



手术时机是否影响小儿GARTLAND III型肱骨髁上骨折结局?

DOES THE TIMING OF SURGERY AFFECT OUTCOMES OF GARTLAND TYPE III SUPRACONDYLAR FRACTURES IN CHILDREN?

© H.-C. Shon¹, J.W. Kim², H.-K. Shin³, E. Kim³, S.-J. Park³, J.K. Park³, S. Song³, J.H. Park³

¹ College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

² Haeundae Paik Hospital, Inje University, College of Medicine, Busan, Korea

³ Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Received: 27.03.2019

Revised: 27.05.2019

Accepted: 06.06.2019

背景: Gartland III型肱骨髁上骨折患儿常被送入急诊诊治。但鲜有关于手术时机和临床结局的研究。

目的: 评估从受伤到手术治疗的时间间隔是否会影响小儿Gartland III型肱骨髁上骨折的治疗结局。

方法: 研究人群包括2003年4月至2013年12月期间来我院诊治的所有Gartland III型肱骨髁上骨折儿童。患者分为三组: 受伤后不到6小时内接受治疗的患者, 接受6至12小时治疗的患者, 以及受伤后12至24小时接受治疗的患者。在这项回顾性研究中, 我们研究了手术时机是否影响临床结局, 如骨愈合、活动度、围手术期并发症和手术时间。

结果: 所有患者均在24小时内采用闭合复位和经皮钢针固定治疗。该研究显示了创伤性损伤后手术时机延迟增加手术持续时间的趋势, 但无统计学差异。三组的神经系统并发症相似。术前神经功能缺损11例(14.7%), 但每例患者术后均恢复。三组在临床结局方面没有差异, 例如肘关节活动度和骨愈合。

结论: 对于小儿Gartland III型肱骨髁上骨折, 手术可延迟长达24小时, 可使手术在正常时间而不是深夜进行, 并对循环、神经损伤和肿胀进行全面评估。

关键词: 儿科; 肱骨髁上; 骨折; 手术时机。

Background. Gartland type III supracondylar fractures in children are treated as emergency. But there are few studies about surgical timing and clinical outcomes.

Aim. To evaluate whether the time interval from injury to surgical treatment affects the treatment outcomes of Gartland type III supracondylar fractures in children.

Methods. The study population comprised all children presenting to our hospital between April 2003 and December 2013, who had Gartland type III supracondylar humerus fracture. Patients were divided into three groups: those who were treated within less than six hours from injury, those who were treated between six and twelve hours, and those who were treated between twelve and twenty four hours after injury. In this retrospective study, we checked whether the timing of surgery affected clinical outcomes such as bone union, range of motion, peri-operative complications, and operation time.

Results. All patients were treated with closed reduction and percutaneous pin fixation within 24 hours. This study showed a trend that the delay in the timing of surgery after traumatic injury increases operation time, however with no statistical differences. The neurological complications were similar in the three groups. There were 11 cases (14.7%) of preoperative neurologic deficit, however every patient recovered postoperatively. There was no difference between the three groups in terms of clinical outcomes such as range of motion of the elbow and bone union.

Conclusion. For Gartland III pediatric supracondylar humerus fractures, operation can be delayed for up to 24 hours, which may allow time for operation during regular hours, rather than late at night, with thorough evaluation of circulation, nerve injury, and swelling.

Keywords: pediatrics; humerus supracondyle; fractures; surgical timing.

背景

小儿肱骨髁上骨折约占小儿肘骨折的50-70%。小儿肱骨髁上骨折主要发生在5~7岁儿童。[1,2]骨折发生在弯曲力或伸展力施加于肱骨远端时;过度伸展力施加于肱骨后远端骨,导致骨折部位移位。这些机制占骨折病例的95%以上。[3]

Gartland分型[4]最常用于小儿肱骨髁上骨折,根据矢状面上皮质损伤的存在和潜在范围,将骨折分为三种类型。II-III型骨折通常需要闭合复位和钢针固定,而长臂夹板主要用于I型骨折的保守治疗。[5]

骨折并发症包括神经血管损伤、活动度受限、关节僵硬以及内翻和外翻畸形。[6,7] Gartland III型骨折为急诊并应立即行闭合复位术[7]。然而,由于其他择期手术与急诊手术的存在或禁食(NPO)时间不足,儿科肱骨髁上骨折常常推迟到午夜。

