

Gartland III型伸直型儿童肱骨髁上骨折的治疗进展

高原

内蒙古医科大学研究生院, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2023年4月11日; 录用日期: 2023年5月6日; 发布日期: 2023年5月15日

摘要

Gartland III型伸直型儿童肱骨髁上骨折是临床上一种较为严重肘部骨折, 常合并神经血管损伤, 如果治疗不当, 会导致严重的并发症, 对患儿的身心健康造成不利的影响。由于其骨折端之间骨皮质完全断裂, 有明显的侧方和(或)旋转移位, 相对不稳定, 所以闭合复位相对难度较大。本文将通过查阅近年来关于Gartland III型伸直型儿童肱骨髁上骨折治疗研究进展的相关文献作一综述, 旨在加深对该型骨折临床特征的认识并系统阐述其诊治方式的发展现状, 为临床决策提供科学依据。

关键词

儿童肱骨髁上骨折, Gartland III型, 治疗进展

Treatment Progress of Gartland III Extension-Type Supracondylar Humeral Fractures in Children

Yuan Gao

Graduate School of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Apr. 11th, 2023; accepted: May 6th, 2023; published: May 15th, 2023

Abstract

Gartland III extension-type supracondylar humeral fractures in children are a severe case of elbow fracture, often complicated by neurovascular injuries. If not treated correctly, the condition can lead to serious complications and adverse effects on the physical and mental health of child-

ren. Closed reduction is a medical procedure often used to reduce a broken bone without the need to cut the skin open but, in such cases, this method is relatively difficult to perform because of the complete rupture, significant lateral and/or rotation displacement, and relative instability of the bone cortex between fracture ends. This study conducts a systematic review of the treatment progress of Gartland III extension-type supracondylar humeral fractures in children by referring to the relevant literature published in recent years, aiming to deepen the understanding of the clinical characteristics of this type of fracture and describe the development of its diagnosis and treatment methods. The outcomes presented here may provide a novel scientific basis for clinical decision-making involving patients undergoing treatment or facing the adversities of this condition.

Keywords

Supracondylar Humeral Fractures in Children, Gartland III, Treatment Progress

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

儿童肱骨髁上骨折是临床上小儿骨科常见肘部骨折,其发病率约在 3.3%~16.6%之间,约占所有儿科骨折的 12%~17% [1] [2]。其受伤原因一般是户外运动、不慎跌倒及意外交通事故等。其中 Gartland III 型伸直型肱骨髁上骨折是儿童临床上一种比较严重的骨折类型,其临床表现主要包括:肘关节疼痛肿胀、畸形或假关节形成以及肘关节功能受限,严重者可有皮肤感觉异常、脉搏消失甚至合并开放性损伤等[3]。通常,该型骨折由于骨折端之间无明显皮质接触,完全移位,所以相对不稳定,再加上周围软组织肿胀和肌肉牵拉等因素导致其复位难度较高,复位不理想或复位丢失可能会导致远期并发症肘内翻畸形的发生。其次,该型骨折端之间嵌入软组织风险较高,有时骨折端甚至会刺入肱肌,通常会合并血管神经损伤。再者,骨折端和周围软组织损伤会造成局部出血,使得间室压力较高,这不但增加了复位的难度,还会引起骨筋膜室综合征与 Volkmann 肌肉挛缩的发生,导致“爪形手”畸形的发生。对患儿身心造成极其严重的不利影响。因此,深入对该型骨折的临床治疗的研究非常重要,通过不断改进更新治疗技术和治疗理念,对提高骨折复位质量、降低并发症以及改善肘关节功能恢复有很大裨益。

2. 儿童肱骨髁上骨折的分型

儿童肱骨髁上骨折是指肱骨远端内外髁上方骨质薄弱的髁上区域处发生的骨折,根据受伤机制的不同,儿童肱骨髁上骨折可大致分为两种类型,即:伸直型和屈曲型,前者在临床上占绝大多数的,主要是由于患儿在跌倒是手掌反射性触的产生的间接暴力造成的,是其占比约有 98%,仅有少数患儿是由于呈屈曲位的肘关节直接着地,产生的暴力直接导致骨折,即屈曲型肱骨髁上骨折[4] [5]。对于伸直型肱骨髁上骨折来说,Gartland 分型是评估其损伤严重程度和指导临床决策的最普遍适用的分型[6]。Zorrilla [7] 等人依照骨折移位程度和稳定性将伸直型肱骨髁上骨折 Gartland 分型细化:即 I 型细化为 Ia 亚型和 Ib 亚型,II 型细化为 IIa 亚型和 IIb 亚型;而对于 III 型:骨折存在严重的冠状面后内侧(IIIa 亚型,即尺偏型),或后外侧(IIIb 亚型,即桡偏型)移位和(或)水平方向旋转畸形,且无骨皮质接触;并增加了骨折具有多方向不稳定特征的 IV 型[8]。对于 Gartland 伸直尺偏型骨折来说,由于手掌触地时产生的暴力传导至肱骨

