

前臂旋轉矯形器的設計與思考

黎景波 廣東省工傷康復醫院 jingboglory@sina.com

一、前臂旋轉功能的重要性

前臂是上肢的重要組成部分，前臂旋轉功能受限直接影響肘關節功能和上肢的整體功能。前臂的旋前與旋後功能可以與肘關節的屈曲和伸展配合實現，也可獨立完成。肘關節與前臂關節的配合可大大提高手上肢的有效活動範圍。

前臂旋轉的中立位是“拇指翹”的位置，它位於整個旋前與旋後之間。前臂旋後的正常活動範圍 $0^{\circ} \sim 85^{\circ}$ ，旋前 $0^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。但大部分日常生活活動僅需要前臂有 100° 的前臂旋轉功能，即從旋前 50° 到旋後 50° ，這是前臂的功能活動範圍。假如前臂旋轉功能缺失最後 30° ，也可通過肩根據進行內旋和外旋的代償，仍可完成許多日常生活的活動。進行洗面、刮鬍子、進食、手接電話和閱讀等日常活動需要前臂旋後功能的參與；相反的，手桌面拿物品、化妝、用刀子切東西、從水壺中倒水、敲打鍵盤、寫字等日常活動需要前臂旋前功能的參與。

二、影響前臂旋轉的因素

前臂旋轉功能主要取決於其骨性結構和軟組織結構的是否正常。前臂發生旋前與旋後時，要求橈骨近端關節與遠端關節的同時運動。旋前和旋後還需要鄰近肱橈關節的運動參與。因此，上述關節中的任一關節存在限制將會限制前臂的旋轉功能。

影響前臂旋轉的因素常有：①骨性結構異常：尺橈骨的旋轉畸形、成角

畸形和交叉癒合，近遠端尺橈關節紊亂等；②軟組織異常：肘部關節囊、骨間膜、斜索、三角纖維複合體（TFCC）、前臂肌群、癥痕等。研究顯示：骨間膜攣縮是產生前臂旋轉功能障礙的最主要的因素，其中原發性骨間膜攣縮造成的前臂旋轉功能障礙占比為 12.1%，而繼發性骨間膜攣縮造成前臂旋轉功能障礙占比則高達 44.8%。軟組織繃緊可能會限制前臂旋轉的活動範圍，限制旋後的結構常有骨間膜、旋前圓肌、旋前方肌、TFCC，尤其下尺橈關節處的掌側囊韌帶；限制旋前的結構常有肱二頭肌或旋後肌、TFCC，尤其下尺橈關節的背側囊韌帶。

三、前臂旋轉矯形器的設計

（一）前臂矯形器的基本功能主要包括以下幾方面：

（1）固定和保護功能：通過矯形器對肘關節、前臂和腕關節進行保護和支援，保護癒合中的組織，促進炎症和水腫的吸收，緩解疼痛；維持關節的正常對位對線關係；防止再次損傷，促進骨骼和軟組織的癒合，並且有利於功能的訓練和恢復。

（2）穩定和支持功能：通過限制前臂異常運動保護上/下尺橈關節的穩定性，以恢復其功能，預防疼痛。

（3）預防和矯正功能：通過矯形器對前臂旋轉功能的早期限制，預防前臂關節發生僵硬或軟組織發生攣縮；主要通過蠕變和應力鬆弛的力學作用原理，矯正已經出現的畸形，擴大前臂旋轉的關節活動度。

（4）代償功能：通過前臂矯形器的外力動力系統，代償前臂旋轉肌肉的功能；對肌力較弱者給予部分助力輔助，維持前臂的正常功能活動，促進

日常生活活動、休閒娛樂和工作等活動更好的完成。

（二）前臂矯形器設計原理

前臂矯形器設計時，需要清楚前臂的肌肉骨骼解剖學、生物力學和力學這三個主要的原理，才可設計出符合患者功能的矯形器，優化其手上肢功能達到最佳的恢復。

（1）前臂旋轉功能的解剖結構

前臂的旋轉功能涉及肘關節、前臂和腕關節的多關節功能。肘關節和前臂複合體包括三塊骨頭與四個關節。由肱骨、尺骨和橈骨 3 塊骨骼組成肱橈關節、肱尺關節、上尺橈關節和下尺橈關節 4 個關節。參與前臂旋轉功能的軟組織主要包含肘部關節囊、骨間膜、斜索、三角纖維複合體（TFCC）以及前臂肌群。

（2）前臂旋轉功能的生物力學特性

橈骨與尺骨通過骨間膜以及橈尺近端與遠端關節而被縛在一起，使前臂可以旋前與旋後。前臂旋後使手掌向上，而旋前使手掌向下。前臂的這種旋轉是繞著一個旋轉軸進行的，該軸從橈骨小頭延伸出來，穿過尺骨頭。它是一個與橈尺關節相交並相連的軸（圖 1）。旋前和旋後的旋轉軸基本上與骨間膜的中央帶平行，大約只偏離 $10^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 。這種相對平行的排列限制了在旋前到旋後運動過程中的骨間膜的長度或張力。