最近研究表明,[8,9] 小儿肱骨髁上骨折的手术时机存在争议。我们假设小儿肱骨

髁上骨折手术可在受伤24小时后进行,当患者没有神经血管损伤时,临床结局无明显差异,可使医生在正常时间进行手术,并充分评估循环、神经损伤和肿胀,而不是在夜间进行急诊手术,从而达到更好的疗效。

目的本研究旨在评估手术时机是否影响儿童Gartland III型肱骨远端骨折的临床结局。

材料和方法

我们进行了一项回顾性研究(第4级-回顾性单中心队列描述性研究)。我们从经过机构批准的单中心骨科数据库中获取了2004年4月至2013年12月期间出现肱骨髁上骨折且经手术治疗的患儿病例。入选标准是Gartland III型肱骨髁上骨折且骨骼发育不成熟的患者。排除标准包括在保守治疗失败后转入我院的患者,Gartland I型、II型骨折、开放性骨折、病理性骨折以及术后随访不到1年。发现了97例肱骨髁上骨折患者,按上述标准筛选后,最后有75名患者(49名男性患儿和26名女性患儿)参与了本研究。参与者的平均年龄为6.0岁(年龄范围:2-11岁)。

手术由一名外科医生完成。所有病例均使用全身麻醉。在任何情况下均未使用止血带。手术过程包括在全身麻醉下闭合复位和经皮钢针固定。如果闭合复位失败或复位状态不满意,则通过使用2.4 mm K线操纵杆手法实现完全复位(图1)。复位后,使用1.4mm或1.6mm的K线来固定骨折处。术后3周,行X线检查进行复查,根据骨折愈合情况确定何时拔出钢针与接触石膏固定。拔出钢针和去掉固定后,患者开始日常活动,且可以在可接受的范围内运动而无需被动物理治疗。分别在第6周、第3个月、第6个月和第12个月行放射学复查。

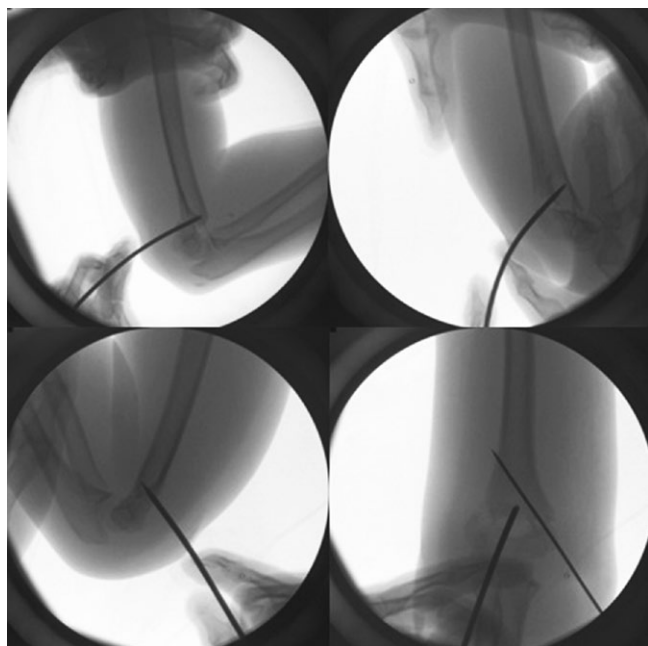


图 1. 2.4毫米K线复位技术(使用操作杆)

回顾临床过程：从受伤到手术的时间、手术时间、肘关节活动度、以及感染和畸形等并发症。成年监护人报告了从受伤到手术的时间。手术时间定义为从手术开始到结束的时间，不包括与手术和麻醉准备相关的时间。在1年的随访期间测量肘部活动度。

两名经验丰富的整形外科医生独立评估放射学检查结果，并达成一致意见。采用Williamson等人[10]的方法，在正位X线片上计算Baumann角——肱骨纵线和肱骨生长板的角，这是小儿肱骨髁上骨折的复位标准。Baumann角参考值为 $73 \pm 6^\circ$ 。手术结束一年后通过正位X线复查测量该值。测量影像学愈合时间，且影像学愈合标准根据至少3个皮质中骨痂的形成。

根据从受伤到手术的间隔时间将患者分为3组：6小时内，6至12小时内，以及受伤后12至24小时。我们比较了临床结局的差异，包括手术时间、Baumann角度、肘关节活动度和3组之间的影像学愈合时间。