髌部前外侧,使得在发生骨折的情况下肱骨髌部被推挤至后内侧,因此会导致内侧骨皮质遭受到严重压迫,甚至引起塌陷等。而前外侧骨膜断裂,内侧骨膜相对完整,会使得骨折远端朝着尺侧的方向发生偏移。所以即便在其复位后,由于内侧骨皮质受到挤压、周围肌肉牵拉等因素会使得骨折远端及容易复位丢失,往尺侧偏移,引起的肘内翻畸形的概率非常高。而对于桡偏型骨折来说,由于其骨折断端桡侧骨皮质受到挤压甚至出现塌陷,此时即便外侧骨膜维持正常的连续状态,但尺侧骨膜断裂,骨折远端受周围肌肉牵拉朝着桡侧发生偏移。虽然这一型骨折通常引起肘内翻畸形的概率较尺偏型小,但由于桡偏型一般是由于手掌旋后位着地而造成的,使得其骨折远端常伴有旋转移位,易形成“骑跨”,使得桡偏型在临床中进行闭合复位经皮克氏针内固定(closed reduction and percutaneous pinning, CRPP)治疗是难度明显高于尺偏型,这增加了切开复位的风险[9]。

3. Gartland III 型儿童肱骨髌上骨折的治疗

3.1. 确定治疗时机

从传统观念上来看,对于 Gartland III 型儿童肱骨髌上骨折,一般认为早期行急诊手术有助于减少并发症的发生率,如骨筋膜室综合征、神经损伤等,并有助于降低切开复位的几率[10]。尽管目前还有少数研究报道延迟手术可增加切开复位率。但很多文献中关于 Gartland III 型骨折延迟手术对手术难度和手术时间的影响的证据有限。Leet [11]和 Sibinski [12]等人分别报告了 158 例和 77 例患儿的队列研究中表明急诊手术和延迟手术的手术时间没有差异;而 Walmsley [13]等人报告了 171 例患儿的队列研究中手术延迟和手术时间之间的呈现微弱相关性;Prabhakar [14]等人进行了一项包含 309 例患儿的队列研究,同样不能证明手术延迟和手术时间之间的存在正相关性。其研究结果显示:早期治疗组和延迟治疗组的并发症发生率无明显差异。同样,对于手术时机与预后的关系,Kwiatkowska [15]等人报告称:在他们 116 例患儿的研究表明,没有血管神经损伤的 Gartland III 型肱骨髌上骨折行 CRPP 治疗 12 小时以上或更长时间的骨折在临床结果(复位质量和运动功能)或切开复位几率方面没有显著差异。总之,就 Gartland III 型肱骨髌上骨折而言,延迟手术一般并不会导致更长的手术时间或更困难的复位,但这不应被解释为所有的 III 型骨折都可以安全推迟到第二天进行手术。笔者认为,治疗时机必须综合考虑患儿实际情况以及人员设备来做出决策,尽可能尽早进行手术治疗。

3.2. 合并血管损伤时的临床治疗

临床上通常认为,肱动脉损伤与 Gartland III 型伸直型肱骨髌上骨折有很高相关性,尤其是占绝大多数的伸直桡偏型骨折[16][17]。根据一些文献中报道的临床研究能够发现:Gartland III 型肱骨髌上骨折导致血管损伤的发生率超过 10% [18]。一般来说,通过闭合复位处理后,严密监测血管脉搏恢复情况和患肢末梢血运即可,只有必要时才进行二次手术探查[19]。对于临床查体时发现有粉红色无脉手即手部有灌注的患儿需要进行紧急评估和骨折闭合复位,但如何治疗这些患儿的血管受损症状仍然缺乏共识。在大多数情况下,对骨折进行成功闭合复位后,血管卡压被解除,脉搏会立即恢复,然后就可以行经皮克氏针固定骨折。Louahem [20]等人应用 CRPP 治疗 68 例血管损伤患儿(其中 63 例手部无脉搏灌注),并进行密切观察,发现 42 例患者在 CRPP 后立即出现可触及的脉搏,18 例患者在术后几小时至 11 天内脉搏恢复,3 例患者因复位失败后出现手部缺血征象而需立即手术探查,发现骨折断段间肱动脉嵌顿,平均随访 8.4 年,所有患儿均恢复正常血液循环。然而,在复杂的骨折类型中,如果复位不能够稳定维持或骨折端之间有软组织卡压使得难以闭合复位,则可能需要切开复位。但只要患肢手部末梢保持良好的血液灌注,患肢屈曲 40°的夹板固定,并密切监测患肢脉搏以及末梢灌注,以确保血管状态没有恶化就行[21]。而手部呈苍白色即缺乏未灌注的患儿应被视为紧急情况。重点应该是尽快尝试进行骨折复位,观察手部

的灌注是否有所改善,如果手变成粉红色并灌注,则可以遵循粉红色无脉手的方法进行处理,如果仍然是苍白色的,则应进行切开探查,如果需要,应与血管外科医生一起会诊进行血管修复。成功进行血管修复的患儿可能会出现骨筋膜室综合征,因此必要时要考虑切开减压,预防演变为极具破坏性的 Volkmann 肌肉挛缩[22]。

3.3. 合并神经损伤的临床治疗

据文献中报道:大约有 11%~12% Gartland III 型肱骨髁上骨折的会合并神经功能受损[23]。最常见的受损神经是正中神经,其次是桡神经[24]。通常,这些神经损伤是由于儿童肱骨髁上骨折会造成骨折端周围的神经卡压而产生牵拉或挫伤不是直接离断,所以,导致的初始受损的神经功能通常会在骨折复位后神经卡压被解除后随着时间的推移和手部功能的锻炼而逐渐恢复。除初始神经损伤外,多次尝试骨折闭合复位和交叉克氏针固定导致的医源性神经损伤也可能发生。当术后发现 Tinel 征阳性、神经性疼痛或完全性尺神经麻痹的情况下,应考虑二次手术探查尺神经,及时进行神经修复或解除卡压[25]。Babal [26] 等人在一项包含 44 例创伤性神经损伤患儿的研究中指出:绝大多数患儿在受伤时发现的神经功能缺失是暂时的,经过及时的救治和后续恰当功能锻炼,一般会在六个月内自行恢复,而那些桡神经损伤或神经损伤数量超过 1 的患儿延迟恢复的风险更大。根据他们的结果来看,不建议对伸直型肱骨髁上骨折相关的神经损伤进行急诊探查,只有在必要的切开复位中才进行探查。如果骨折复位固定后神经功能恶化,可能存在神经卡压在骨折端之间或医源性神经损伤,应尽早行神经探查,并将神经解除卡压。

