



pISSN 2586-3290 · eISSN 2586-3533
Arch Hand Microsurg 2021;26(4):254-264
<https://doi.org/10.12790/ahm.21.0123>

Received: August 22, 2021

Revised: October 3, 2021

Accepted: October 5, 2021

Corresponding author:

Myungchul Lee

Department of Plastic and
Reconstructive Surgery, School of
Medicine, Konkuk University, 120-1
Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul
05030, Korea

Tel: +82-2-2030-7639

Fax: +82-2-2030-7733

E-mail: mcle1999@gmail.com

ORCID:

<https://orcid.org/0000-0002-9721-0092>

© 2021 by Korean Society for Surgery of the Hand,
Korean Society for Microsurgery, and Korean So-
ciety for Surgery of the Peripheral Nerve.

© This is an open-access article distributed under
the terms of the Creative Commons Attribution
Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestrict-
ed non-commercial use, distribution, and repro-
duction in any medium, provided the original work
is properly cited.

근위지골 골절과 연관된 수지관절 강직의 치료 후 운동 범위와 통증척도 분석

전동근, 정민경, 신동혁, 최현곤, 김지남, 이명철

건국대학교 의학전문대학원 성형외과학교실

Treatment of Phalangeal Joint Stiffness Related to Proximal Phalangeal Bone Fractures: Therapeutic Effects on the Range of Motion and Finger Pain

Dongkeun Jun, Minkyong Jeong, Donghyeok Shin, Hyungon Choi,
Jeenam Kim, Myungchul Lee

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Konkuk University School of Medicine, Seoul,
Korea

Purpose: Proximal phalangeal bone fractures with displacement are treated using op-
erative procedures. These fractures can cause stiffness of the interphalangeal or meta-
carpophalangeal joints, which can be relieved using various operative and nonopera-
tive techniques. This study analyzed the range of motion (ROM) and pain after a com-
bination therapy to treat finger stiffness following proximal phalangeal fractures.

Methods: Fifty-two patients who underwent operative procedures for proximal pha-
langeal fractures and showed finger stiffness from March 2015 to January 2021 were
included in this retrospective study. The patients in group 1 (n=24) performed elastic
resistance exercises, while those in group 2 (n=28) underwent conventional exercise.
ROM and pain score were measured at 5, 8, and 12 weeks postoperatively. Further-
more, a patient with a swan-neck deformity and intractable stiffness was treated us-
ing partial translocation of the extensor apparatus, and the postoperative outcome is
presented.

Results: Group 1 showed a larger ROM and less pain than group 2 at 12 weeks post-
operatively ($p<0.05$). Patients in both groups exhibited notable improvements with re-
gard to ROM and pain during the study period ($p<0.05$). In addition, the swan-neck
deformity accompanying hyperextension of the proximal interphalangeal joint was
significantly relieved.

Conclusion: Proximal phalangeal bone fractures can lead to stiffness of the interpha-
langeal and metacarpophalangeal joints. Joint stiffness was relieved using an elastic re-
sistance exercise protocol in the early postoperative period. Intractable stiffness show-
ing a fixed joint angle can be treated with thorough tenolysis and corrective surgery.

Keywords: Fingers, Fracture, Stiffness, Range of motion, Pain

서론

수지골 골절(phalangeal fracture)은 상지에서 가장 흔하게 접할 수 있는 골절 손
상으로, 그 기능적 중요성과 구조적 복잡성 때문에 수술적 치료 시 각별한 주의를 기

을여야 한다[1]. 근위지 골절(proximal phalangeal fracture)의 경우 소위 “no man’s land”로 유명한 수지 굴곡근 제2구획(digital flexor zone 2)에 위치하고 있어 치료 후 이차적으로 만성통증 및 관절 강직 등의 원치 않는 결과가 동반되기 쉽다[2].

근위지골은 둘레의 약 90% 정도가 활주 운동을 하는 구조물(gliding structure)로 둘러싸여 있다. 즉, 등 쪽으로는 중심건(central tendon)이, 바닥 쪽으로는 심수지굴근(flexor digitorum profundus)이, 양측 측면부에는 측부대(lateral band)가 각각 접하고 있어, 이러한 구조물들이 수술 후 발생하는 다양한 합병증의 원인이 될 수 있다[3]. 이러한 합병증 발생을 예방하기 위해서 골절 후 적절한 수술적 치료를 한 후 조기에 전체 골 표면을 따라 힘줄 활주 운동이 이루어질 수 있도록 재활 운동을 수행하는 것이 중요하다[4].

하지만 수술 후 발생하는 부종 및 통증 등으로 인해 환자의 수부 재활치료가 적절히 이루어지지 않는 경우가 많다[5]. 특히 금속판 및 나사(plate and screw)를 이용한 개방적 정복술을 시행한 경우에는 필연적으로 수상 부위보다 더 넓게 조직을 박리할 수 밖에 없기 때문에 근위지관절(proximal interphalangeal joint)이 약 30° 정도 굴곡된 채로 굳어지는 신전 지연(extension lag) 등의 합병증이 발생할 수 있다[6,7].

이에 본 연구에서는 근위지골 골절 치료 후 발생하는 관절 강직의 해소를 위해 탄력성 저항 운동(elastic resistance exercise)을 적용하고, 관절 운동 범위 및 통증척도 변화를 분석하였다. 또한 장기간 관절 강직 이후 발생한 백조목 변형에 대해 수술적 치료와 운동 치료를 복합 적용한 결과를 보고하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2015년 3월부터 2021년 1월까지 수부 골절 중 제2-5수지 단일 근위지 골절을 진단받고, 개방적 정복술 및 내고정술 또는 폐쇄적 정복술 및 경피적 핀고정술을 진행한 후 관절 강직을 보인 52명의 환자와, 기존에 근위지 골절에 대한 수술적 치료 이후 수지관절 강직과 백조목 변형을 보인 1명의 환자를 대상으로 하였다. 수지관절 강직은 수술 후 8주 경과 시기에 전체 수지관절 운동 범위가 정상 수치(260°)의 80% (208°) 이하인 경우로 정의하였다[8]. 수술적 처치 전후로 방사선 검사, 수지관절의 운동 범위 측정, 운동 시 통증척도 조사를 시행하여 추적 관찰한 환자들을 대상으로 후향적 연구를 진행하였으며, 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다(No. KUMC 2021-07-069). 증례의 임상사전에 식별 가능한 정보가 포함된 경우 서면 동의를 받았다.

증례에 있어 엄지손가락의 경우 골절 수술 이후 고정 및 회복 기간, 그리고 운동 방법이 다른 수지와 다를 수 있어 제외하였고, 수상한 수지 열에 해당하는 힘줄 또는 근육 손상이 동반되어 이에 대

한 수술을 함께 시행한 경우 창상 회복 시 발생하는 구축이 경과에 영향을 미칠 수 있어 제외하였다. 또한 근위지골 골절 수술 이후 관절 강직을 보이지 않은 21예의 증례는 연구에서 제외하였다. 관절 내 골절의 경우 수술 후 유합 시기 및 관절낭 손상이 운동 범위 경과에 영향을 미칠 수 있어 제외하고, 관절 외 골절 증례에 대해 연구를 진행하였다.

총 52예의 제2-5수지 단일 근위지골 골절에 대하여 수술 시행 후 관절 강직을 보인 증례를 대상으로 하였으며, 환자군을 연령, 성별, 골절 부위를 기준으로 확인하였다(Table 1). 전체 증례의 평균 연령은 33세, 여자와 남자 각각 11명, 41명이었고 골절 부위는 근위지골 경부, 골간, 기저부 골절이 각각 25예, 11예, 16예로 나타났다. 수술 술기는 폐쇄적 정복술 33예, 개방적 정복술 19예였다.

