



수부 골절의 합병증과 예방

강종우[✉]

고려대학교 의과대학 안산병원 정형외과

Complications of Hand Fractures and Its Prevention

Jong Woo Kang, M.D., Ph.D.[✉]

Department of Orthopaedic Surgery, Korea University Ansan Hospital, Korea University College of Medicine, Ansan, Korea

Received December 27, 2023

Revised January 2, 2024

Accepted January 2, 2024

✉Correspondence to:

Jong Woo Kang, M.D., Ph.D.
Department of Orthopaedic Surgery,
Korea University Ansan Hospital,
Korea University College of Medicine,
123 Jeokgeum-ro, Danwon-gu,
Ansan 15355, Korea
Tel: +82-31-412-5040
Fax: +82-31-412-5802
E-mail: oskang@korea.ac.kr

Financial support: None.

Conflict of interests: None.

Complications of hand fractures occur regardless of the methods used for their treatment. The treatment is also challenging. The most common and troublesome complications of hand fractures are malunion, finger stiffness, and consequent functional impairment. Early recognition and meticulous treatment of these complications is essential for improvement in hand function and satisfaction. Most of all, surgeons should clearly understand that prevention of complications is the easiest way to ensure a satisfactory outcome in hand fractures.

Key Words: Hand, Fracture, Complication, Prevention

서론

수부 골절(hand fracture)은 중수골(metacarpal bone), 근위지골(proximal phalangeal bone), 원위지골(distal phalangeal bone)의 골절을 포함하며 상지 골절의 약 40%를 차지하는 흔한 골절이다.¹⁾ 손은 좁은 공간 내에 조밀하고 많은 해부학적 구조물이 존재한 복잡한 해부학적 구조를 가지고 있어 치료자의 능력과 치료 방법에 상관없이 많은 합병증이 자주 발생할 수 있는 골절이다.²⁾ 수부 골절에서 발생할 수 있는 주요 합병증은 강직(stiffness), 부정유합(malunion), 변형(deformity), 외상 후 관절염(posttraumatic arthritis), 불

유합(nonunion), 감염 및 복합 부위 통증 증후군(complex regional pain syndrome), 신경 및 혈관 손상 등이 있다(Table 1).¹⁻³⁾ 폐쇄성 골절(closed fracture)에서보다는 손상의 정도가 심한 개방성 골절(open fracture)에서, 단순 골절(simple fracture)에서보다는 분쇄가 심한 복합 골절(communited fracture)에서 그 합병증의 발생 빈도가 높은 것은 사실이나 단순 폐쇄성 골절이라고 해서 합병증이 발생하지 않는 것은 아니다.¹⁻³⁾

수부 골절의 보존적 치료에는 최소 3-4주가량의 부목고정이 필요하므로 수부 강직이나 부정유합 및 변형의 합병증이 발생할 우려가 있다. 반면 수술적 치료를 시행하게 되면 견

Table 1. Complications of Hand Fracture

Affected structure	Complication
Bone	Nonunion, malunions, delayed union, avascular necrosis, osteomyelitis, amputation
Soft tissue	Stiffness/motion loss, instability, laxity, poor durability, lack of coverage, contracture, flexion/extension loss
Tendon	Adhesions, lag, tightness
Nerve	Numbness, hypersensitivity, complex regional pain (reflex sympathetic dystrophy)
Vessel	Ischemia, congestion
Others	Vibration and temperature sensitivity, chondrolysis, acute pain, joint laxity

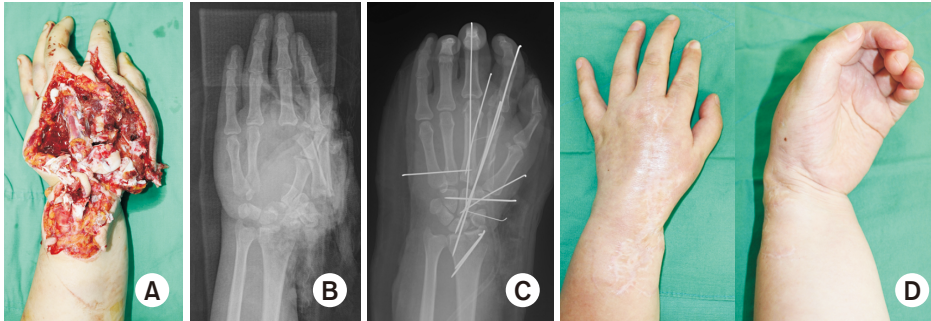


Fig. 1. (A) A case with multiple open hand fracture-dislocations and severe soft tissue injury. (B) Preoperative simple radiography shows multiple hand and wrist fractures and dislocations. (C) Postoperative simple radiography shows the performance of temporary k-wire fixation to maintain bony alignment and manage soft tissue injury. (D) The last follow-up photograph shows severe finger stiffness and permanent disability.