3.4. 闭合复位经皮克氏针固定术

在上世纪 60 年代, Casiano 首次描述了经皮穿针固定治疗儿童肱骨髁上骨折,这对于有移位的肱骨髁上骨折在进行闭合复位后并维持其复位来说是一种有效的治疗方式[27]。从那时起,经过长期的临床实践,CRPP 普遍被学者们认为是治疗有移位的儿童肱骨髁上骨折标准治疗方法[28]。Gartland III 型肱骨髁上骨折治疗的目的是接近达到解剖复位并维持此复位状态,直到骨折部位正常骨性愈合,从而最大限度地减少骨折丢失和畸形愈合发生的风险。CRPP 通常是在臂丛阻滞和 C 型臂 X 光透视仪透视下进行操作,通过不同角度的透视和相关评价复位的指标判断是否达到可以接受的复位质量。首先在屈肘 30°位下沿肱骨纵轴牵引,通过前臂旋前或旋后纠正骨折端水平方向旋转畸形。用拇指和其余四指推挤肱骨远端内、外侧髁纠正折端侧方移位。在冠状面复位满意后,术者用拇指向前推顶尺骨鹰嘴并逐渐屈曲肘关节,纠正折端矢状面移位和成角,复位后屈肘可达 130°或以上,否则要重新操作[29]。如果存在肌征或皮肤瘀斑,需以:“挤牛奶”的方式松解穿透肱肌的骨折端,然后再进行复位[30]。在最终完成复位后,需用再次 X 线透视评估骨折复位质量,透视时应维持复位状态旋转 C 臂进行。以减少复位丢失的风险。目前不少学者存在的争议一般是置针法的选择及应用方面。在临床上,其置针方法有两种,即:交叉针与桡侧发散针。从理论层面来看,前者的应用在固定骨折端时应具备较强的物理稳定性,难以出现复位丢失,不过医源性尺神经损伤的概率非常高,对于后者来说,在临床应用时导致尺神经医源性损伤的与前者相比概率极低,不过在固定骨折端时物理稳定性较差,容易固定失效导致复位丢失。然而,近些年来,通过一些相关的生物力学研究能够看出:交叉针与桡侧发散针这两种不同的置针方式在一般的屈伸、内外翻实验中都具备较强的物理稳定性,并且两者的应用效果相当,并没有明显的差异性,不过对于抗扭转力方面来说,桡侧发散针的抗旋转能力较交叉针差[31] [32]。不过,在临床实践中,对于绝大部分肱骨髁上骨折而言,这两种置针方式都能提供足够的稳定性,再加上术后石膏外固定,使得二者在骨折复位丢失方面没有明显的差异,除此之外,根据对一些临床案例观察研究能够发现:叉针导致医源性尺神经受损的风险明显比偏高,且远远超过桡侧发散针[33]。所以,目前大部分学者通常会支持在临床中使用桡

侧发散针，在获得足够的固定强度的同时，能够最大化地降低尺神经医源性损伤风险[5]。

3.5. 切开复位技术

尽管 CRPP 是 Gartland III 型肱骨髁上骨折的标准治疗方法，作为如果在多次尝试闭合复位后失败，则可能需要切开在直视骨折端下进行复位。从文献中我们可得知，Gartland III 的切开复位率是型肱骨髁上骨折之前的研究报告切开复位的发生率 4%~8%，但目前关于切开复位仍然没有的确切预测因素[34]。通常是由于骨折端周围的软组织或神经血管嵌入骨折端间使得复位困难或神经血管损伤严重使得切开复位可能性增加。Mangat [35]等人在他们所研究的系列病例指出：所有与肱骨髁上骨折相关的正中神经或桡神经损伤的患者都被发现有神经或血管或两者都卡压在骨折端之间，并建议手术医生应及早探查出现相关血管神经损伤症状的患儿。然而，Harris [36]等人对此持不同意见，他们通过队列研究表明，尽管有 70% 的有血管神经损伤症状的患儿进行了闭合复位内固定，但中有 97% 的患者血管神经损伤得到缓解。可见神经血管损伤并非切开复位的充分必要条件。对于切开复位指征，由于闭合复位未能达到可接受的复位程度是导致肘关节畸形最常见原因，切开复位显然比反复尝试闭合复位或较差的复位质量更为可取。其他指征包括粉碎性骨折、需要清创的开放性骨折及神经和血管损伤在闭合复位后仍然无法恢复功能和脉搏，需要探查和修复。总之，虽然切开复位可以在直视下更好地恢复骨折端的解剖复位，但术后肘关节僵硬、感染以及美观等并发症的发生风险更大。针对切开复位的指针应该严格把控，综合评估其与闭合复位的收益，当闭合复位无法满足这些的时候，这时，切开复位亦不失为是一种有效的治疗方法[37]。