2018년 7월부터 2021년 1월 사이에 수술 후 탄력 밴드를 이용하여 두 가지 수지 운동을 진행한 그룹 1에 24명이 포함되었으며, 2015년 3월부터 2018년 6월 사이에 수술 후 보조 수단 없이 수상 반대편 손을 이용해 수동적, 능동적 운동을 진행한 그룹 2에 28명이 포함되었다. 이와 같이 운동 방법은 일정 시기를 기준으로 서로 다르게 적용하였다. 관절 강직을 보이지 않은 증례의 경우 수술 후 회복기에 수상 반대편 손을 이용한 수동적, 능동적 운동 방법을 설명하였을 때 환자 스스로 잘 따라 하고 협조도가 높으며 수지 운동에 자신감을 보인 경우 그대로 운동 치료를 진행하고, 그렇지 못한 경우 탄력 밴드와 같은 보조 수단을 이용해 수지 운동을 하도록 하였다.

2. 골절에 대한 수술 술기 및 운동 치료

수술 중 C-arm 영상 검사에서 골절 부위를 확인하고, 25 게이지 바늘을 이용하여 피부 연조직에서 골절에 상응하는 위치를 표시하였다.

개방적 정복술을 시행한 경우 신전건 주행 경로를 피해 근위지골 장축 방향으로 Z형 절개를 하였으며, 골절선 및 적절한 금속판 고정 위치를 고려하여 요측 또는 척측에 절개를 진행하였다. 손등의 주요 혈관과 감각 신경을 보존하며 근육과 근막을 박리하고, 골

Table 1. Patient demographics

Variable	Group 1 (elastic resistance exercise)	Group 2 (conventional exercise)
No. of patients	24	28
Sex, female:male	4:20	7:21
Age (yr)	36 (21–58)	32 (19–55)
Fracture site (neck/shaft/base)	11/5/8	14/6/8
Operative technique (closed/open reduction)	15/9	18/10

Values are presented as number only or mean (range). The inter-group analysis did not show significant differences in the number of patients, sex, age, fracture site, or operative technique.

절 부위 주변의 골막을 거상하였다. 골절 부위에 접근하기 위해 신전건을 젖혔을 때 골절 부위 확인 및 금속판 고정이 어려운 경우에 신전건을 장축 방향으로 분리(extensor tendon splitting)하였다. 수지를 견인하며, 동시에 골막올림기(freer 또는 periosteum elevator)를 이용하여 골편 전위 반대방향으로 힘을 가해 정복하였다. 티타늄 금속판(low-profile 1.2-mm titanium mini plate, Jeil Medical Corp., Seoul, Korea)를 정복 상태가 유지되도록 고정하였다. 고정 후 수지를 수동적으로 굴곡, 신전하여 제2-5수지의 정렬을 확인하였다. 수술 중 영상 검사에서 근위지골 정복 상태를 확인한 후 골막 및 피부를 봉합하였다. 폐쇄적 정복술을 시행한 경우 수지를 견인하여 골절편이 정복된 것을 확인하고, 2개의 Kirschner 강선(K-강선, 0.9 mm)을 이용하여 경피적 핀고정술 방법으로 교정하였다. 수술 후 부목 고정은 중수지관절 70°-80° 굴곡, 손목 관절 30°-40° 신전, 시간 관절 완전 신전 상태에서 시행하였으며, 고정 상태에서 약간의 관절 운동(micromotion)을 하도록 설명하였다. 제4, 5 수지 골절의 경우 척측 구상 부목(ulnar gutter splint)을 적용하고, 이외 수지의 골절에는 단완 부목(short arm splint)을 손바닥 쪽에 적용하였다.

그룹 1에서 탄력 밴드를 이용한 수지 운동(elastic resistance exercise)은 개방적 정복술을 시행한 경우 수술 후 3주 경과 시기에, 폐쇄적 정복술을 시행한 경우 수술 4주 후 강선을 제거하고 나서 진행하였고, 고무줄을 양손에서 서로 대응하는 수지에 걸치고

양손이 서로 멀어지도록 견인한 후 약 10초 동안 버티는 등척성 운동(isometric exercise)을 하도록 하였다. 이때, 방향을 수지의 손등 쪽과 손바닥 쪽으로 번갈아 적용하여 신전건과 굴곡건 모두에 자극이 주어지도록 하였다(Fig. 1A-1C). 또한, 열가소성 부목을 근위지를 감쌀 수 있는 크기로 잘라 적용하고 고무줄로 부목과 손목 위치의 탄력 밴드를 연결하여, 고무줄 장력 정도의 약한 부하가 주어지는 수동적 굴곡 및 능동적 신전 운동을 진행하였다(Fig. 1D). 그룹 2에서는 수술 후 그룹 1과 같은 시기에 수상 반대편 손을 이용한 수동적 굴곡, 신전 운동과 능동적 수지 운동을 진행하였다.

3. 측정 및 분석

수술 전후 및 추적 관찰 후 방사선 영상 검사에서 골절 부위 유합 여부를 판단하였다. 또한, 수지간(interphalangeal) 및 중수지(metacarpophalangeal) 관절의 운동 범위와 통증척도를 수술 후 5, 8, 12주째에 측정하여, 시기에 따른 측정 각도의 차이를 비교하였다. 수지관절 운동 범위는 표준 수지 각도계를 이용하여 측정하였다. 통증척도는 통증을 0-10점으로 점수화하는 Wong-Baker Pain Rating Scale을 사용하였다. 수지의 능동적 운동을 시도하였을 때 느껴지는 통증을 통증 없음(0점), 약한 통증(1-3점), 중등도 통증(4-6점), 심한 통증(7-9점), 극심한 통증(10점)으로 나누어 분류하였다.