使用方差分析（ANOVA），按照平均值和标准差结果比较三组。进行Pearson相关分析，确定手术时间损伤与临床结局之间的关系。使用PASW Statistics版本18.0（IBM公司，阿蒙克，美国纽约）进行所有统计学分析。 P 值 <0.05 被认为具有统计学意义。该研究由机构审查委员会审查和批准。（机构审查委员会编号：KBSMC2018-03-002）

结果

左侧43例，右侧32例。骨折原因包括：坠落（床或沙发，43例），滑倒（21例），自行车事故（7例）和蹦床事故（4例）。操场上发生27例，房间内发生19例。

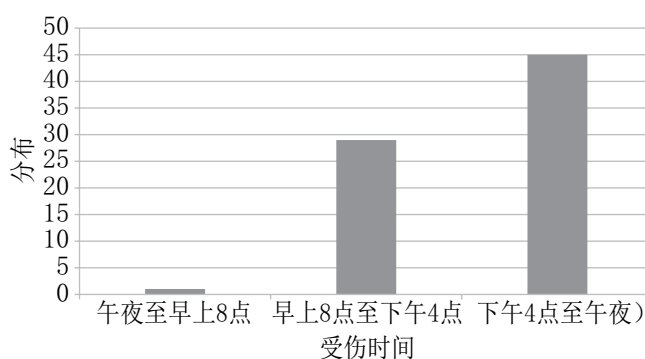


图 2. 受伤时间分布



图 3. 肱骨髁上骨折术后X线片显示K线固定良好

下午4点前共有29例受伤，而下午4点后共有45人受伤。在午夜和清晨之间只有一例受伤（图 2）。术前神经损伤11例（14.7%）：桡神经4例（腕下垂），正中神经4例（掌侧食指感觉丧失），骨间前神经3例（不能做OK手势）。所有神经损伤均在最后一次随访过程中恢复。没有血管损伤。手术时间平均值约为 40 ± 17 分钟。对58例患者进行了两侧外侧固定和一侧内侧固定（图 3）。所有患者均有骨性愈合，无需二次干预，无感染或畸形等并发症。

临床结局

指标	第I组 (n=18)	第II组 (n=30)	第III组 (n=27)	p
手术时间 (分)	39.4 (±11.1)	39.3 (±13.5)	41.1 (±16.2)	0.868
活动度(°)	129.4 (±1.1)	128.6 (±1.4)	129.3 (±1.4)	0.545
Bauman角(°)	72.4 (±2.2)	71.9 (±2.0)	72.4 (±2.0)	0.606
骨折愈合 (周)	6.6 (±0.9)	6.5 (±0.8)	6.7 (±0.9)	0.340

所有患者均在受伤后24小时内接受手术：损伤后6小时内18例（第I组），6至12小时30例（第II组），损伤后12至24小时内27例（第III组）。I，II和III组的平均手术时间分别为39.4±11分钟、39.3±13分钟和41.1±16分钟。虽然伤后手术时机的延误可能会延长手术时间，但三组之间的手术时间差异无统计学意义（ $p > 0.05$ ）（表1）。Pearson相关分析显示，手术时间与从受伤到手术的时间间隔无关（ $p = 0.997$ ）。第一组、第二组和第三组的平均Baumann角分别为72.4 ± 2.2°、71.9 ± 2.0°、72.4 ± 2.0°，3组之间无差异（ $p > 0.05$ ）。第I组的平均放射性骨愈合时间为6.6周，第II组为6.5周，第III组为6.74周，三组之间无差异。

讨论

小儿肱骨髁上骨折是最常见的骨折，约占所有儿科肘部骨折的50-70%。在7岁以下儿童的骨折中，肱骨髁上骨折占30%。[1, 2, 11-13] 最常用的是Gartland分型方法，根据皮质断裂和矢状面移位程度将骨折分为三种类型。基于移位方向的Wilkins分类也被列入到该分类之中。[14] Mubarak和Davids将I型骨折分为Ia（无脱位）和Ib（内侧皮质插入和过度伸展畸形）。最近，Leitch提出了具有多向不稳定性的IV型[15]骨折，然而，这种分类尚未被普遍接受。