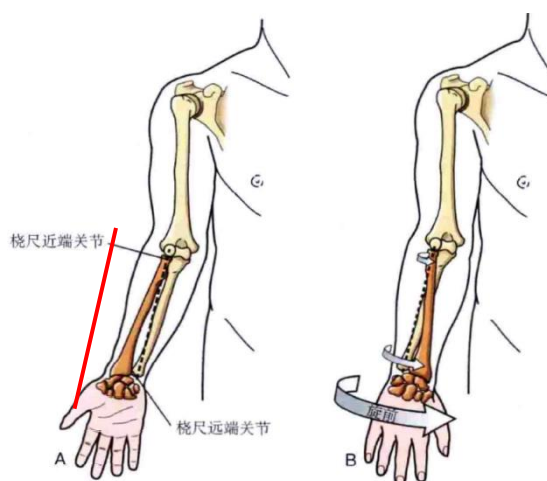


圖 1 前臂的旋轉軸

1.旋後：當橈骨近端關節處發生旋後時，由尺骨的環狀韌帶與橈切跡構成的纖維骨環中的橈骨小頭會發生旋轉（圖 2）。纖維骨環對橈骨小頭的緊繃限制了標準的滾動－滑動的關節運動學特徵。當橈骨遠端關節處發生旋後時，橈骨的凹陷尺切跡朝著相似的方向在尺骨頭上滾動與滑動。在旋後時，關節盤的近端面仍與尺骨頭相接觸。在旋後的結束範圍，掌側囊韌帶被拉伸到最大的長度，產生緊繃感，穩固關節。在極度旋前和旋後時，只有大約 10% 的橈骨尺切跡的表面與尺骨頭直接接觸。這與旋前和旋後在中立位時，60% 接觸面形成鮮明的對比。

2.旋前：橈骨近端關節與遠端關節處旋前的關節運動學特徵的機制與旋後的機制相似。完全旋前最大限度地拉長了橈骨遠端關節處的背側囊韌帶，掌側囊韌帶鬆弛，使其長度縮短為原長度的 70%（圖 3）。完全旋前使尺骨頭的關節面露出來，使其可以被觸知。

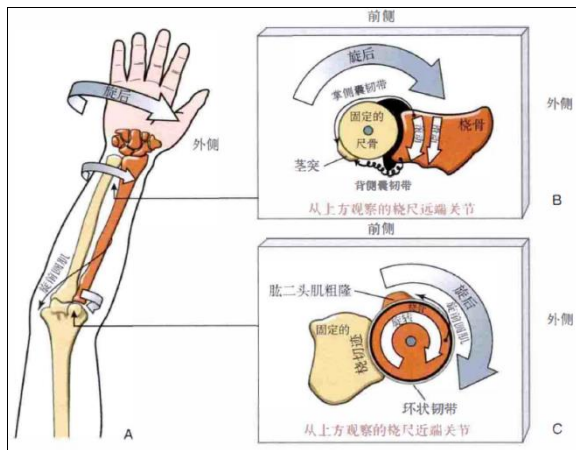


圖 2 前臂旋後的生物力學變化

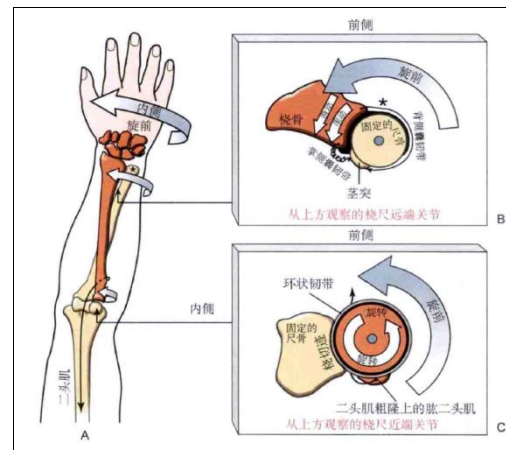


圖 3 前臂旋前的生物力學變化

(三) 前臂旋轉矯形器的設計原則

設計前臂旋轉矯形器時，需要充分考慮患者的軀體功能（不僅前臂功能）、需求、經濟、日常生活方式、穿戴時間和頻率等綜合因素，選擇最優的矯形器設計，力求達到功能最佳、設計簡單、外形美觀、穿戴方便等功能。根據前臂疾病損傷的特點和功能情況，常用的矯形器為前臂固定矯形器和前臂漸進式靜態矯形器。