통계 분석에는 단일 그룹 내에서 치료 시기에 따른 운동 범위 비

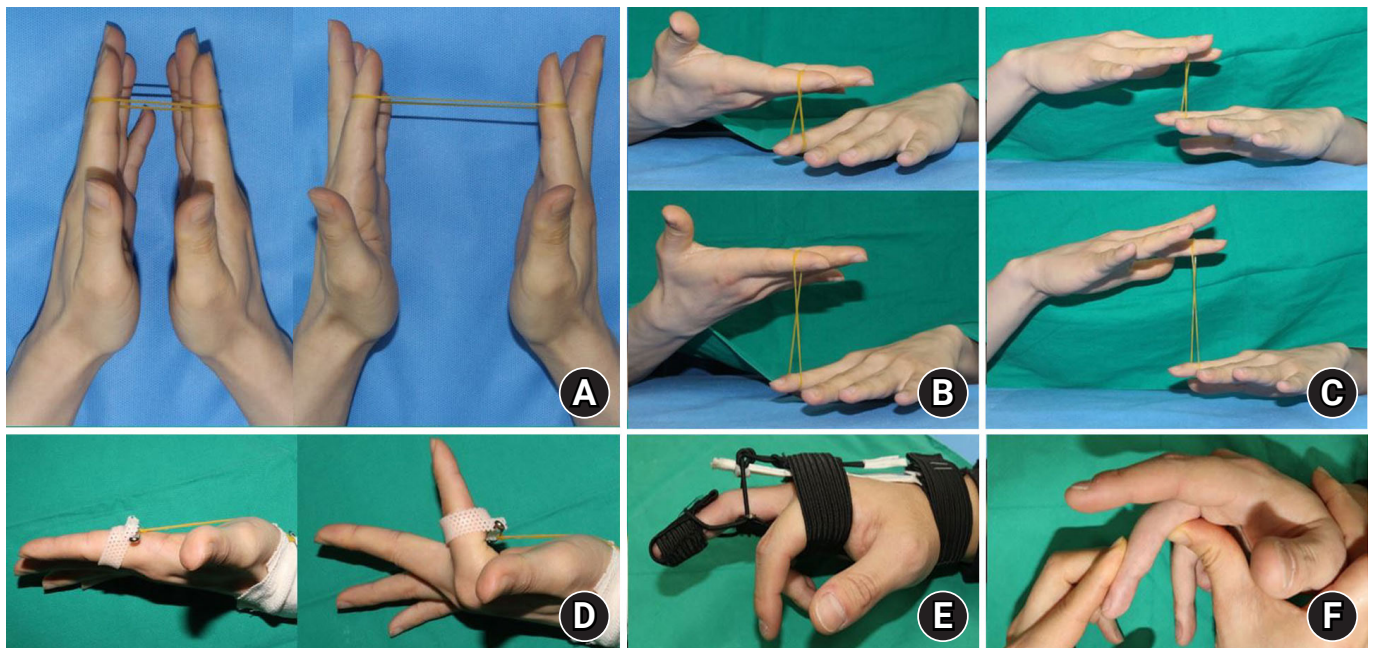


Fig. 1. Elastic resistance exercise methods. Resistance training can be performed using the opposite hand, and an elastic rubber band is applied on the extensor-extensor (A), flexor-flexor (B), and extensor-flexor (C) surfaces. Patients undergo static stretching and resting to obtain sensory feedback. (D) Alternatively, active extension and passive flexion of the metacarpophalangeal joint can be achieved using a thermoplastic aqua-splint (D). (E) A custom-made prosthesis was applied to induce proximal interphalangeal joint flexion in a patient with a swan-neck deformity. (F) Passive flexion exercise was performed with light tension.

교 분석을 위해 대응 표본 t 검정(paired t-test)을 활용하고, 서로 다른 운동 치료를 적용한 두 군간 비교분석은 t 검정 방법으로 진행하였다. p값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결과

수술 후 절개 상처 또는 K-강선 고정 부위는 감염 또는 벌어짐과 같은 부작용 없이 치유되었다. 서로 다른 운동 방법을 적용한 그룹 1과 2를 비교하였을 때, 성별, 연령, 근위지골에서 골절 부위, 수술 방법은 의미 있는 차이를 보이지 않았다.

수술 후 시기에 따른 운동 범위는, 탄력성 저항 운동을 진행한 그룹 1 (24예)에서 수술 후 5, 8, 12주간 측정 결과를 비교하였을 때 시간이 경과함에 따라 운동 범위가 점차 향상된 결과를 보였다(Fig. 2A, Table 2). 또한, 수상 반대편 손을 이용한 수동 및 능동적 운동을 진행한 그룹 2 (28예)에서도 수술 후 5, 8, 12주간 측정 결과를 비교하였을 때 시간이 경과함에 따라 운동 범위가 점차 향상되었다(Fig. 2A, Table 3).

나아가 그룹 1, 2간 운동 범위를 비교하였을 때 수술 후 8주 시기에 그룹 1에서 $179^\circ \pm 23^\circ$, 그룹 2에서 $171^\circ \pm 28^\circ$ 로 그룹 1이 다소 나은 운동 범위를 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 수술 후 12주의 운동 범위에서는 그룹 1에서 $223^\circ \pm 6^\circ$, 그룹 2에서 $206^\circ \pm 9^\circ$ 로 그룹 1이 통계적으로 의미 있게 더 나은 운동 범위를 보였다($p < 0.05$) (Fig. 2A).

Table 2. Range of motion (ROM) of the phalangeal joints in group 1 patients (n=24)

ROM	MCP joint (°)	PIP joint (°)	DIP joint (°)	Total ROM (°)
At 5 wk	49 ± 6	47 ± 6	48 ± 9	145 ± 16
At 8 wk	61 ± 7	63 ± 11	55 ± 7	179 ± 23
At 12 wk	74 ± 4	84 ± 4	65 ± 2	223 ± 6
Normal ROM ^{a)}	90	100	70	260

MCP, metacarpophalangeal; PIP, proximal interphalangeal; DIP, distal interphalangeal.

^{a)}American Medical Association guidelines, fifth edition.

Table 3. Range of motion (ROM) of the phalangeal joints in group 2 patients (n=28)

ROM	MCP joint (°)	PIP joint (°)	DIP joint (°)	Total ROM (°)
At 5 wk	52 ± 5	50 ± 6	45 ± 5	147 ± 10
At 8 wk	57 ± 12	61 ± 9	53 ± 10	171 ± 28
At 12 wk	68 ± 8	77 ± 12	61 ± 6	206 ± 9
Normal ROM ^{a)}	90	100	70	260

MCP, metacarpophalangeal; PIP, proximal interphalangeal; DIP, distal interphalangeal.

^{a)}American Medical Association guidelines, fifth edition.

수술 후 시기에 따른 통증척도는 그룹 1에서 수술 후 5주에 6.2 ± 0.7 , 8주에 5 ± 1 , 12주에 1.5 ± 0.5 로 시간이 경과함에 따라 통증이 점차 감소한 결과를 보였다($p < 0.05$) (Fig. 2B). 그룹 2 역시 수술 후 5주에 6.2 ± 0.5 , 8주에 4.9 ± 1.4 , 12주에 3 ± 1.2 로 시간이 경과함에 따라 통증이 점차 감소하였다($p < 0.05$) (Fig. 2B). 나아가 그룹 1과 그룹 2간에 통증척도를 비교하였을 때 수술 후 12주에 그룹 1에서 더 나은 통증 정도를 보였으며($p < 0.05$), 5주와 8주 시기에는 의미 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

1. 증례 1

42세 남자 환자가 좌측 제5수지 근위지골 경부의 비스듬 골절(oblique fracture)로 내원하였다(Fig. 3A-3D). 수상 3일 경과 후 개방적 정복술 및 나사를 이용한 내고정술을 시행하여 전위된 골절의 위치를 교정하였다. 수술 후 5주 경과 시기에 관절의 운동 범위는 근위지간 관절 45° 로 제한 소견을 보였고, 통증척도 6의 중등도 통증을 보였다. 탄력성 저항 운동을 적용하였으며, 수술 후 12주 시기에 근위지관절 운동 범위는 80° 로 호전되었고, 통증척도 3의 결과를 보였다(Fig. 3E-3H). 정복술 6개월 경과 후 골유합 소견을 보여 고정된 나사를 제거하였다(Fig. 3I).

2. 증례 2

50세 남자 환자가 좌측 제2수지 근위지골 기저부의 골절로 내원

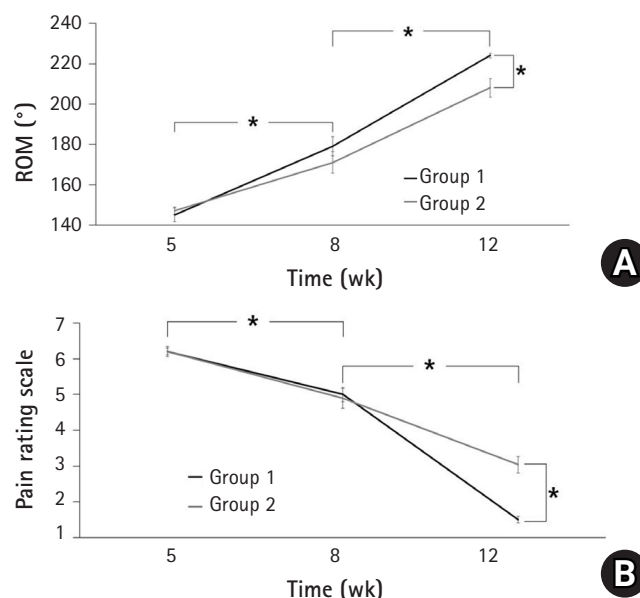


Fig. 2. Range of motion (ROM) and pain over time. (A) ROM exhibited progressive improvements in both group 1 (elastic resistance exercise) and group 2 (conventional exercise). Group 1 presented a larger ROM than group 2 at 12 weeks postoperatively. (B) Progressive pain relief was noted in both groups. Group 1 showed less pain than group 2 at a postoperative follow-up of 12 weeks. * $p < 0.05$.