3.6. “操纵杆技术”辅助 CRPP 闭合复位

闭合复位微创治疗理念是治疗儿童肱骨髁上骨折的趋势。“操纵杆技术”辅助 CRPP 闭合复位使得肱骨髁上骨折微创治疗得到了扩展。操纵杆技术辅助闭合复位也被运用到 Gartland III 型肱骨髁上骨折的治疗中。目前许多学者在“操纵杆技术”治疗难复位 Gartland III 型肱骨髁上的相关领域展开了深入的研究。Sawaizumi [38]等人是第一个报告使用杠杆技术治疗有移位的肱骨髁上骨折相关研究的，他们认为该项技术适用于低于 12 岁的儿童；Lee 和 Kim [39]等人描述了 Gartland III 型骨折合并软组织严重水肿的患儿在 3 次以上闭合复位尝试失败后采用斯氏针作为杠杆从肘后撬拨骨折端的技术，治疗结果令人满意，但该技术对粉碎性骨折无效；Parmaksizoglu [40]等人描述了 CRPP 治疗失败病例中的改用“操纵杆技术”辅助闭合复位，将操纵杆置入骨折近端三角肌止点以下，用来控制骨折近端来纠正骨折远端冠状面倾斜、侧方和旋转移位，按 Flynn 标准评价，优良率为 95.6%；Novais [41]等人在其回顾性研究中使用克氏针作为操纵杆穿过肱骨小头，控制骨折远端以纠正多向不稳定骨折；Li [42]等人比较了 CRPP 与一种采用蚊式止血钳辅助闭合复位的方式的临床结果，研究表明二者术后肘关节功能相似；Herzog [43]等人使用斯氏针作为操纵杆治疗 II 型与 III 型肱骨髁上骨折，结果显示该技术得在减少切开复位的同时，获得了令人满意的临床复位结果；Basaran [44]等人在治疗 CRPP 治疗失败的 III 型骨折时使用了操纵杆进行辅助闭合复位，骨折端精确复位，获得了和切开复位类似的影像学结果并避免了切开复位的相关并发症；Dong [45]等人通过“操纵杆技术”，来纠正 Gartland III 型骨折的旋转移位，他报告了 36 例患者采用了操纵杆技术进行闭合复位经皮固定，结果表明采用操纵杆技术进行闭合复位经皮固定手术时间较对照组明显缩短，辐射暴露次数明显减少，且对患肢的影像学指标和功能恢复没有显著影响，并避免了反复多次闭合复位和切开复位所带来的诸多并发症，值得肯定。总的来说“操纵杆技术”为经 CRPP 治疗失败后的难复位 Gartland III 型肱骨髁上骨折提供了一条新思路，这种方法不但减少了由于多次尝试闭合复位所引起的潜在并发症发生的风险，如神经紊乱、肘关节僵硬和骨化性肌炎，而且降低了切开复位的几率、改善了骨折复位质量以及减少了肘内翻畸形等的并发症的产生。

3.7. 复位质量的评估

闭合复位是儿童肱骨髁上骨折治疗的理念，由于临床工作中一般不能在切开直视下进行精准的解剖复位，所以，在治疗 Gartland III 型伸直型儿童肱骨髁上骨折这类移位程度较大的复杂骨折时，无论是 CRPP 或“操纵杆技术”辅助闭合复位，都必须在 X 射线引导下进行。我们会通过影像手段在骨折在不同层面所表现出来的一些指标来评估骨折的复位质量，判断是否达到接受的理想复位，减少肘内翻畸形发生的风险。在冠状面上，通常用 Baumann 角来衡量，其定义为在标准的 X 线正位片上外髁骨骺线与肱骨长轴相交所形成的夹角，正常范围是 $64^{\circ}\sim 8^{\circ}$ ，通常冠状面可接受的复位标志是 Baumann 角 $< 80^{\circ}$ ，这个范围下肘内翻的发生率是比较低的[46]。Kosher [47]等人认为，在临床随访中，若是发现 Baumann 角变化 $> 12^{\circ}$ ，即可认为发生了复位丢失。有研究指出，Baumann 角与提携角有非常显著的负相关性，Baumann 角每增加 $0.5^{\circ}\sim 0.7^{\circ}$ ，提携角约减少 1° ，故测量 Baumann 角可以作为预测提携角的指标[48]。在矢状面上，侧位肱骨头角定义为标准的侧位 X 线片上肱骨前缘线与肱骨远端骨骺线所形成的夹角，一般平均值约为 51° ，并且不受年龄、性别和侧别等因素影响，其可靠程度仅次于 Baumann 角。通常侧位肱骨头角在 $39^{\circ}\sim 63^{\circ}$ 内被认为是完全复位的[49]。另外侧位片上测量的肱骨前缘线作为矢状面指标通过观测是否通过肱骨小头的中 1/3，对预测肘关节过伸畸形很有临床价值。但 Eguia [33]认为肱骨前缘线与肱骨小头的任何部分相交都是可以被视为可接受的复位。而在水平面上，由于骨折的旋转移位无法被直接测量，所以只能通过间接的方式来衡量骨折的旋转移位程度。历史上，Lönroth [50]等人描述了一种方法，对骨折端处以每 5° 拍摄一张 X 线片。在多张 X 线片中确定了骨折近端和远端骨折线显示为最长的两张 X 线片，通过计算这 2 张 X 线片在拍摄时角度的差值，用来估计的旋转移位的程度。Gordon [51]等人描述了一种估计旋转移位程度的方法，称之为“侧位旋转百分比”，即使用标准的肘关节侧位 X 线片，通过测量的肱骨近端绝对位移除以骨折远端的宽度，计算所得的商乘以 100。Laer [52]也描述了一个类似的计算，称之为旋转丢失商。Henderson [53]又提出了一种复杂数学方法，结合标准的正位 X 线片和侧位 X 线片测量计算骨折远端旋转畸形的程度。当然，现在计算机断层扫描(computed tomography, CT)也可以被用来确定旋转移位的程度的，这在肘关节的复杂骨折里被经常运用到。就这几种评估骨折远端旋转移位程度方法而言，虽然 5° 以内骨折远端旋转畸形的信息对于评估骨折复位是足够的，但是 Lönroth 的方法无疑会使患儿接受更多的辐射，且操作较为很繁琐，在临床操作中并不适合。而 CT 虽然是一种确定旋转移位程度的准确方法，但肱骨髁上骨折治疗过程中使用标准的 X 光正侧位片足以，CT 运用在临床中意味着更高成本和更多的辐射暴露，因此在临床实践中也不具备太大的吸引力。总而言之 Gordon 和 von Laer 的方法虽然为临床工作者提供了对复位质量评估的方法，但是他们并没有得出一个可以很容易转化为临床上一个可接受复位程度的指标。Henderson 弥补了这一缺点，但其计算过程过于复杂，并不适合在手术环境中进行临床应用。针对上述方法的局限性，Eguia [33]等人在 Henderson 的方法基础上在提出了一种更为简便的计算方法来评估肱骨髁上骨折远端的旋转程度，通过计算肱骨髁上骨折近端和骨折远端的宽度，二者相比，得出的比值称之为水平旋转率。比值范围在 0.85~1.15 之间表示骨折达到接近或完全复位的程度，而在这范围之外是不可接受的。这种方法为临床实践提供了一种简便有效的方法，在术中可以很好的对骨折旋转移位程度和骨折复位质量进行评价，降低肘内翻发生的风险。