고한 고정 후 조기에 수지를 움직일 수 있으므로 수부 강직이나 부정유합 및 변형의 발생 우려가 낮아 양호한 수부 기능을 거둘 가능성이 높지만 동시에 감염, 내고정물 자극 문제(hardware irritation) 및 불유합 등의 합병증을 유발할 수 있다.³⁻⁶⁾ 수부 골절의 치료 도중 합병증이 발생하면 그 치료가 매우 어렵고 치료 결과도 만족스럽지 않으므로 최상의 치료 결과를 위해서는 치료 전 수부 손상의 정도를 면밀히 파악하고 환자의 연령, 활동 수준, 직업, 기저질환 등을 고려하여 최적의 치료법을 선택하고 합병증을 예방해야 하며, 치료 도중 발생한 합병증을 조기에 인지하여 적극적인 치료를 시행해야 한다.⁷⁾ 본 종설에는 수부 골절의 주요 합병증 중 가장 흔하게 발생하는 강직, 부정유합, 변형, 불유합의 치료 및 예방법에 대해 문헌 고찰과 함께 논하기로 하겠다.¹⁾

강직(Stiffness)

강직은 수부 골절의 치료 도중 발생하는 가장 흔한 합병증이며 가장 치료하기 어려운 합병증 중 하나이다.^{2,3,8,9)} 분쇄가 심한 개방성 골절이나 압쇄 손상 등 주변 연부조직에 광범위한 손상이 있는 경우 특히 강직 발생 위험이 높다(Fig. 1).^{8,9)} 특히 근위 수지골의 골절은 다른 수부 골절에 비해 강직이 발생할 가능성이 높아 4주 이상의 부목고정은 강직을 일으킬 가능성이 있으므로 부목고정을 통한 보존적 치료보다는 조기에 견고한 골절 고정 후 능동적인 운동을 통한 조기 재활

치료가 중요하다.^{3,6,9,10)} 수부 골절의 치료에 정형외과 의사가 저지르는 흔한 실수는 골절부에 가골(callus)이 나타날 때까지 부목고정을 유지하면서 기다리는 것이다. 보통 수지골은 4주 이내에 치유되지만 단순 방사선 소견에서 가골 형성의 소견이 관찰되지 않을 수 있다. 따라서 부목고정을 4주가량 시행했고 이학적 검사에서 골절 부위의 통증이 없으면 능동적 관절 굴곡·신전 운동(active joint motion exercise)을 조심스럽게 시작해도 된다. 이때 방사선허적으로 골 치유가 충분치 않아 정복 소실(reduction loss)에 대한 우려가 있다고 판단되면 탈착식 부목을 통해 능동적 관절운동을 시행하고 나머지 시간에는 부목을 착용한 채 활동하게 하는 것도 좋은 대안이 될 수 있다.³⁻⁵⁾ 수부 골절에서 조기 관절운동은 압쇄손상의 경우 더욱더 중요하다.¹¹⁾ 수부의 압쇄손상이 발생하면 수부의 피부에서 골(bone)까지 모든 구조물을 손상시키고 부종 및 연부조직의 강직이 심하게 발생하므로 조기 관절운동은 부종 및 연부조직의 강직을 최소화하는 데에 많은 도움이 되며 조기 관절운동을 위해서는 견고한 골절 고정이 필요하다.^{9,11)}

금속판(plate) 등을 이용한 골절의 견고한 내고정은 조기에 능동적인 관절운동을 가능하게 하므로 수부 강직을 예방할 수 있게 하면서도 부정유합, 불유합 및 이에 따른 수지 변형의 예방에 유리하나 수술적 치료에 따른 수지건(finger tendon)의 손상, 신경 손상, 감염의 우려가 있다는 단점이 있다. 또한 금속판을 이용한 내고정술을 시행해도 견고하게 고