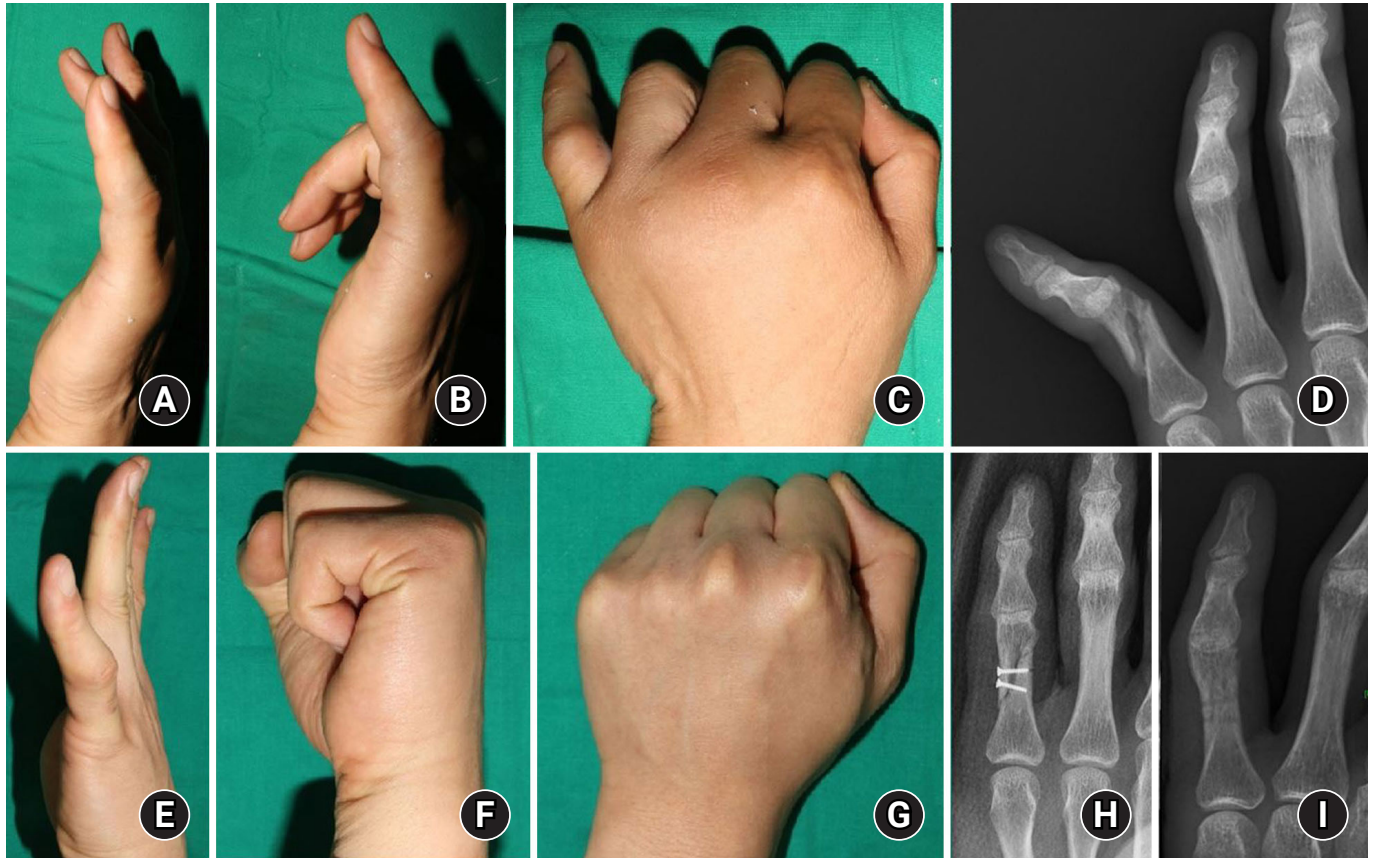


Fig. 3. Case 1. (A-D) A 42-year-old male patient presented with an oblique fracture of the fifth proximal phalangeal bone on the left hand. (E-H) The fracture was treated using open reduction and screw fixation. The proximal interphalangeal joint showed a limited range of motion (ROM, 45°) at 5 weeks postoperatively. The patient consistently performed elastic resistance exercises, and the ROM improved to 80°. (I) At 6 months after open reduction surgery, bone union was noted and the screws were removed (I).

하였다(Fig. 4A-4C). 수상 7일 후 개방적 정복술 및 금속판을 이용한 내고정술을 시행하여 전위된 골절의 위치를 교정하였다. 수술 후 5주 시기에 관절의 운동 범위는 중수지관절 40°로 제한되었고, 통증척도 6의 중등도 통증을 호소하였다. 탄력성 저항 운동을 진행하였으며, 수술 후 12주 시기에 중수지관절 운동 범위는 75°로 호전되고, 통증척도 2로 약한 통증을 나타냈다(Fig. 4D-4F). 정복술 6개월 후 골절 부위 유합이 확인되어 고정된 금속판과 나사를 제거하였다(Fig. 4G).

3. 증례 3

58세 남자 환자가 좌측 제4수지 근위지골 경부의 골절로 내원하였으며, 수술 전 임상 사진에서 정상 측과 비교해 수지 길이가 단축된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 5A-5D). 수상 2일 후 폐쇄적 정복술 및 K-강선을 이용한 경피적 고정술을 시행하여 전위된 골절의 위치를 바로 잡았으며, 고정된 강선은 수술 후 4주 시기에 외래 통원 치료 중 제거하였다(Fig. 5E, 5F). 수술 후 5주 시기에 관절의 운동 범위는 근위지관절 30°로 제한되었고, 통증척도 7의 심한

통증을 호소하였다. 탄력성 저항 운동을 진행하였으며, 수술 후 12주 시기에 중수지관절 운동 범위는 80°로 호전되고, 통증척도 3의 약한 통증을 보였다. 정복술 7개월 후 방사선영상검사에서 골절 부위가 유합된 것을 확인할 수 있었다(Fig. 5G, 5H).

4. 증례 4

29세 남자 환자가 우측 제3수지 근위지관절의 과신전으로 인한 백조목 변형을 주소로 내원하였다(Fig. 6A-6C). 2014년에 우측 제3수지 근위지골 경부 골절로 타 병원에서 폐쇄적 정복술을 시행 받은 과거력이 있었으며, 이후 백조목 변형이 진행되어 2019년 9월에 Fowler 중심널힘줄 절제술(Fowler's central tenotomy)을 통해 교정하였다. 이후 백조목 변형이 다시 진행되어 2021년 1월에 본원에 내원하였다. 내원 당시 수지 운동 범위는 원위지관절 40°, 근위지관절 0°, 중수지관절 60°였으며, X-ray 영상 검사에서 근위지골 골두 및 근위지관절의 이상은 관찰되지 않았다(Fig. 6D).