我们可根据骨折类型进行相应的治疗。对于Gartland I型肱骨髁上骨折，采用夹

板或牵引。对于Gartland II型或III型移位骨折，通常使用闭合复位和钢针固定。

目前已知闭合复位比开放复位预后更好。[16-18]对于固定而言，虽然有时使用钢针固定和外固定，但临床上主要使用经皮K线固定。[19, 20]如果闭合复位失败或复位不满意，可以尝试作3-5毫米切口通过S型钢针或蚊式钢针复位。据Suh等人[21]报道，经前侧最小切口以术者拇指复位，预后良好。Parmaksizolguet等人介绍了K线固定时使用操纵杆复位。[22]在该研究中，仅有一例使用2.4mm K线经皮闭合复位较困难，其余所有组预后均良好。

并发症[23-31]与固定方式及钢针数量的安全性方面颇受争论。[32-34]大直径钢针可能导致尺神经损伤和钢针部位感染。但是，据Srikumaranet等人指出，钢针的直径与并发症之间没有关系。[35]通常临床上会使用1.4或1.6毫米的K线。我们使用外侧钢针结合内侧钢针固定。在生物力学上，内侧钢针和外侧钢针的固定在旋转力方面比仅使用内侧钢针固定更稳定。然而，同时使用内侧和外侧钢针会增加医源性尺神经损伤，因此在使用内侧钢针固定时要特别小心。[36, 37]在本研究中，所有患者在全身麻醉下进行闭合复位和经皮钢针固定。对于大多数患者，使用1.4mm或1.6mm K线在外侧进行双重固定与内侧单次固定。

一项研究表明，未经训练的外科医生通过外科手术治疗骨折时，大约17%的病

例会发生各种并发症。[38]这些并发症可能包括神经血管损伤、感染、Volkmann缺血性挛缩、内翻畸形、关节挛缩和骨化性肌炎。临床上已尝试许多治疗方法，在最大程度上减少并发症 [5]，其中内翻畸形是最常见的并发症。它并非由损伤后生长障碍引起，而是由于不正确的复位或复位缺失引起。[39-42]大多数内翻畸形并发冠状倾斜、内侧旋转畸形和伸展畸形。这种情况无法改善，也不能自愈。虽然大多数外表体征类似，但也可能发生肌肉无力或外侧髌骨骨折。如果不纠正伸展畸形，屈曲和过伸可能会继续受到限制。为了尽量减少手术后内翻畸形的发生，应在可靠复位后固定，直至骨愈合。本研究显示，在最近一年的随访期，第 I 组的Baumann角平均检测值为 $72.4 \pm 2.2^\circ$ ，第 II 组为 $71.8 \pm 2.0^\circ$ ，第 III 组为 $72.4 \pm 2.0^\circ$ 。三组均无内翻畸形，若发生，则可能需要矫正截骨术。在最近一年的随访期内肘关节活动度测量值在正常范围内（第 I 组： $129.4 \pm 1.1^\circ$ ；第 II 组： $128.6 \pm 1.4^\circ$ ；第 III 组： $129.3 \pm 1.4^\circ$ ）。各组间肘关节活动度差异无统计学意义（ $p > 0.05$ ）。

Babal等人[36]对小儿肱骨髁上骨折患者进行了荟萃分析，结果发现，约12.7%的患者发生伸展型神经损伤，而约16.6%的患者发生屈曲型神经损伤。在延伸型中，骨间前神经损伤最常见。在屈曲型中，尺神经损伤最常见。在本研究中，11例发生神经损伤，但均康复，无后遗症。

最近研究发现，无神经血管损伤的非开放性Gartland III型骨折通过择期手术而非紧急手术治疗后预后良好[43]。Carmichel等人[43]提到大多数肱骨髁上骨折无需急诊手术。一些回顾性研究显示，在受伤后12小时，急诊手术和择期手术之间的临床结局未见差异。[8,9]然而，Ramachandran等人[44]报道，创伤22小时后手术病例的骨筋膜

室综合征发生率明显高于创伤22小时内手术的发生率。一项仅包含Gartland III型骨折患者的研究表明，在受伤12小时后的手术中发现有预后不良的病例。[45] Walmsley等人[46]报道，伤后8小时治疗的病例开放复位的可能性显著增加。Yildirim等人[47]报道，在治疗190例Gartland III型肱骨髁上骨折后，在受伤32小时后手术的患者需要开放复位的机会明显增加，且手术时间长于伤后32小时内接受手术者。此外，受伤后手术时机的延误明显增加了手术时间。[47]换句话说，受伤后尽早手术时手术时间更短，治疗更容易。在本研究中，虽然伤后手术时机的延误增加了手术时间，但如果在伤后24小时内进行手术，则手术时间没有统计学差异。