정되지 못하여 조기에 관절운동을 시행하지 못하거나 정복이 불충분하여 수지의 정렬(alignment)이 맞지 않으면 수지의 강직이나 수지 변형의 합병증이 초래될 수 있으므로 주의를 요한다.^{9,11)} 금속판을 이용한 금속 내고정술을 시행할 때에는 조기 관절운동이 가능할 정도로 견고한 금속판을 이용하여 고정을 시행해야 하고 부정유합, 불유합 및 수지 변형을 초래하지 않도록 정확한 골절 정복을 위해 노력해야 한다.^{8,10-13)}

K-강선을 이용한 경피적 골절 고정술은 덜 침습적(less invasive)이고 보편적으로 시행하는 간단한 술식이며, 연부조직에 새로운 손상을 최소화할 수 있다는 점에서 장점이 많은 술식이지만 하나 감염 및 골절 고정 소실의 문제가 있을 수 있어 수지 변형, 불유합, 부정유합, 수지 강직 및 수지 기능 저하를 유발할 수 있다.^{7,14,15)} 또한 고령의 환자의 경우 골질이 좋지 않아 강선의 고정력이 젊은 환자에 비해 약할 수 있고 분쇄 골절 또는 불안정성 골절(unstable fracture)인 경우 강선만으로는 골절 정복이 유지되지 않으며, 관절 주변의 골절을 강선으로 고정한 경우 강선 자체의 연부조직 자극으로 조기 운동이 불가능할 수 있으므로 골질이 양호한 청장년층 환자, 단순 골절, 안정성 골절(stable fracture)인 경우 적합한 술식이다.^{7,14,15)} 그러나 고령의 환자인 경우에도 안정성 골절이면서 골절 부위의 분쇄가 동반되지 않아 금속 강선을 통한 간단한 고정술만으로도 골절이 유합될 것으로 예상되는, 4주간 골절 고정력이 충분하다고 판단되는 경우 금속 강선을 통한 경피적 핀 고정술을 시행해도 무방하다.³⁾ 이때 금속 강선 삽입구를 통한 감염증 예방을 위해 매주 강선 삽입부의 소독 치료를 시행해야 하고, 최소 2주에 한 번 주기적으로 단순 방사선 검사를 시행해 골절 정복 소실 여부 및 골절 부위의 가골 형성 여부를 살펴야 한다.¹⁾ 가골이 생성되었거나 또한 가골이 생성되지 않았다 하더라도 4주 동안 부목고정 후 임상적으로 통증이 사라져 골절이 유합되었다고 판단되면, 강선 제거 후 능동적 수지 운동을 시행해 관절 강직 및 감염증 등의 합병증을 예방할 수 있다.¹⁴⁾

수지의 강직이 발생한 경우 그 치료는 매우 어렵다. 우선 수지 강직의 원인을 파악하는 것이 그 치료의 첫걸음이며 수지 강직의 원인을 파악하기 위해서는 이학적 검사가 매우 중요하다.¹⁶⁾ 이학적 검사에서 수지의 능동 및 수동 운동 모두에서 관절의 강직이 있는 경우 관절낭의 구축이 있다는 것을 뜻하며 수지의 수동 운동에서는 강직이 없으나 능동 운동에서만 강직이 발생한 경우 골절 부위의 연부조직, 관절낭, 골 또는 내고정물에 수지건이 유착되었음을 뜻한다.¹⁶⁾ 강직의 초기 치료는 적극적이고 강도 높은 수지 운동 재활을 통해 최대한 많은 운동 범위를 확보하는 것이며 일상 생활에 지장이 없을 만큼 충분한 운동이 회복되는 경우가 적지 않다.¹⁶⁾ 그러나 골절 발생 후 3개월 이상 경과한 경우에는 재활 치료로 관절운동 회복을 기대할 수 없으므로 수술적 치료가 필요하다.¹⁶⁻¹⁸⁾ 관절의 강직을 치료하기 위한 수술적 치료 시 골절이 충분한 강도로 유합되었음을 단순 방사선 검사를 통해 확인해야 하며 술 후 강도 높은 관절 재활 치료를 시행해야 한다.^{16,17)}