4. Gartland III 型儿童肱骨髁上骨折术后并发症的预防

4.1. 肘内翻畸形

肘内翻畸形是儿童肱骨髁上骨折的常见并发症，文献报道其发生概率为 $9\%\sim 58\%$ ，平均约 30% [54]。关于肘内翻畸形发生的原因及发生的机制，国内外可见相关报道，但目前仍无共识，主要有两种学说，

即肘内翻畸形是骨折畸形愈合的结果(一次形成学说)和骨折导致肱骨远端骨骺生长发育不平衡所致(二次发生学说) [55] [56]。儿童肱骨髁上骨折是造成肘内翻畸形最常见的原因,故临床上多认为这是骨折畸形愈合的结果。Gartland III型儿童肱骨髁上骨折是一种伴有侧方或旋转移位的较为严重的骨折类型,尤其是尺偏型,治疗的过程中,如果骨折远端发生尺偏移位或骨折复位质量不佳,复位后再移位产生尺侧偏移会导致骨折畸形愈合[57]。根据目前文献中报道的一些研究发现,这一并发症的作用和骨折远端的尺偏移位、旋转移位、骨折断端间持续内倾或内旋等存在很大的相关性[58]。除此之外,其发生率与骨折类型、治疗模式也有很大的相关性。所以精准地判断骨折类型并做出合理的复位对策是非常重要的,这是减少肘内翻畸形发生的一个关键要素。

4.2. 针道感染

肱骨髁上骨折的克氏针通常需要固定 3~4 周左右,由于克氏针是外露的,在内固定拆除期间可能会发生针道感染[59]。在临床中,对于闭合性的 Gartland III型肱骨髁上骨折来说,即便在手术过程中半无菌技术的运用,但其出现针道感染的风险并不高,约有 2.34% [60]。针道感染风险主要和克氏针留置体内的时间长度和不适当的针道护理有关等。即便发生感染,在及时拔除克氏针之后,进行常规换药治疗,必要时给予抗生素,便能够有效地控制其感染问题,同时深部感染或者出现骨髓炎的概率也非常低。

4.3. 医源性尺神经受损

医源性神经损伤通常发生在难复位的 Gartland III型肱骨髁上骨折反复尝试闭合复位或行交叉针固定过程中[61]。Prashant [62]等人的通过研究报道称,行交叉针时的尺侧克氏针导致的医源性尺神经损伤发生率为 6%,而单纯桡侧发散针导致医源性尺神经麻痹发生率为基本为无。Lyons [63]等人的报道指出,无论克氏针是否拔除、探查神经或保守治疗,交叉克氏针固定后产生的医源性尺神经损伤均有良好的预后。所以,为了预防这一疾病的出现,在临床治疗过程中,因尽量使用桡侧发散针来固定,如果必须要使用尺侧针,应该避开尺神经置针,必要时可做微型切口。当医源性尺神经麻痹发生后,一般不用立刻探查,或者提前拔除出尺侧针,患儿术后需要定期随访,坚持观察半年以上。

5. 结束语

综上所述,由于医学技术的持续发展和人们对儿童肱骨髁上骨折认识的持续深入,Gartland III型儿童肱骨髁上骨折的临床治疗理念及方法也在不断的更新和完善。随着“操纵杆技术”辅助闭合复位理念的应用,闭合复位的适应范围不断扩大,以 CRPP 为主的治疗体系日臻完善,因切开复位而导致的并发症也日益在减少。同时,随着对儿童肱骨髁上骨折发生机制和预后转归的不断研究,人们认识到对骨折术后复位质量进行综合评估对于降低肘内翻畸形的发生几率的重要性。不过由于 Gartland III型儿童肱骨髁上骨折的复杂性,关于治疗时机选择和复位后血流灌注好却无脉搏等患者,该如何结合实际情况确定最佳的经皮克氏针治疗方案,依旧是一个棘手问题,希望在未来研究中逐步攻克。