本研究的局限之一是所有病例均在伤后24小时内进行闭合复位和钢针固定治疗。因此，我们没有评估受伤后24小时手术后的并发症。另一局限性在于该研究是一项回顾性研究，患者数量相对较少，因此需要进行额外大规模前瞻性研究来补充我们的研究结果。

然而，本研究探讨了骨折后手术时机与临床结局之间的关系，具有重要意义。本研究表明，大多数骨折往往发生在下午，当骨折在24小时内治疗时，伤后手术时机与手术时间的关系未见统计学上显著差异。考虑到大多数骨折往往发生在下午，再加上禁食（NPO），手术治疗可能会在深夜或黎明时进行。除非出现神经血管症状等需要立即治疗和急诊手术的问题，否则只要在受伤后24小时内，就应主动考虑在正常时间而非深夜或黎明时进行手术治疗。

结论

对于无神经血管损伤的Gartland III型肱骨髁上骨折病例，骨折后24小时内进行手术时，伤后手术时机与临床结局之间无

相关性。综上所述,我们建议在伤后24小时内的正常时间进行手术,并在术前进行必要的全面检查,包括血液循环、神经损伤和肿胀程度。

附加信息

经费来源。无。

利益冲突。作者声明,不存在与本文发表有关的明显和潜在利益冲突。

伦理审查。所有患者的父母都自愿签署知情同意书,同意参与研究并发布个人资料。机构审查委员会编号:KBSMC2018-03-002

参与作者

H. C. Shon 对患者进行了手术治疗,负责提供治疗目的、方法和结论。

J. H. Park、*J. W. Kim*、*H. K. Shin*、*E. G. Kim*与*S. J. Parkwere* 负责文献综述、数据收集和分析以及文稿思路设计。

*J. K. Park*与*S. C. Song* 参与了数据分析、设计咨询和文献综述。

References

- Scherl SA, Schmidt AH. Pediatric trauma: getting through the night. *Instr Course Lect*. 2010;59:455-463.
- Cheng JC, Shen WY. Limb fracture pattern in different pediatric age groups: a study of 3,350 children. *J Orthop Trauma*. 1993;7(1):15-22.
- John AH. Tachdjian's pediatric orthopaedics. 4th ed. Philadelphia: Saunders; 2008.
- Gartland JJ. Management of supracondylar fractures of the humerus in children. *Surg Gynecol Obstet*. 1959;109(2):145-154.
- Omid R, Choi PD, Skaggs DL. Supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(5):1121-1132. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01354>.
- Henderson ER, Egol KA, van Bosse HJ, et al. Calculation of rotational deformity in pediatric supracondylar humerus fractures. *Skeletal Radiol*. 2007;36(3):229-235. <https://doi.org/10.1007/s00256-006-0211-4>.
- Cheng JC, Lam TP, Shen WY. Closed reduction and percutaneous pinning for type III displaced supracondylar fractures of the humerus in children. *J Orthop Trauma*. 1995;9(6):511-515.
- Gupta N, Kay RM, Leitch K, et al. Effect of surgical delay on perioperative complications and need for open reduction in supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2004;24(5):245-248. <https://doi.org/10.1097/00004694-200405000-00001>.
- Leet AI, Frisancho J, Ebramzadeh E. Delayed treatment of type 3 supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(2):203-207. <https://doi.org/10.1097/00004694-200203000-00014>.
- Williamson DM, Coates CJ, Miller RK, Cole WG. Normal characteristics of the Baumann (humerocapitellar) angle: an aid in assessment of supracondylar fractures. *J Pediatr Orthop*. 1992;12(5):636-639.
- de las Heras J, Duran D, de la Cerda J, et al. Supracondylar fractures of the humerus in children. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;(432):57-64. <https://doi.org/10.1097/01.blo.0000155373.03565.78>.
- Farnsworth CL, Silva PD, Mubarak SJ. Etiology of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 1998;18(1):38-42. <https://doi.org/10.1097/00004694-199801000-00008>.
- Hanlon CR, Estes WL. Fractures in childhood — A statistical analysis. *Am J Surg*. 1954;87(3):312-323. [https://doi.org/10.1016/s0002-9610\(54\)90128-2](https://doi.org/10.1016/s0002-9610(54)90128-2).
- Wilkins KE. Fractures and dislocations of the elbow region. In: Fractures in Children. Ed. by C.A. Rockwood, K.E. Wilkins, R.E. King. Philadelphia: JP Lippincott; 1984. P. 363-575.
- Leitch KK, Kay RM, Femino JD, et al. Treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children. A modified Gartland type-IV fracture. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(5):980-985. <https://doi.org/10.2106/JBJS.D.02956>.
- Aktekin CN, Toprak A, Ozturk AM, et al. Open reduction via posterior triceps sparing approach in comparison with closed treatment of posteromedial displaced Gartland type III supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop B*. 2008;17(4):171-178. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e3283046530>.
- Kazimoglu C, Cetin M, Sener M, et al. Operative management of type III extension supracondylar fractures in children. *Int Orthop*. 2009;33(4):1089-1094. <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0605-0>.
- Turhan E, Aksoy C, Ege A, et al. Sagittal plane analysis of the open and closed methods in children with displaced supracondylar fractures of the humerus (a radiological study). *Arch Orthop Trauma Surg*. 2008;128(7):739-744. <https://doi.org/10.1007/s00402-007-0523-4>.
- Lacher M, Schaeffer K, Boehm R, Dietz HG. The treatment of supracondylar humeral fractures with elastic