골조직 및 관절에 이상 소견이 보이지 않아 힘줄 및 인대 조직의 교정 수술을 계획하였으며, 2021년 1월 18일에 신전건 박리술

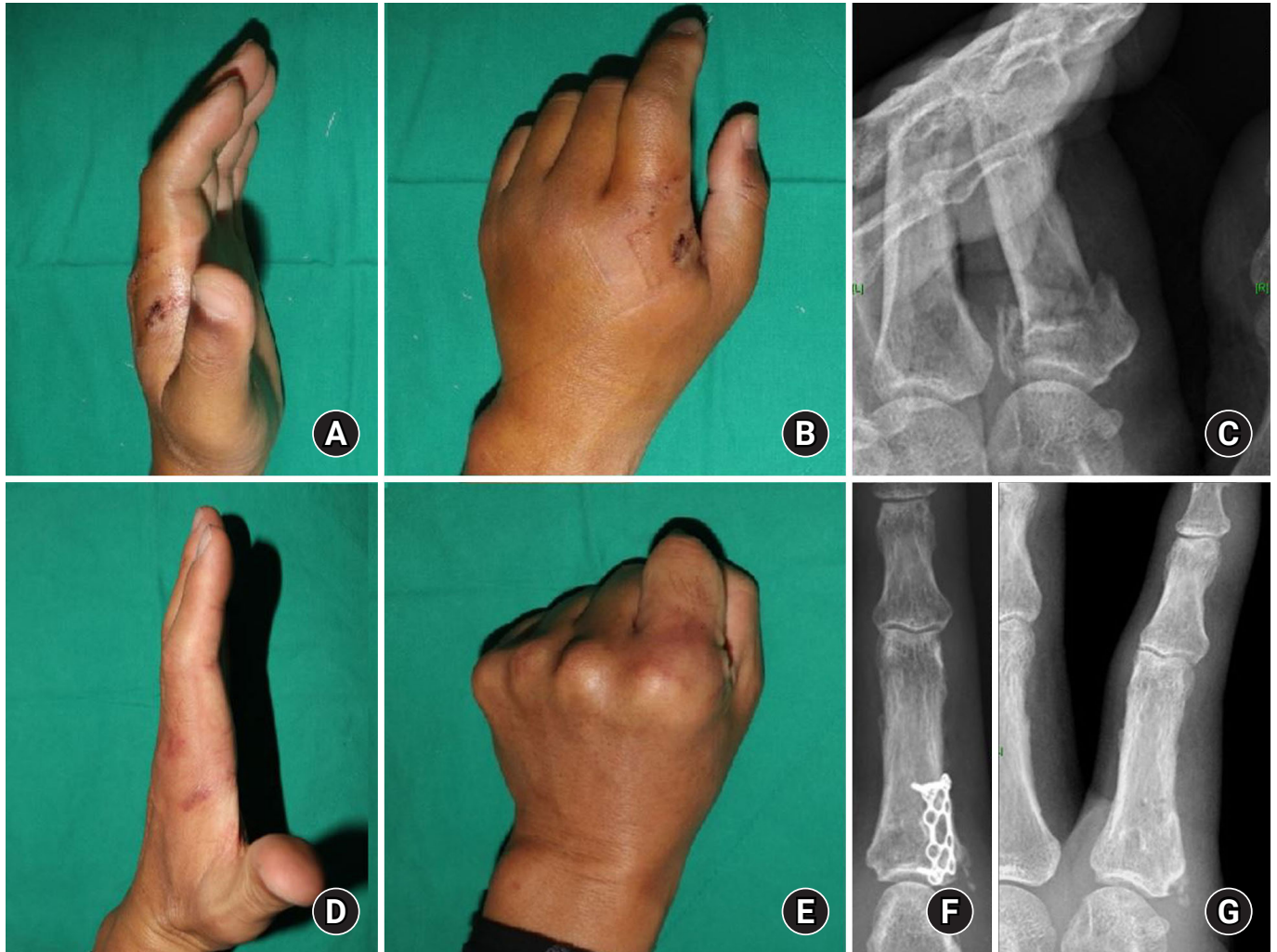


Fig. 4. Case 2. (A-C) A 50-year-old male patient presented with a proximal phalangeal base fracture of the left second finger. (D-F) The fracture was treated using open reduction and plate fixation. The metacarpophalangeal joint showed a limited range of motion (ROM, 40°) at 5 weeks postoperatively. The patient performed elastic resistance exercises, and the ROM improved to 75°. (G) At 6 months after open reduction surgery, bone union was noted and the plate was removed.

(extensor tenolysis)과 신전건 조직체 부분 전위술(extensor apparatus partial translocation) 시행하였다. 신전건 조직체 중 척측 가측 인대(ulnar lateral band)를 손바닥 방향으로 전위하여 손바닥 판(volar plate)에 고정하였다. 인대 전위술 3주 경과 시기부터 좌측 손을 이용하여 수동적 운동을 시작하고, 수술 5주 후부터 손 보조기를 이용한 능동적 운동을 시작하였다(Fig. 1E). 능동적 운동 초기에 손가락 굴곡 시 근위지관절에 통증척도 8의 심한 통증을 호소하여 견딜 수 있는 범위에서 관절 운동을 진행하였으며(Fig. 1F), 시간이 경과함에 따라 운동 시 통증 감소와 운동 범위 향상이 함께 나타나는 것을 확인하였다. 인대 전위술 16주 후에 관절 운동 범위는 원위지관절 50°, 근위지관절 80°, 중수지관절 80°였으며, 과신전 상태로 고정되어 있던 근위지관절의 굴곡 효과를 관찰할 수 있었고, 통증척도 3의 결과를 나타냈다(Fig. 6E-6H).

고찰

근위지 골절 시 발생하는 골막 손상 및 혈종 형성은 손상된 구역(the zone of injury) 내의 모든 구조에 영향을 미치게 된다. 해당 구역에서 증식성 섬유화 반응(proliferative fibroblastic response)이 발생하여 주변 조직간에 반흔(interstitial scar)을 형성하게 되면 골절 부위와 인접한 힘줄, 인대, 관절낭(joint capsule) 사이에 유착이 발생하게 된다. 이에 따라 정상적인 힘줄 활주 운동(tendon gliding)이 제한을 받게 되고, 이것이 고착되면 영구적인 강직 증상이 발생할 수 있다[9,10].

그중 가장 흔하게 관찰되는 수술 후 합병증이 근위지관절의 신전 지연을 특징으로 하는 가성갈퀴손변형(pseudo-claw deformity)이다[11]. 이를 해소하기 위해 우선적으로는 비수술적 치료

