，使用高强度弹力带完成牵伸，需调整牵伸力的方向于前臂垂直。前臂渐进式静态矫形器的使用方法一致，主要白天使用改善前臂旋转功能，使用时间 40-60 分钟/次，4-6 次/天；如果晚上睡觉使用，需要调整牵伸的强度以维持前臂于某体位，低强度牵伸不影响睡眠。



图 5A JAS 前臂渐进式静态矫形器



图 5B JAS 前臂渐进式静态矫形器



图 6 MS 前臂渐进式矫形器的结构图

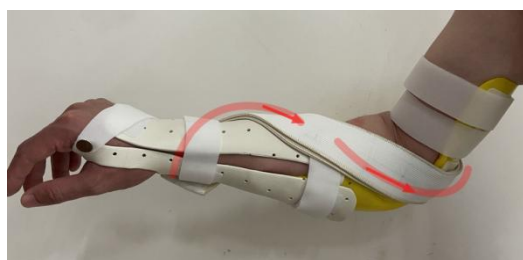


图 7A MS 前臂渐进式矫形器（旋前）



图 7B MS 前臂渐进式矫形器（旋后）



图 8 BS 前臂渐进式矫形器

四、前臂旋转矫形器的评估原则

前臂矫形器制作完成，治疗师需要按矫形器设计的方案进行检查及评估，以检验矫形器的合适性和舒适性，并确保患者理解矫形器的使用和维护。将矫形器交给患者使用前，可依据前臂矫形器清单逐条核对，确保此矫形器适合本患者使用。前臂矫形器检查清单内容如下：

1. 前臂矫形器是否达到设计目的？
2. 前臂矫形器是否在休息时能维持适当的位置，牵伸时与设计的要求是否一致？
3. 矫形器与前臂轮廓的服帖性，手弓和骨突处是否适合？
4. 矫形器是否限制肩关节和 1-5 指的活动？
5. 矫形器的长度是否足够限制肘关节和腕关节的活动？
6. 矫形器的边缘是否光滑，局部压力点是否已解决？
7. 患者或家属是否清楚如何穿脱前臂矫形器？
8. 患者或家属是否清楚理解矫形器的穿戴和维护？
9. 矫形器的设计是否达到患者最大程度的依从性？