수지 관절 강직 유리술은 강직의 부위와 강직의 상태에 따라 수술 방식이 다르다. 가령 수지 중수관절(metacarpophalangeal joint)이 굴곡된 채로 강직이 있는 경우 피부, 수지 굴곡근(finger flexor)의 유착 박리(adhesiolysis), 수장판(volar plate), 양측 측부 인대(collateral ligament)의 장측 부위(volar portion)를 잘라 주는 수술 술기(surgical procedure)를 순차적으로 시행한다. 근위지관절(proximal interphalangeal joint)의 굴곡 강직의 경우에는 수지 중수관절의 굴곡 강직과 동일한 술식을 시행하나 수지 중수관절 및 근위지관절의 신전 강직의 경우 각각 세부적인 술식에 차이가 있다(Table 2). 선행 보고에 의하면 수지 강직의 수술적 치료 후 수지 관절의 운동 범위는 최대 70° 정도 회복될 수 있다고 했으나 완전한 회복은 불가능하다고 하여 수술적 치료 후에도 만족스럽지 못한 경우가 많다고 하였다.^{15,16,19,20)} 따라서 수지 강직은 조기 관절운동을 통한 예방이 최선의 치료라고 할 수 있을 것이다.

Table 2. Recommended Surgical Procedure to Release Hand Joint Stiffness

Affected joint and condition	Sequence of procedures
MP stiff in extension	Release ① skin and extensor from the capsule, ② dorsal capsule, ③ articular surface and volar pouch, ④ dorsal half of collateral ligaments
MP stiff in flexion	Release ① skin, ② adhesions of long flexors, ③ volar plate, ④ volar half of the collateral ligaments
PIP stiff in extension	Release ① skin, ② extensor from the capsule (preserve central slip), ③ dorsal capsule, ④ dorsal third to half of collateral ligaments
PIP stiff in flexion	Release ① skin, ② retinacular ligaments, ③ adhesions of long flexors, ④ volar half of the collateral ligaments, ⑤ volar plate

MP: metatarsophalangeal joint, PIP: proximal interphalangeal joint.

부정유합(Malunion)

부정유합은 골절이 비정상적인 정렬로 유합된 것을 뜻하며 모든 부정유합이 치료가 필요한 것은 아니다.^{20,21)} 그러나 이러한 비정상적인 정렬로 수부 기능의 저하가 발생하는 경우 적극적인 치료가 필요하다.^{20,21)} 수지의 부정유합은 크게 관절내 부정유합, 관절외 부정유합으로 나누어진다.²²⁾ 1 mm 이상의 관절내 부정유합은 외상성 관절염을, 심한 부정유합은 수지변형을 초래하므로 수부 기능에 심각한 장애를 유발할 수 있어 주의를 요한다.^{9,12,20)} 수상 당시 발생한 관절 연골 손상은 되돌릴 수 없으나, 수지 변형이나 외상성 관절염이 발생할 정도의 관절면 불일치(incongruence)는 수술적 치료를 통해 교정해야 한다.^{2,10,19)} 수술적 교정은 골절이 완전히 유합된 후에는 교정하기가 매우 어려우므로 골절이 완전히 유합되기 전에 시행해야 한다.^{11,23-25)} 관절내 부정유합의 수술적 치료 방법은 수지 기형의 정도, 수상 수지 관절의 종류, 관절증(arthropathy)의 동반 유무에 따라 다르며 교정 절골술(corrective osteotomy), 관절 성형술(arthroplasty), 관절 유합술(arthrodesis) 등의 수술적 치료 방법이 있다.^{11,21,22,25)} 만약 관절내 골절이 완전히 부정유합되어 직접적인 교정이 어려운 경우 관절외 절골술(extraarticular corrective osteotomy)을 통해 수지 정렬을 교정하는 방법도 있다.¹⁶⁾

관절외 부정유합(extraarticular malunion)은 관절 외부 골절이 비정상적인 정렬로 유합된 것이다. 관절외 부정유합이 발생한 경우는 관절내 부정유합의 치료에 비해 다소 용이하나 정상적인 관절 기능 저하를 유발할 정도의 수지 변형이 초래된 경우 교정 절골술(corrective osteotomy)을 통해 교정해야 한다. Freeland와 Lindley²³⁾에 의하면 수술 골절 부정유