- stable intramedullary nailing (ESIN) in children. *J Pediatr Orthop*. 2011;31(1):33-38. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181ff64c0>.
20. Slongo T, Schmid T, Wilkins K, Joeris A. Lateral external fixation – a new surgical technique for displaced unreducible supracondylar humeral fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(8):1690-1697. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.00528>.
21. Suh SW, Oh CW, Shingade VU, et al. Minimally invasive surgical techniques for irreducible supracondylar fractures of the humerus in children. *Acta Orthop*. 2005;76(6):862-866. <https://doi.org/10.1080/17453670510045507>.
22. Parmaksizoglu AS, Ozkaya U, Bilgili F, et al. Closed reduction of the pediatric supracondylar humerus fractures: the “joystick” method. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009;129(9):1225-1231. <https://doi.org/10.1007/s00402-008-0790-8>.
23. France J, Strong M. Deformity and function in supracondylar fractures of the humerus in children variously treated by closed reduction and splinting, traction, and percutaneous pinning. *J Pediatr Orthop*. 1992;12(4):494-498.
24. Topping RE, Blanco JS, Davis TJ. Clinical evaluation of crossed-pin versus lateral-pin fixation in displaced supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 1995;15(4):435-439.
25. Skaggs DL, Hale JM, Bassett J, et al. Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children. The consequences of pin placement. *J Bone Joint Surg Am*. 2001;83(5):735-740.
26. Skaggs DL, Cluck MW, Mostofi A, et al. Lateral-entry pin fixation in the management of supracondylar fractures in children. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86(4):702-707.
27. Zionts LE, McKellop HA, Hathaway R. Torsional strength of pin configurations used to fix supracondylar fractures of the humerus in children. *J Bone Joint Surg Am*. 1994;76(2):253-256. <https://doi.org/10.2106/00004623-199402000-00013>.
28. Onwuanyi ON, Nwobi DG. Evaluation of the stability of pin configuration in K-wire fixation of displaced supracondylar fractures in children. *Int Surg*. 1998;83(3):271-274.
29. Davis RT, Gorczyca JT, Pugh K. Supracondylar humerus fractures in children. Comparison of operative treatment methods. *Clin Orthop Relat Res*. 2000(376):49-55.
30. Lee SS, Mahar AT, Miesen D, et al. Displaced pediatric supracondylar humerus fractures: biomechanical analysis of percutaneous pinning techniques. *J Pediatr Orthop*. 2002;22(4):440-443. <https://doi.org/10.1097/00004694-200207000-00005>.
31. Green DW, Widmann RF, Frank JS, Gardner MJ. Low incidence of ulnar nerve injury with crossed pin placement for pediatric supracondylar humerus fractures using a mini-open technique. *J Orthop Trauma*. 2005;19(3):158-163. <https://doi.org/10.1097/00005131-200503000-00002>.
32. Gordon JE, Patton CM, Luhmann SJ, et al. Fracture stability after pinning of displaced supracondylar distal humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 2001;21(3):313-318. <https://doi.org/10.1097/00004694-200105000-00010>.
33. Zenios M, Ramachandran M, Milne B, et al. Intraoperative stability testing of lateral-entry pin fixation of pediatric supracondylar humeral fractures. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(6):695-702. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e318142566f>.
34. Sankar WN, Hebel NM, Skaggs DL, Flynn JM. Loss of pin fixation in displaced supracondylar humeral fractures in children: causes and prevention. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(4):713-717. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F00076>.
35. Srikumaran U, Tan EW, Erkula G, et al. Pin size influences sagittal alignment in percutaneously pinned pediatric supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):792-798. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181f6d3af>.
36. Babal JC, Mehlman CT, Klein G. Nerve injuries associated with pediatric supracondylar humeral fractures: a meta-analysis. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(3):253-263. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181d213a6>.
37. Slobogean BL, Jackman H, Tennant S, et al. Iatrogenic ulnar nerve injury after the surgical treatment of displaced supracondylar fractures of the humerus: number needed to harm, a systematic review. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(5):430-436. <https://doi.org/10.1097/BPO.0b013e3181e00c0d>.
38. Padman M, Warwick AM, Fernandes JA, et al. Closed reduction and stabilization of supracondylar fractures of the humerus in children: the crucial factor of surgical experience. *J Pediatr Orthop B*. 2010;19(4):298-303. <https://doi.org/10.1097/BPB.0b013e328333ab18>.
39. McKee M. Progressive cubitus varus due to a bony physeal bar in a four year old girl following supracondylar fracture: A case report. *J Orthop Trauma*. 2006;20(5):372. <https://doi.org/10.1097/00005131-200605000-00014>.
40. Theruvil B, Kapoor V, Fairhurst J, Taylor GR. Progressive cubitus varus due to a bony physeal bar in a 4-year-old girl following a supracondylar fracture. *J Orthop Trauma*. 2005;19(9):669-672. <https://doi.org/10.1097/01.bot.0000153447.83199.d2>.
41. Flynn JC, Matthews JG, Benoit RL. Blind pinning of displaced supracondylar fractures of the humerus in children. Sixteen years’ experience with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*. 1974;56(2):263-272.
42. Smith L. Deformity following supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*. 1965;47(8):1668.
43. Carmichael KD, Joyner K. Quality of reduction versus timing of surgical intervention for pediatric supracondylar humerus fractures. *Orthopedics*. 2006;29(7):628-632. <https://doi.org/10.3928/01477447-20060701-13>.