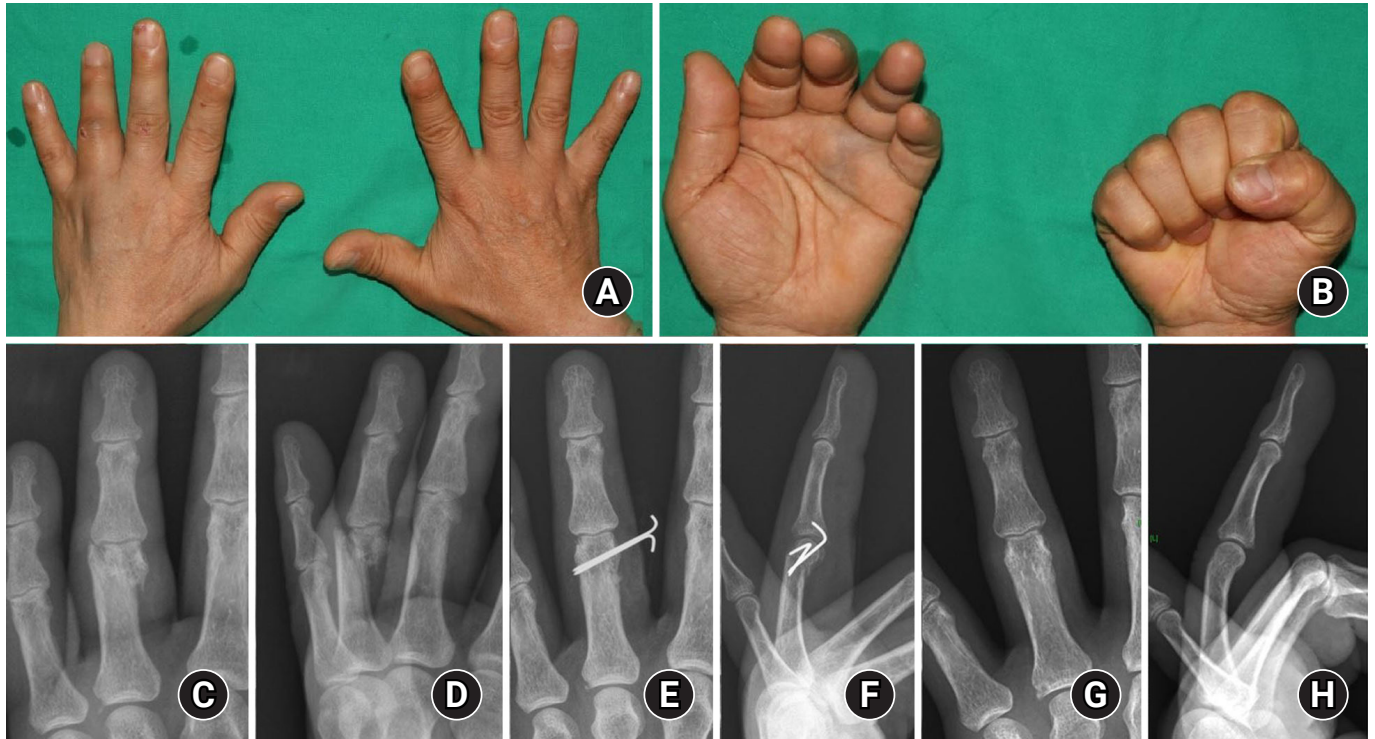


Fig. 5. Case 3. (A-D) A 58-year-old male patient presented with a proximal phalangeal neck fracture of the left fourth finger, and shortening of the injured finger was noted. (E, F) The fracture was treated using closed reduction and percutaneous pinning. The proximal interphalangeal joint showed a limited range of motion (ROM, 30°) at 5 weeks postoperatively, and elastic resistance exercises led to improvement of the ROM to 80°. (G, H) At 7 months after closed reduction surgery, bone union was noted on radiographic images.

를 적용할 수 있다. 하지만 근위지관절의 굴곡 구축(flexion contracture)이 약 70° 이상이거나 과신전(hyperextension) 상태로 고정된 소견을 보이는 경우, 또는 2-6개월의 비수술적 치료를 적용하고도 여전히 기능적인 제한이 있는 경우 등에서는 수술적 치료를 동반해야 한다[12,13].

수술적 치료는 주로 수장판(volar plate) 근위부의 유착 및 섬유화 증식 부위, 부측부인대(accessory collateral ligament), 굴곡 건초(flexor tendon sheath)의 유착 부위에 대한 박리 및 절제 과정을 통해 이루어진다[14,15]. 이를 위해 중앙 측부 절개법(mid-lateral incision approach)을 이용할 수 있는데, 이 방식은 손바닥 측 접근법(volar approach)에 비해 초기에 동적 부목(dynamic splint) 등을 적용한 재활치료를 시행할 수 있다는 장점이 있다[16]. 만약 건박리술(tenolysis) 만으로 구축이 교정되지 않을 경우 힘줄 부분 절제술(partial tenotomy) 또는 부분 전이술(partial translocation)을 고려할 수 있다[7]. 기존에 근위지관절의 과신전 및 백조목 변형을 교정하기 위한 수술 방법으로 Fowler 중심널힘줄 절제술이 있는데, 이는 구축에 기여하는 중심널힘줄을 선택적으로 절제하는 수술이다[17]. 근위지관절의 신전 운동은 신전건 덮개(extensor hood)를 구성하는 여러 구조에 의해 가능하므로 부분 절제를 통해 과신전을 교정하면서 신전 능력을 유지할 수 있다.

앞서 언급한 힘줄 부분 절제술로 교정이 어려울 경우 가측 인대 부분 전이술(lateral band partial translocation)을 고려할 수 있으며, 가측 인대는 요측과 척측에 각각 존재하므로 이중 하나를 손바닥 방향으로 전위하여 굴곡과 신전 작용에 균형을 맞추기 위한 수술 방법이다. 가측 인대 부분 전이술은 Zancolli-Tonkin 수술(Zancolli-Tonkin procedure)로 알려져 있으며, 가측 인대 일부를 손바닥 방향으로 전위한 후 천수지굴곡근 닿는 곳(insertion)과 수장판에 고정하는 수술이다[18]. 이는 기존 문헌에서 외상 이후 진행된 근위지관절의 과신전 구축과 류마티스성 관절염에 의한 근위지관절 과신전을 교정하는 효과를 보였다. 본 연구에서는 척측 가측 인대를 손바닥 방향으로 전위하고 수장판에 고정하였으며, 수술 후 저자들이 개발한 손 보조기를 적용하여 능동적 운동을 진행하였다(Fig. 1E). 백조목 변형 환자가 본원에 최초 내원 시 근위지관절이 운동 범위 0°로 고정되어 있었으며, 수동적, 능동적 운동을 시도하였을 때 양측 가측 인대가 돌출되는 것을 확인할 수 있었다. 이에 운동 치료로 교정이 어려울 것으로 판단하여 수술적 치료를 고려하였다. 수술 후 운동 치료 과정에서도 뚜렷한 차이를 보였으며, 수술 후 5주 시기에 다른 증례에서 평균 통증척도 6의 증정도 통증을 나타낸 반면 상기 환자의 경우 통증척도 8의 심한 통증을 호소하였다. 또한 근위지관절 운동 범위가 80°로 회복되는 데