(1) 前臂固定矯形器

前臂固定矯形器主要以固定、保護、穩定、預防攣縮為目的，使前臂制動于中立位、旋前位或旋後位。矯形器要充分固定前臂功能，必須同時固定肘關節屈曲 90 度及腕關節，且 5 個手指的功能不受影響（圖 4）。前臂制動的體位元主要考慮病情需要，建議保持中立位元或部分旋後位元。因為固定于中立位時，尺骨和橈骨平行沒有旋轉力，利於骨折的癒合；旋後位時，橈骨發生旋轉，骨間膜被拉最緊，可預防骨間膜攣縮；旋前位時，手部能參與完成日常生活的活動較多。前臂固定矯形器需要全天佩戴。



圖 4 前臂固定矯形器

(2) 前臂漸進式靜態矯形器

前臂旋轉功能受限，主要以骨間膜、關節囊、肌肉、癥痕等軟組織攣縮導致。前臂漸進式靜態矯形器主要以矯正前臂軟組織攣縮為目的，使用應力鬆弛的原理改善前臂的旋前或旋後功能。改善前臂旋轉功能的矯形器使用漸進式靜態矯形器效果最佳，臨床常用 JAS 前臂漸進式靜態矯形器(圖 5)，但價格較貴只能作為訓練器械使用。量身定制改善前臂旋轉功能的矯形器臨床開展較少，以下給大家介紹 2 款製作簡單、方便、實用的前臂漸進式靜態矯形器。為了與其它前臂矯形器區分，取名 MS 前臂漸進式靜態矯形器和 BS 前臂漸進式靜態矯形器。① MS 前臂漸進式靜態矯形器以類比前臂旋轉肌肉的功能，使用應力鬆弛的原理，漸進式牽伸前臂攣縮的軟組織，以達到改善前臂的旋前或旋後功能。MS 前臂漸進式靜態矯形器由 3 部分組成，a. 肘關節固定於屈曲 90 度，b. 腕關節固定於背伸 25 度，且 5 個手指的功能不受影響，c. 可調的漸進式牽拉裝置為高強度彈力帶(圖 6-7)。② BS 前臂漸進式靜態矯形器以垂直的力完成牽伸功能，使用應力鬆弛的原理，漸進式牽伸前臂攣縮的軟組織，以達到改善前臂的旋前或旋後功能。BS 前臂漸進式靜態矯形器由 3 部分組成，a. 肘關節固定於屈曲 90 度，b. 腕關節固定於背伸 25 度，且 5 個手指的功能不受影響，c. 可調的漸進式牽拉裝置，包含 2 條鋁條和高強度彈力帶(圖 8)。A 鋁條固定於肘關節的板材上，B 鋁條固定於前臂的板材上，使用高強度彈力帶完成牽伸，需調整牽伸力的方向於前臂垂直。前臂漸進式靜態矯形器的使用方法一致，主要白天使用改善前臂旋轉功能，使用時間 40-60 分鐘/次，4-6 次/天；如果晚上睡覺使用，需要調整牽伸的強度以維持前臂於某體位，低強度牽伸不影響睡眠。



圖 5A JAS 前臂漸進式靜態矯形器



圖 5B JAS 前臂漸進式靜態矯形器



圖 6 MS 前臂漸進式矯形器的結構圖

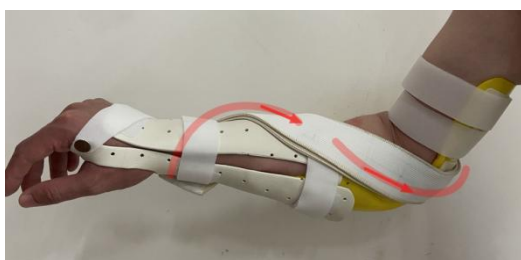


圖 7A MS 前臂漸進式矯形器（旋前）



圖 7B MS 前臂漸進式矯形器（旋後）



圖 8 BS 前臂漸進式矯形器

四、前臂旋轉矯形器的評估原則

前臂矯形器製作完成，治療師需要按矯形器設計的方案進行檢查及評估，以檢驗矯形器的合適性和舒適性，並確保患者理解矯形器的使用和維護。將矯形器交給患者使用前，可依據前臂矯形器清單逐條核對，確保此矯形器適合本患者使用。前臂矯形器檢查清單內容如下：

1. 前臂矯形器是否達到設計目的?
2. 前臂矯形器是否在休息時能維持適當的位置，牽伸時與設計的要求是否一致?
3. 矯形器與前臂輪廓的服帖性，手弓和骨突處是否適合?
4. 矯形器是否限制肩關節和 1-5 指的活動?
5. 矯形器的長度是否足夠限制肘關節和腕關節的活動?
6. 矯形器的邊緣是否光滑，局部壓力點是否已解決?
7. 患者或家屬是否清楚如何穿脫前臂矯形器?
8. 患者或家屬是否清楚理解矯形器的穿戴和維護?
9. 矯形器的設計是否達到患者最大程度的依從性?