합에 대해 교정 절골술이 필요한 경우는 중위 및 근위 지골의 15° 이상 각형성, 관절면의 불일치, 시지(index finger)와 중지(middle finger) 중수골의 10° 이상 각형성, 환지(ring finger) 중수골의 20° 이상 각형성, 약지(little finger) 중수골의 30° 이상 각형성, 중수골 회전 부정유합이 10° 이상인 경우가 흔하다고 하였다(Fig. 2). 시지와 중지는 여타 수지와 달리 수근 중수관절(carpometacarpal joint)의 움직임이 거의 없어 부정유합에 대한 수용 각도 범위(acceptable range)가 적으므로 각형성이 적은 경우에도 수술적 치료가 필요하나, 반면에 약지의 경우 제5수근 중수 관절의 움직임이 많아 30°의 중수골 각형성에도 기능 저하를 유발하지 않으므로 수술적 교정이 불필요하다.^{16,26)} 중수골에 2 mm 이상의 단축 부정유합(shortening malunion)이 발생한 경우 2 mm 단축당 수지 중수관절의 7° 신전 지체(extension lag)와 굴곡력의 저하를 유발하므로 골 연장술(lengthening osteotomy)이 필요하다.^{27,28)} 근위지골에 각형성 부정유합이 발생하면 골단축 부정유합이 발생한 것과 같은 효과가 발생하며 15° 이상의 각형성은 기능 저하를 발생시키고, 1 mm 이상의 근위지골 단축도 근위지관절의 신전 지체가 발생하므로 교정 절골술이 필요하다.²⁹⁻³¹⁾

불유합(Nonunion)

수부에는 비교적 풍부한 혈액 공급으로 불유합의 발생 빈도는 부정유합에 비해 높지 않으나 신경, 혈관, 힘줄에 부상이 동반된 개방성 골절, 압궤상과 같은 복합적인 손상에서 주로 발생한다.¹¹⁾ 수부 골절 시 발생하는 불유합은 대부분 위축성 불유합(atrophic nonunion)으로 골 소실 또는 감염증과 동반되는 경우가 많으며 관혈적 정복술 시행 도중 발생한 골 주변의 미세 혈행의 차단, 불충분한 골절 정복에 따른 넓은 골절 부위 틈(gap)에 의해 발생하는 수술적 치료의 합병증이다.¹¹⁾ 위축성 불유합이 발생한 경우 위축된 골 부위를 제거하고 원위 요골, 주두골 등에서 자가골을 채취해 골이식술과 함께 견고한 내고정술로 치료해야 한다(Fig. 3). 수부 골절 후 비후성 불유합(hypertrophic nonunion)은 드물게 발생할 수 있으나 더 견고한 내고정만으로 수월하게 치료할 수 있다.³⁾

수부 골절 후 단순 방사선 촬영에서 골절 후 1년까지 방사선 투과성 선(radiolucent line)이 관찰될 수 있으므로 수부 골절의 불유합의 진단은 어려울 수 있으나, 골절 부위에 통증 등 여타 임상적 증상이 없는 경우 골절이 유합된 것으로 판단할 수 있다.⁴⁾ 따라서 골절 불유합을 진단할 때에는 단순 방사선 사진과 함께 통증, 불안정성, 변형 및 고정 실패 여부와

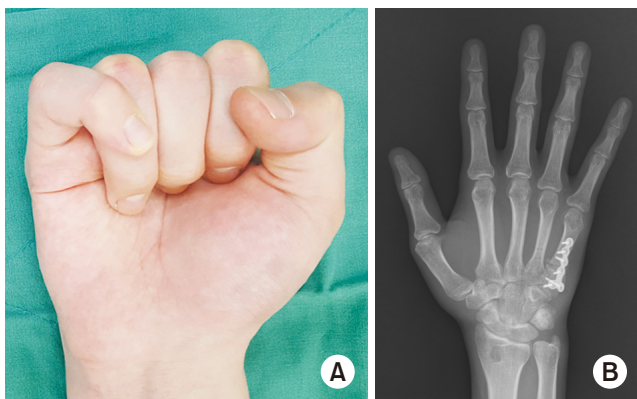


Fig. 2. (A) A case with rotational malunion of the 5th metacarpal bone that induces finger scissoring and disability. (B) Finger scissoring can be corrected by derotational osteotomy.