参考文献

- [1] Kropelnicki, A., Ali, A.M., Popat, R., et al. (2019) Paediatric Supracondylar Humerus Fractures. *British Journal of Hospital Medicine*, **80**, 312-316. <https://doi.org/10.12968/hmed.2019.80.6.312>
- [2] 胥少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学[M]. 北京: 人民军医出版社, 2012: 536-541.
- [3] Poggiali, P., Nogueira, F.C.S. and Nogueira, M.P.D.M. (2022) Manejo da fratura supracondiliana do úmero na criança. *Revista Brasileira de Ortopedia*, **57**, 23-32. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1709734>
- [4] Afaque, S.F., Singh, A., Maharjan, R., et al. (2020) Comparison of Clinic-Radiological Outcome of Cross Pinning Versus Lateral Pinning for Displaced Supracondylar Fracture of Humerus in Children: A Randomized Controlled Trial.

- Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **11**, 259-263. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.01.013>
- [5] Claireaux, H., Goodall, R., Hill, J., *et al.* (2019) Multicentre Collaborative Cohort Study of the Use of Kirschner Wires for the Management of Supracondylar Fractures in Children. *Chinese Journal of Traumatology*, **22**, 249-254. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2019.06.002>
- [6] Gartland, J.J. (1959) Management of Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. *Surgery, Gynecology & Obstetrics*, **109**, 145-154.
- [7] Zorrilla, S.D.N.J., Prada-Cañizares, A., Marti-Ciruelos, R., *et al.* (2015) Supracondylar Humeral Fractures in Children: Current Concepts for Management and Prognosis. *International Orthopaedics*, **39**, 2287-2296. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2975-4>
- [8] Leitch, K.K., Kay, R.M., Femino, J.D., *et al.* (2006) Treatment of Multidirectionally Unstable Supracondylar Humeral Fractures in Children. A Modified Gartland Type-IV Fracture. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, **88**, 980-985. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02956>
- [9] 孙捷. 中西医结合微创技术治疗四肢骨折[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2011: 43-48.
- [10] Bales, J.G., Spencer, H.T., Wong, M.A., *et al.* (2010) The Effects of Surgical Delay on the Outcome of Pediatric Supracondylar Humeral Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **30**, 785-791. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181f9fc03>
- [11] Leet, A.I., Frisancho, J. and Ebramzadeh, E. (2002) Delayed Treatment of Type 3 Supracondylar Humerus Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **22**, 203-207. <https://doi.org/10.1097/01241398-200203000-00014>
- [12] Sibinski, M., Sharma, H. and Bennet, G. (2006) Early versus Delayed Treatment of Extension Type-3 Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. *The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, **88**, 380-381. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B3.17181>
- [13] Walmsley, P., Kelly, M., Robb, J., *et al.* (2006) Delay Increases the Need for Open Reduction of Type-III Supracondylar Fractures of the Humerus. *The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, **88**, 528-530. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B4.17491>
- [14] Prabhakar, P. and Ho, C.A. (2019) Delaying Surgery in Type III Supracondylar Humerus Fractures Does Not Lead to Longer Surgical Times or More Difficult Reduction. *Journal of Orthopaedic Trauma*, **33**, e285-e290. <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001491>
- [15] Kwiatkowska, M., Dhinsa, B.S. and Mahapatra, A.N. (2018) Does the Surgery Time Affect the Final Outcome of Type III Supracondylar Humeral Fractures? *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **9**, S112-S115. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2017.08.016>
- [16] Skaggs, D. and Pershad, J. (1997) Pediatric Elbow Trauma. *Pediatric Emergency Care*, **13**, 425-434. <https://doi.org/10.1097/00006565-199712000-00021>
- [17] Griffin, K., Walsh, S., Markar, S., *et al.* (2008) The Pink Pulseless Hand: A Review of the Literature Regarding Management of Vascular Complications of Supracondylar Humeral Fractures in Children. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **36**, 697-702. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2008.08.013>
- [18] Garg, S., Weller, A., Larson, A.N., *et al.* (2014) Clinical Characteristics of Severe Supracondylar Humerus Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **34**, 34-39. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e31829c0046>
- [19] Kumar, V. and Singh, A. (2016) Fracture Supracondylar Humerus: A Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, **10**, RE01. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/21647.8942>
- [20] Louahem, D. and Cottalorda, J. (2016) Acute Ischemia and Pink Pulseless Hand in 68 of 404 Gartland Type III Supracondylar Humeral Fractures in Children: Urgent Management and Therapeutic Consensus. *Injury*, **47**, 848-852. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.01.010>
- [21] Shenoy, P.M., Islam, A. and Puri, R. (2020) Current Management of Paediatric Supracondylar Fractures of the Humerus. *Cureus*, **12**, e8137. <https://doi.org/10.7759/cureus.8137>
- [22] Robertson, A.K., Snow, E., Browne, T.S., *et al.* (2018) Who Gets Compartment Syndrome? A Retrospective Analysis of the National and Local Incidence of Compartment Syndrome in Patients with Supracondylar Humerus Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **38**, e252-e256. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001144>
- [23] Shore, B.J., Gillespie, B.T., Miller, P.E., *et al.* (2019) Recovery of Motor Nerve Injuries Associated with Displaced, Extension-Type Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **39**, e652-e656. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001056>
- [24] Osei, D.A., Calfee, R.P., Stepan, J.G., *et al.* (2014) Simultaneous Bilateral or Unilateral Carpal Tunnel Release? A Prospective Cohort Study of Early Outcomes and Limitations. *The Journal of Bone and Joint Surgery American Volume*, **96**, 889-896. <https://doi.org/10.2106/JBJS.M.00822>
- [25] Kwok, I., Silk, Z., Quick, T., *et al.* (2016) Nerve Injuries Associated with Supracondylar Fractures of the Humerus in