44. Ramachandran M, Skaggs DL, Crawford HA, et al. Delaying treatment of supracondylar fractures in children: has the pendulum swung too far? *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(9):1228-1233. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.90B9.20728>.
45. Loizou CL, Simillis C, Hutchinson JR. A systematic review of early versus delayed treatment for type III supracondylar humeral fractures in children. *Injury.* 2009;40(3):245-248. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.07.031>.
46. Walmsley PJ, Kelly MB, Robb JE, et al. Delay increases the need for open reduction of type-III supracondylar fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(4):528-530. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.88B4.17491>.
47. Yildirim AO, Unal VS, Oken OF, et al. Timing of surgical treatment for type III supracondylar humerus fractures in pediatric patients. *J Child Orthop.* 2009;3(4):265-269. <https://doi.org/10.1007/s11832-009-0189-2>.

Information about the authors

Hyun-Chul Shon — MD, PhD, Professor, Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea. E-mail: hyunchuls@chungbuk.ac.kr.

Ji Wan Kim — MD, PhD, Professor, Department of Orthopaedic Surgery, Haeundae Paik Hospital, Inje University, College of Medicine, Busan, Republic of Korea. E-mail: bakpaker@hanmail.net.

Hun-Kyu Shin — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: coolhkshin@naver.com.

Eugene Kim — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: eugeneos@naver.com.

Se-Jin Park — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: qortn97@naver.com.

Jong Kuen Park — MD, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. E-mail: kingkingpjk@naver.com.

Seungcheol Song — MD, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. <https://orcid.org/0000-0002-1841-6683>. E-mail: s3g1s3g1@gmail.com.

Jai Hyung Park — MD, PhD, Professor, Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Republic of Korea. <https://orcid.org/0000-0001-9735-4291>. E-mail: wonnypia@hanmail.net. **Author for correspondence.**