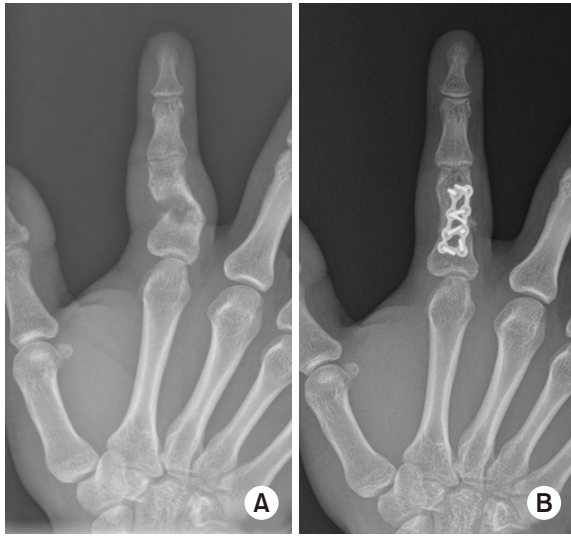


Fig. 3. (A) A case with atrophic nonunion and consequent reduction loss. (B) Atrophic nonunion can be treated surgically by stable fixation and auto-cancellous bone graft.

같은 다른 요인을 고려하여 판단해야 한다.^{7,11)} 골절의 유합이 늦어지는 경우에도 수지 관절 강직이 발생할 위험이 있으므로 골절 부위를 6주 이상 고정하면 안 된다.¹¹⁾ 불유합과 관절 강직이 동반된 경우 불유합의 수술적 치료를 시행할 때 관절 강직 유리술을 동시에 시행하는 것이 바람직하다.^{6,11)}

결론

수부 골절에서는 치료 방법이나 치료자의 능력에 상관없이 합병증이 발생할 수 있으며 합병증이 발생하면 치료가 매우 어렵고 치료 결과도 좋지 않다. 따라서 수부 골절을 치료하는 정형외과 의사는 합병증의 발생 원인, 합병증 발생 시 치료법에 대하여 깊은 식견과 경험을 갖추어야 하며 합병증의 예방이 가장 효과적인 치료법이므로 수부 골절의 합병증이 발생하지 않도록 노력을 기울여야 한다.

요약

수부 골절의 합병증은 치료법에 상관없이 발생할 수 있으며 합병증이 발생하면 그 치료도 매우 어렵다. 가장 흔하고 문제가 되는 수부 골절의 합병증은 부정유합, 수지의 강직, 그리고 그에 따른 손 기능의 저하이다. 수부 골절의 치료에 손 기능을 향상시키고 만족스러운 치료 결과를 거두기 위해서는 합병증의 발생 여부를 조기에 인지하고 적극적으로 치료해야 하며 정형외과 의사는 수부 골절의 만족스러운 치료 결

과를 위해 합병증이 발생하지 않도록 예방하는 것이 가장 현명하고 쉬운 방법이라는 것을 이해해야 한다.

색인 단어: 수부, 골절, 합병증, 예방

ORCID

강종우, <https://orcid.org/0000-0002-7979-4311>

References

1. Chung KC, Spilson SV: The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg Am*, 26: 908-915, 2001.
2. Meals C, Meals R: Hand fractures: a review of current treatment strategies. *J Hand Surg Am*, 38: 1021-1031; quiz 1031, 2013.
3. Balaram AK, Bednar MS: Complications after the fractures of metacarpal and phalanges. *Hand Clin*, 26: 169-177, 2010.
4. Green DP: Complications of phalangeal and metacarpal fractures. *Hand Clin*, 2: 307-328, 1986.
5. Creighton JJ Jr, Steichen JB: Complications in phalangeal and metacarpal fracture management. Results of extensor tenolysis. *Hand Clin*, 10: 111-116, 1994.
6. Markiewicz AD: Complications of hand fractures and their prevention. *Hand Clin*, 29: 601-620, 2013.
7. Hsu LP, Schwartz EG, Kalainov DM, Chen F, Makowiec RL: Complications of K-wire fixation in procedures involving the hand and wrist. *J Hand Surg Am*, 36: 610-616, 2011.
8. Kurzen P, Fusetti C, Bonaccio M, Nagy L: Complications after plate fixation of phalangeal fractures. *J Trauma*, 60: 841-843, 2006.
9. Page SM, Stern PJ: Complications and range of motion following plate fixation of metacarpal and phalangeal fractures. *J Hand Surg Am*, 23: 827-832, 1998.
10. Duncan RW, Freeland AE, Jabaley ME, Meydrech EF: Open hand fractures: an analysis of the recovery of active motion and of complications. *J Hand Surg Am*, 18: 387-394, 1993.
11. Ring D: Malunion and nonunion of the metacarpals and phalanges. *Instr Course Lect*, 55: 121-128, 2006.
12. Bannasch H, Heermann AK, Iblher N, Momeni A, Schulte-Mönting J, Stark GB: Ten years stable internal fixation of metacarpal and phalangeal hand fractures-risk factor and outcome analysis show no increase of complications in the treatment of open compared with closed fractures. *J Trauma*, 68: 624-628, 2010.
13. Fusetti C, Meyer H, Borisch N, Stern R, Santa DD, Papaloizos M: Complications of plate fixation in metacarpal fractures. *J Trauma*, 52: 535-539, 2002.