- Children: Our Experience in a Specialist Peripheral Nerve Injury Unit. *The Bone & Joint Journal*, **98**, 851-856. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B6.35686>
- [26] Babal, J.C., Mehlman, C.T. and Klein, G. (2010) Nerve Injuries Associated with Pediatric Supracondylar Humeral Fractures: A Meta-Analysis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **30**, 253-263. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181d213a6>
- [27] Casiano, E. (1960) Reduction and Fixation by Pinning “Banderillero” Style—Fractures of the Humerus at the Elbow in Children. *Military Medicine*, **125**, 262-264. <https://doi.org/10.1093/milmed/125.4.262>
- [28] Vaquero-Picado, A., González-Morán, G. and Moraleda, L. (2018) Management of Supracondylar Fractures of the Humerus in Children. *EFORT Open Reviews*, **3**, 526-540. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170049>
- [29] 韦宜山, 刘万林, 崔鹏飞, 等. 尺骨鹰嘴穿针操纵杆技术辅助治疗儿童多方向不稳定肱骨髁上骨折的对比研究[J]. 中华小儿外科杂志, 2020, 41(6): 542-549.
- [30] Archibeck, M.J., Scott, S.M. and Peters, C.L. (1997) Brachialis Muscle Entrapment in Displaced Supracondylar Humerus Fractures: A Technique of Closed Reduction and Report of Initial Results. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **17**, 298-302. <https://doi.org/10.1097/01241398-199705000-00006>
- [31] Kamara, A., Ji, X., Liu, C., *et al.* (2021) The Most Stable Pinning Configurations in Transverse Supracondylar Humerus Fracture Fixation in Children: A Novel Three-Dimensional Finite Element Analysis of a Pediatric Bone Model. *Injury*, **52**, 1310-1315. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.01.012>
- [32] Durusoy, S., Öner, K., Özer, A., *et al.* (2021) The Effect of the Angle between Fracture Line and Kirschner Wires on Stability in Supracondylar Humerus Fractures Treated with Kirschner Wire Fixation: A Finite Element Analysis. *Joint Diseases and Related Surgery*, **32**, 75-84. <https://doi.org/10.5606/ehc.2021.77279>
- [33] Eguia, F., Gottlich, C., Lobaton, G., *et al.* (2020) Mid-Term Patient-Reported Outcomes after Lateral versus Crossed Pinning of Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **40**, 323-328. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001558>
- [34] Tokyay, A., Okay, E., Cansü, E., *et al.* (2022) Effect of Fracture Location on Rate of Conversion to Open Reduction and Clinical Outcomes in Pediatric Gartland Type III Supracondylar Humerus Fractures. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*, **28**, 202-208.
- [35] Mangat, K., Martin, A. and Bache, C. (2009) The “Pulseless Pink” Hand after Supracondylar Fracture of the Humerus in Children: The Predictive Value of Nerve Palsy. *The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, **91**, 1521-1525. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B11.22486>
- [36] Harris, L.R., Arkader, A., Broom, A., *et al.* (2019) Pulseless Supracondylar Humerus Fracture with Anterior Interosseous Nerve or Median Nerve Injury—An Absolute Indication for Open Reduction? *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **39**, e1-e7. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001238>
- [37] Tarallo, L., Novi, M., Porcellini, G., *et al.* (2022) Gartland Type III Supracondylar Fracture in Children: Is Open Reduction Really a Dangerous Choice? *Injury*, **53**, S13-S18. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.02.071>
- [38] Sawaizumi, T., Takayama, A. and Ito, H. (2003) Surgical Technique for Supracondylar Fracture of the Humerus with Percutaneous Leverage Pinning. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, **12**, 603-606. [https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(03\)00205-2](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(03)00205-2)
- [39] Lee, H.-Y. and Kim, S.-J. (2007) Treatment of Displaced Supracondylar Fractures of the Humerus in Children by a Pin Leverage Technique. *The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, **89**, 646-650. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.89B5.18224>
- [40] Parmaksizoglu, A.S., Ozkaya, U., Bilgili, F., *et al.* (2009) Closed Reduction of the Pediatric Supracondylar Humerus Fractures: The “Joystick” Method. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **129**, 1225-1231. <https://doi.org/10.1007/s00402-008-0790-8>
- [41] Novais, E.N. andrade, M.A. and Gomes, D.C. (2013) The Use of a Joystick Technique Facilitates Closed Reduction and Percutaneous Fixation of Multidirectionally Unstable Supracondylar Humeral Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **33**, 14-19. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3182724d07>
- [42] Li, Y.-A., Lee, P.-C., Chia, W.-T., *et al.* (2009) Prospective Analysis of a New Minimally Invasive Technique for Paediatric Gartland Type III Supracondylar Fracture of the Humerus. *Injury*, **40**, 1302-1307. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2009.03.007>
- [43] Herzog, M.A., Oliver, S.M., Ringler, J.R., *et al.* (2013) Mid-America Orthopaedic Association Physician in Training Award: Surgical Technique: Pediatric Supracondylar Humerus Fractures: A Technique to Aid Closed Reduction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **471**, 1419-1426. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2764-y>
- [44] Basaran, S.H., Ercin, E., Bilgili, M.G., *et al.* (2015) A New Joystick Technique for Unsuccessful Closed Reduction of Supracondylar Humeral Fractures: Minimum Trauma. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **25**, 297-303. <https://doi.org/10.1007/s00590-014-1494-0>