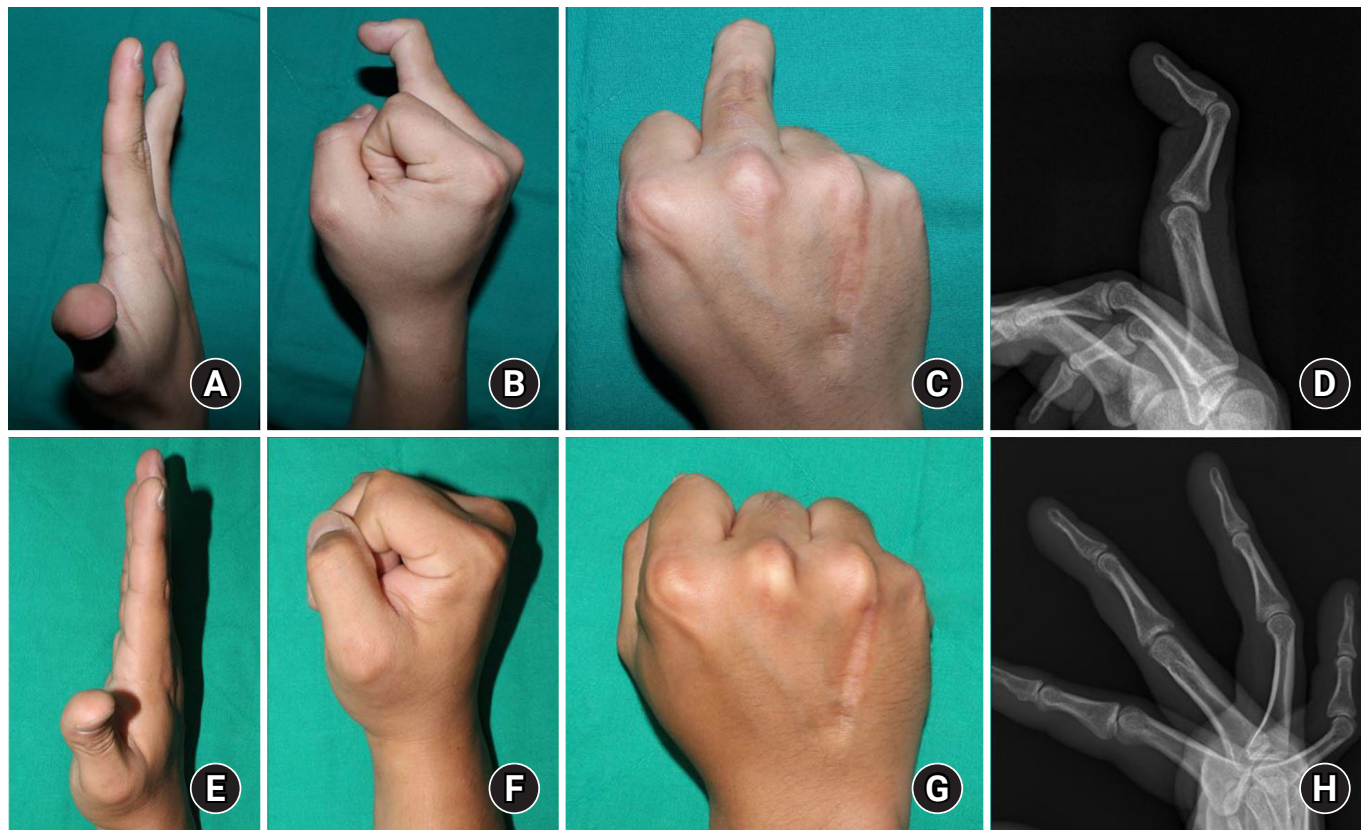


Fig. 6. Case 4. (A-D) A 29-year-old male patient presented with a swan-neck deformity of the right third finger. Fixed hyperextension was noted on the proximal interphalangeal joint. (E-H) The intractable stiffness was treated with partial translocation of the ulnar lateral band. The patient underwent active joint exercises using a custom-made prosthesis, and the range of motion of the joint changed from 0° to 80°.

16주의 긴 시간이 소요되었다. 나이가 수술 후 운동 방법에 있어 다른 증례에 적용한 탄력성 저항 운동으로 운동 범위 향상 효과를 얻기 어려운 손 보조기를 제작해 적용하였다(Fig. 1E). 이 보조기는 도르래 원리를 이용하였으며, 도르래 축이 근위지관절보다 약간 근위부에 위치해 수지 굴곡을 시도할 때 근위지관절 굴곡을 보조하도록 제작되었다.

수지의 구축을 예방하거나 치료하기 위해서는 수술 후 적절한 시기에 알맞은 운동 치료를 적용하는 것이 필요하다. 기존 문헌에서 언급된 수술 후 재활치료 방침에 따르면, 수술 후 3주 시기에 섬유연골(fibrocartilage) 조직이 형성되므로 조절과 보호가 동반된 재활(controlled protected reactivation) 치료를 권장한다. 또한, 수술 후 3-6주 시기에 주변골(peripheral bone)이 형성되어 보호가 동반된 능동적 재활(active protected reactivation) 운동이 가능하다[5].

근위지골 골절에서 수술 후 운동 치료 방법으로 수술 2-3주 후부터 진행 가능한 골절 주변 부위 마사지, 온수에 손을 위치한 상태로 운동하는 온 목욕(warm bath) 치료, 환측 손으로 정상측 손을 감싸 쥐는 운동, 엄지손가락과 환부 손가락 사이 맞섬(pinch) 등

이 보고되었다[19]. 기존 운동 방법과 더불어 저자들은 개방적 정복술 후 3주 또는 폐쇄적 정복술 후 K-강선을 제거하는 4주 시기에 근위지골의 골절 부위에 과도한 부하가 주어지지 않는 약한 강도의 탄력성 저항 운동 치료가 가능할 것으로 판단하였다. 기존 문헌에서 탄력성 저항 운동은 뇌경색으로 인한 편측성 마비 환자에서 손의 굴곡, 신전 능력을 향상시키는 효과를 보였으며[20], 근감소증 환자(sarcopenic patient)에서 사지의 근육량과 힘, 운동 능력을 향상시키는 것으로 나타났다[21].

운동 방법에서 소개한 바와 같이 본 연구에서 수부 회외(supination), 회내(pronation) 자세에서 탄력성 저항 운동 치료를 진행하고, 귀가 후 자가로 탄력 밴드를 이용해 운동할 수 있도록 하였다. 수지에 회전 벡터(rotation vector)가 존재하며, 신전과 굴곡을 담당하는 다양한 외재근과 내재근이 복합적으로 영향을 미칠 것으로 판단하여, 서로 다른 자세에서 운동을 진행하고 각각의 근육에 자극이 주어지도록 하였다[9]. 나이가 수술 후 5-6주부터는 중등도의 기능적 활동(moderate functional activity)을 하도록 하였다.

수술 후 섬유연골이 형성되기 시작하는 3주 전후의 시기에는 골

절 상태, 연령, 기존 질환, 운동 능력을 고려하여 적절한 운동 치료를 적용하는 것이 좋으며, 골절에 따른 변위 방향도 중요한 요소 중 한 가지이다[5]. 기존 문헌에 소개된 수부 골절에서 골절각 형성 방향은 근위지 골절의 경우 첨부 수장 측 각 형성(apex volar angulation) 소견을 나타낸다[22]. 이와 같은 각 형성 방향은 연관된 힘줄의 작용에 영향을 받으며, 특히 수부 내재근 중 뼈사이근(interosseous muscle)이 중수골에서 일어나고 신전근 덮개(extensor hood)에 닿아 골절 후 변위에 중요한 요인으로 알려져 있다. 만약 운동 치료 중 통증 소견을 보이거나 골절에 따른 변위를 악화시킬 가능성이 있을 경우 다른 운동 방법을 고려하는 것이 좋다. 열가소성 부목을 근위지에 적용하고 고무줄의 장력을 이용하여, 능동적 신전과 수동적 굴곡 운동을 병행한 것은 골절에 의한 변위 방향을 고려한 것이다(Fig. 1D).

본 연구의 한계로, 후향적 연구로 진행된 점과 강직에 대한 운동 치료 후 12주 시기에 운동 범위를 측정하였으므로 추적 관찰 기간이 짧은 점을 들 수 있다. 후향적 연구를 진행함에 있어 탄력성 저항 운동을 적용한 그룹 1은 2018년 7월부터 2021년 1월 사이에 수술한 증례였으며, 수상 반대편 손을 이용해 수지 운동을 진행한 그룹 2는 2015년 3월부터 2018년 6월 사이에 수술한 증례였다. 이는 저자들이 수술 후 수지 운동 치료를 진행하면서 탄력성 저항 운동이 운동 범위 향상에 도움이 됨을 인지하고 일정 시기 이후부터 근위지골 골절 수술 후 경과에 따라 탄력성 저항 운동을 적용하였기 때문이다. 이와 같이 치료 방법이 일정 시기를 기준으로 서로 다르게 적용된 비교 연구를 기존 문헌에서도 확인할 수 있다[23].

수술 후 주변골(peripheral bone)이 형성되기 이전에는 여러 손 운동 중 골절 부위에 부하가 최소로 주어지는 운동 방법을 선택하는 것이 좋다. 기존 문헌에 따르면 탄력성 저항 운동은 편측 마비 환자의 환측 상지에서 신경 근육 조절(neuromuscular control) 능력을 향상시키고 동기 부여를 돕는 것으로 나타났다. 또한 정상 측 상지에 운동을 적용하였을 때 환측의 운동 능력을 향상시킨다고 언급하였다[20]. 이와 같은 현상은 본 연구에서도 관찰할 수 있었으며, 저자들이 진행한 바와 같이 환측 수지와 정상측 수지를 서로 짝지어 운동하였을 때 환자 스스로 적절한 피드백을 느낄 수 있는 자세를 찾아가는 것으로 생각된다. 따라서 저자들이 소개한 낮은 부하의 탄력성 저항 운동이 수지 재활과 더불어 다른 상지 부위의 운동 방법 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 보인다.

결론

근위지골 골절에서 수술 이후 수지관절의 강직을 예방하거나 교정하기 위해서는 강직 정도에 따라 비수술적 또는 수술적 치료 방법을 고려해야 한다. 수술 후 제한된 안정성(limited stability)을 보이는 수술 3-4주 시기에 골절 부위 전위(dislocation)가 유발되지 않는 적절한 능동적 운동을 진행하는 것이 좋다. 이에 낮은 부

하의 탄력성 저항 운동을 진행하였으며 조기 능동적 재활 운동이 가능하였고, 운동 범위 향상 및 통증 완화 효과를 보였다. 수술적 치료를 고려할 경우 건박리술과 힘줄 부분 절제술 또는 전이술 중 적절한 수술 방법을 선택하고, 수술 후 운동 치료를 병행하여 구축을 효과적으로 교정할 수 있다.