14. Botte MJ, Davis JL, Rose BA, et al: Complications of smooth pin fixation of fractures and dislocations in the hand and wrist. *Clin Orthop Relat Res*, (276): 194–201, 1992.
15. Faruqui S, Stern PJ, Kiefhaber TR: Percutaneous pinning of fractures in the proximal third of the proximal phalanx: complications and outcomes. *J Hand Surg Am*, 37: 1342–1348, 2012.
16. Young VL, Wray RC Jr, Weeks PM: The surgical management of stiff joints in the hand. *Plast Reconstr Surg*, 62: 835–841, 1978.
17. Yamazaki H, Kato H, Uchiyama S, Ohmoto H, Minami A: Results of tenolysis for flexor tendon adhesion after phalangeal fracture. *J Hand Surg Eur Vol*, 33: 557–560, 2008.
18. Zuo KJ, Saggaf M, von Schroeder HP, Binhammer P: Outcomes of secondary combined proximal interphalangeal joint release and zone II flexor tenolysis. *Hand (N Y)*, 15: 502–508, 2020.
19. Gould JS, Nicholson BG: Capsulectomy of the metacarpophalangeal and proximal interphalangeal joints. *J Hand Surg Am*, 4: 482–486, 1979.
20. Freeland AE, Orbay JL: Extraarticular hand fractures in adults: a review of new developments. *Clin Orthop Relat Res*, 445: 133–145, 2006.
21. Seitz WH Jr, Froimson AI: Management of malunited fractures of the metacarpal and phalangeal shafts. *Hand Clin*, 4: 529–536, 1988.
22. Lester B, Mallik A: Impending malunions of the hand. Treatment of subacute, malaligned fractures. *Clin Orthop Relat Res*, (327): 55–62, 1996.
23. Freeland AE, Lindley SG: Malunions of the finger metacarpals and phalanges. *Hand Clin*, 22: 341–355, 2006.
24. Büchler U, Gupta A, Ruf S: Corrective osteotomy for post-traumatic malunion of the phalanges in the hand. *J Hand Surg Br*, 21: 33–42, 1996.
25. Gollamudi S, Jones WA: Corrective osteotomy of malunited fractures of phalanges and metacarpals. *J Hand Surg Br*, 25: 439–441, 2000.
26. Ali A, Hamman J, Mass DP: The biomechanical effects of angulated boxer's fractures. *J Hand Surg Am*, 24: 835–844, 1999.
27. Strauch RJ, Rosenwasser MP, Lunt JG: Metacarpal shaft fractures: the effect of shortening on the extensor tendon mechanism. *J Hand Surg Am*, 23: 519–523, 1998.
28. Birndorf MS, Daley R, Greenwald DP: Metacarpal fracture angulation decreases flexor mechanical efficiency in human hands. *Plast Reconstr Surg*, 99: 1079–1083: discussion 1084–1085, 1997.
29. Agee J: Treatment principles for proximal and middle phalangeal fractures. *Orthop Clin North Am*, 23: 35–40, 1992.
30. Beekman RA, Abbot AE, Taylor NL, Rosenwasser MP, Strauch RJ: Extensor mechanism slide for the treatment of proximal interphalangeal joint extension lag: an anatomic study. *J Hand Surg Am*, 29: 1063–1068, 2004.
31. Vahey JW, Wegner DA, Hastings H 3rd: Effect of proximal phalangeal fracture deformity on extensor tendon function. *J Hand Surg Am*, 23: 673–681, 1998.