- [45] Dong, L., Wang, Y., Qi, M., *et al.* (2019) Auxiliary Kirschner Wire Technique in the Closed Reduction of Children with Gartland Type III Supracondylar Humerus Fractures. *Medicine*, **98**, e16862. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000016862>
- [46] Segal, D., Emery, K., Zeitlinger, L., *et al.* (2020) Humerus Rotation Has a Negligible Effect on Baumann Angle in a Wide Range of Rotational Positions. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **40**, e822-e826. <https://doi.org/10.1097/BPO.0000000000001633>
- [47] Kocher, M.S., Kasser, J.R., Waters, P.M., *et al.* (2007) Lateral Entry Compared with Medial and Lateral Entry Pin Fixation for Completely Displaced Supracondylar Humeral Fractures in Children: A Randomized Clinical Trial. *JBJS*, **89**, 706-712. <https://doi.org/10.2106/00004623-200704000-00002>
- [48] Griffet, J., Abou-Daher, A., Bréaud, J., *et al.* (2004) Systematic Percutaneous Pinning of Displaced Extension-Type Supra-Condylar Fractures of the Humerus in Children: A Prospective Study of 67 Patients. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **14**, 214-220. <https://doi.org/10.1007/s00590-004-0170-1>
- [49] Suangyanon, P., Chalayon, O., Worawuthangkul, K., *et al.* (2019) Pediatric Elbow Measurement Parameters: Evaluation of the Six Angles in Inter- and Intra-Observer Reliability. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **10**, 792-796. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.07.019>
- [50] Lonroth, H. (1962) Measurement of Rotational Displacement in Supracondylar Fractures of the Humerus. *Acta Radiologica*, **57**, 65-70. <https://doi.org/10.3109/00016926209171729>
- [51] Gordon, J.E., Patton, C.M., Luhmann, S.J., *et al.* (2001) Fracture Stability after Pinning of Displaced Supracondylar Distal Humerus Fractures in Children. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **21**, 313-318. <https://doi.org/10.1097/01241398-200105000-00010>
- [52] Laer, L.V. (1979) Die Supracondyläre Humerusfraktur im Kindesalter. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **95**, 123-140. <https://doi.org/10.1007/BF00379179>
- [53] Henderson, E.R., Egol, K.A., Van Bosse, H.J., *et al.* (2007) Calculation of Rotational Deformity in Pediatric Supracondylar Humerus Fractures. *Skeletal Radiology*, **36**, 229-235. <https://doi.org/10.1007/s00256-006-0211-4>
- [54] 李玉婵, 王志刚, 蔡海清, 等. 截骨远端内移——改良 French 截骨治疗儿童肘内翻畸形[J]. 中华手外科杂志, 2016, 32(6): 455-458.
- [55] 张德洲, 易雪冰, 钟鉴, 等. 儿童肘关节损伤致肘内翻畸形机制探讨[J]. 中国骨伤, 2010, 23(1): 39-41.
- [56] Leonidou, A., Chettiar, K., Graham, S., *et al.* (2014) Open Reduction Internal Fixation of Lateral Humeral Condyle Fractures in Children. A Series of 105 Fractures from a Single Institution. *Strategies in Trauma and Limb Reconstruction*, **9**, 73-78. <https://doi.org/10.1007/s11751-014-0193-z>
- [57] 张天久, 俞松, 杨小红. 儿童肱骨远端骨折致肘内翻形成原因的探讨[J]. 中国骨与关节杂志, 2015(6): 473-476.
- [58] 曹秉, 孙祥水. 儿童伸直型肱骨髁上骨折治疗后肘内翻畸形的危险因素分析[J]. 中华解剖与临床杂志, 2022, 27(11): 769-772.
- [59] Das De, S., Bae, D.S. and Waters, P.M. (2012) Displaced Humeral Lateral Condyle Fractures in Children: Should We Bury the Pins? *Journal of Pediatric Orthopedics*, **32**, 573-578. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318263a25f>
- [60] Iobst, C.A., Spurdle, C., King, W.F., *et al.* (2007) Percutaneous Pinning of Pediatric Supracondylar Humerus Fractures with the Semisterile Technique: The Miami Experience. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **27**, 17-22. <https://doi.org/10.1097/bpo.0b013e31802b68dc>
- [61] Ramachandran, M., Birch, R. and Eastwood, D. (2006) Clinical Outcome of Nerve Injuries Associated with Supracondylar Fractures of the Humerus in Children: The Experience of a Specialist Referral Centre. *The Journal of Bone and Joint Surgery British Volume*, **88**, 90-94. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B1.16869>
- [62] Prashant, K., Lakhota, D., Bhattacharyya, T.D., *et al.* (2016) A Comparative Study of Two Percutaneous Pinning Techniques (Lateral vs Medial-Lateral) for Gartland Type III Pediatric Supracondylar Fracture of the Humerus. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, **17**, 223-229. <https://doi.org/10.1007/s10195-016-0410-2>
- [63] Lyons, J.P., Ashley, E. and Hoffer, M.M. (1998) Ulnar Nerve Palsies after Percutaneous Cross-Pinning of Supracondylar Fractures in Children's Elbows. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, **18**, 43-45. <https://doi.org/10.1097/01241398-199801000-00009>