ORCID

Dongkeun Jun, <https://orcid.org/0000-0001-9017-9929>

Minkyung Jeong, <https://orcid.org/0000-0002-8250-0388>

Donghyeok Shin, <https://orcid.org/0000-0002-8450-4411>

Hyungon Choi, <https://orcid.org/0000-0002-3816-1286>

Jeenam Kim, <https://orcid.org/0000-0002-4080-6135>

Myungchul Lee, <https://orcid.org/0000-0002-9721-0092>

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

1. Green DP, Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pederson WC, Kozin SH. Green's operative hand surgery. 5th ed. Philadelphia: Saunders/Elsevier; 2010.
2. Oetgen ME, Dodds SD. Non-operative treatment of common finger injuries. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2008;1:97-102.
3. Widgerow AD, Edinburg M, Biddulph SL. An analysis of proximal phalangeal fractures. *J Hand Surg Am.* 1987;12:134-9.
4. Freeland AE, Orbay JL. Extraarticular hand fractures in adults: a review of new developments. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;445:133-45.
5. Hardy MA. Principles of metacarpal and phalangeal fracture management: a review of rehabilitation concepts. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34:781-99.
6. Vahey JW, Wegner DA, Hastings H 3rd. Effect of proximal phalangeal fracture deformity on extensor tendon function. *J Hand Surg Am.* 1998;23:673-81.
7. 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.* 2004;29:1063-8.
8. Glasgow C, Fleming J, Tooth LR, Hockey RL. The long-term relationship between duration of treatment and contracture resolution using dynamic orthotic devices for the stiff proximal interphalangeal joint: a prospective cohort study. *J Hand*

- Ther. 2012;25:38-46.
9. Freeland AE, Hardy MA, Singletary S. Rehabilitation for proximal phalangeal fractures. *J Hand Ther.* 2003;16:129-42.
 10. Schneider LH. Tenolysis and capsulectomy after hand fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(327):72-8.
 11. Page SM, Stern PJ. Complications and range of motion following plate fixation of metacarpal and phalangeal fractures. *J Hand Surg Am.* 1998;23:827-32.
 12. Yang G, McGlinn EP, Chung KC. Management of the stiff finger: evidence and outcomes. *Clin Plast Surg.* 2014;41:501-12.
 13. Wang D, Sun K, Jiang W. Mini-plate versus Kirschner wire internal fixation for treatment of metacarpal and phalangeal fractures. *J Int Med Res.* 2020;48:300060519887264.
 14. Tuffaha SH, Lee WP. Treatment of proximal interphalangeal joint contracture. *Hand Clin.* 2018;34:229-35.
 15. Lutsky KF, Matzon JL, Dwyer J, Kim N, Beredjiklian PK. Results of operative intervention for finger stiffness after fractures of the hand. *Hand (N Y).* 2016;11:341-6.
 16. Brüser P, Poss T, Larkin G. Results of proximal interphalangeal joint release for flexion contractures: midlateral versus palmar incision. *J Hand Surg Am.* 1999;24:288-94.
 17. Hiwatari R, Kuniyoshi K, Aoki M, Hashimoto K, Suzuki T, Takahashi K. Fractional Fowler tenotomy for chronic mallet finger: a cadaveric biomechanical study. *J Hand Surg Am.* 2012;37:2263-8.
 18. Charruau B, Laulan J, Saint-Cast Y. Lateral band translocation for swan-neck deformity: outcomes of 41 digits after a mean follow-up of eight years. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(4 Suppl):S221-4.
 19. Miller L, Crosbie J, Wajon A, Ada L. No difference between two types of exercise after proximal phalangeal fracture fixation: a randomised trial. *J Physiother.* 2016;62:12-9.
 20. Vinstrup J, Calatayud J, Jakobsen MD, et al. Hand strengthening exercises in chronic stroke patients: dose-response evaluation using electromyography. *J Hand Ther.* 2018;31:111-21.
 21. Liao CD, Tsao JY, Huang SW, Ku JW, Hsiao DJ, Liou TH. Effects of elastic band exercise on lean mass and physical capacity in older women with sarcopenic obesity: a randomized controlled trial. *Sci Rep.* 2018;8:2317.
 22. Ganesh Kumar N, Chung KC. An evidence-based guide for managing phalangeal fractures. *Plast Reconstr Surg.* 2021;147:846e-861e.
 23. Chang BL, Mondshine J, Attinger CE, Kleiber GM. Targeted muscle reinnervation improves pain and ambulation outcomes in highly comorbid amputees. *Plast Reconstr Surg.* 2021;148:376-86.

근위지골 골절과 연관된 수지관절 강직의 치료 후 운동 범위와 통증척도 분석

전동근, 정민경, 신동혁, 최현곤, 김지남, 이명철

건국대학교 의학전문대학원 성형외과학교실

목적: 수지 근위지 골절에서 골편 전위가 동반된 경우 수술로 교정할 수 있으며, 이후 근위지간 및 중수지관절에서 강직이 나타날 수 있다. 이러한 수지관절 강직은 수술적, 비수술적 치료를 적절히 적용해야 완화할 수 있다. 복합적 치료 이후 관절 운동 범위와 통증척도의 변화를 분석하여 보고한다.

방법: 2015년 3월부터 2021년 1월까지 수지 근위지골 골절 수술 후 수지관절 강직을 보인 환자 52명을 후향적으로 연구하였다. 수술 후 운동 치료 방법으로 탄력성 저항 운동을 진행한 군(그룹 1, 24명)과 보조 수단 없이 수상 반대편 손을 이용해 수동적, 능동적 운동을 진행한 군(그룹 2, 28명)으로 나누어 수술 후 5, 8, 12주에 운동 범위와 통증 정도를 측정, 비교하였다. 또한 근위지간 관절의 장기간 강직 후 발생한 백조목 변형을 신전건 조직체 부분 전위술로 교정하고 손 보조기를 이용한 능동적 운동을 진행하였다. 이처럼 수술과 운동 치료를 복합적으로 적용 후 운동 범위와 통증척도의 변화를 분석하였다.

결과: 운동 범위와 통증척도에 대해 그룹 1이 수술 후 12주 시기에 그룹 2보다 나은 결과를 보였고($p < 0.05$), 두 그룹 모두 시간 경과에 따라 나은 결과를 보였다($p < 0.05$). 근위지관절이 과신전 상태로 고정된 백조목 변형에서는 수술 치료 이후 수지운동을 통해 운동 범위 개선 효과를 얻을 수 있었다.

결론: 근위지골 골절에서 수술 치료로 골편 전위가 정복된 이후에 수지에 닿는 내재근과 신전건 조직체의 복합적인 작용에 따른 결과로 지간관절 또는 중수지관절에서 강직이 나타날 수 있고, 이는 조기에 조절된 능동적 운동을 진행하여 교정할 수 있다. 관절 강직이 장기간 지속되어 운동 범위가 고정된 경우 건박리술을 포함한 교정 수술을 통해 운동 범위 향상을 유도할 수 있다.

색인단어: 수지, 골절, 강직, 운동 범위, 통증

접수일 2021년 8월 22일 **수정일** 2021년 10월 3일 **게재확정일** 2021년 10월 5일

교신저자 이명철

05030, 서울시 광진구 능동로 120-1, 건국대학교 의학전문대학원 성형외과학교실

TEL 02-2030-7639 **FAX** 02-2030-7733 **E-mail** mcle1999@gmail.com

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9721-0092>