

Reconstruction of Digits Injured by Punch Press Machine

So Min Hwang, Jong Seo Lee,
 Hyung Do Kim, Yong Hui Jung,
 Hong Il Kim

Hand and Microsurgery Center, Good Moonhwa
 Hospital, Busan, Korea

Received: September 4, 2013

Revised: November 15, 2013

Accepted: December 3, 2013

Correspondence to: So Min Hwang
 Hand and Microsurgery Center,
 Good Moonhwa Hospital,
 119 Beomil-ro, Dong-gu, Busan
 601-803 Korea
 TEL: +82-51-630-0199
 FAX: +82-51-630-0145
 E-mail: blueorange1009@hanmail.net

This is an Open Access article distributed under the terms
 of the Creative Commons Attribution Non-Commercial
 License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use,
 distribution, and reproduction in any medium, provided
 the original work is properly cited.

Purpose: Digits injured by punch press machines show peculiar types with segmental loss of middle part of digits. Although the distal parts of finger survived, the results is frequently unfavorable with respect to function and appearance after inappropriate reconstruction.

Methods: From August 2008 to February 2013, five digits injured by punch press machines in four patients were managed. Pinch strength, two-point discrimination and active range of motion were measured to evaluate finger function.

Results: Three digits with a preserved amputated segment underwent replantation. Partial necrosis occurred in one digit in which local flap was performed. Secondary tendon graft was performed in the other digits. Two digits without segment was reconstructed by arthrodesis after shortening the length. The patients were generally satisfied with function and appearance.

Conclusion: Reconstruction of digits injured by punch machines are technically difficult. Replantation is the best method in cases of preserved segment, while arthrodesis with shortening is appropriate in cases without segment.

Keywords: Fingers, Amputation, Segmental amputation, Punch press

서론

프레스 기계는 플라스틱이나 금속 등의 가공재가 들어 있는 금형에 강한 힘을 가함으로써 재료를 성형하는 기계이다. 그 중에서 천공 프레스 기계는 상대적으로 작은 접촉면적에 강한 압력을 가해 타공하는 기계로서 조작 및 작업이 쉬워 널리 사용되고 있다. 하지만 사용 과정에서 작업자의 부주의로 수부의 손상이 발생할 위험이 있다. 천공 프레스에 의한 수지의 손상은 금형의 형태에 따라 분절 절단(segmental amputation) 손상 형태를 보이는 경우가 많다. 그리고 작은 면적에 강한 압력이 작용하므로 절단부 조직의 손상 정도가 심하지 않은 경

우가 많아서 수지의 분절 손상이 발생한 경우, 손상 부위의 원위부는 반대측의 정상 수지 동맥을 통해 혈액순환이 온전하게 유지될 가능성이 높다. 이러한 경우 수지의 손상을 효과적으로 재건해야 원위부의 정상 조직들을 보존할 수 있다. 절단부 조직을 보존한 경우 재접합술을 시행하여 좋은 결과가 보고된 바 있다. 따라서 절단부 조직이 있는 경우 재접합술을 우선으로 고려하며, 절단부 조직이 없거나 절단부 조직의 압괴 손상이 심하여 재접합술을 할 수 없을 경우 결손 부위를 적절한 수술 방법으로 재건하여야 한다.

저자들은 천공 프레스 기계에 의해 수지의 중간 부위에서 분절 절단 손상 후 손상 부위의 원위부 혈류 순환이 유지되는

예들에 대해, 절단부 조직이 있을 경우 재접합술을 시행하였다. 절단부 조직이 없는 경우 수지 단축 및 관절 유합술을 시행하였으며, 수술 후 수지의 외관이나 기능을 평가하여 결과를 분석하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2008년 8월부터 2013년 2월까지 천공 프레스 기계에 의해 수지 중간부에 분절 절단 손상을 받아 본원에서 수술한 환자 4명을 대상으로 하였다. 1명의 환자는 2개의 수지가 손상되어 총 5예의 수지를 대상으로 하였으며, 분절 절단 손상 부위의 원위부의 혈류 순환이 유지되고 있었다. 2명의 환자, 3예의 수지에서 절단부 조직을 보존하였고, 다른 2명의 환자, 2예의 수지는 절단부 조직을 분실한 상태였다. 환자들의 나이는 평균 38.5세(범위, 25-53세)였으며, 남자 3명, 여자 1명이었다(Table 1).

2. 수술 방법

절단부 조직이 보존된 경우에는 재접합술을 시행하였다. 절단부 조직을 손상 부위의 해부학적 위치에 맞게 위치시킨 후, K-강선을 수지 침부에서 절단부위의 근위부 골까지 삽입하여 고정하였다. 수지 동맥은 절단면의 근위부와 원위부에서 각각 Ethilon 10-0를 이용하여 단단(end to end) 문합하였고, 수

지 정맥은 절단면의 근위부 정맥을 찾아서 Ethilon 10-0를 이용하여 단단 문합하였다.

절단부 조직이 분실되어 조직의 결손이 있는 경우에는 수지 단축 후에 관절 유합술을 시행하였다. 조직이 결손된 부위에 남아 있는 골 편을 제거하고 손상된 관절 및 불규칙한 골절 면을 정리하여 수지의 길이를 단축한 후, K-강선으로 수지 침부에서 근위부 골까지 고정하여 관절 유합술을 시행하였다.

결과

재접합술을 시행하여 재건한 3예 중 2예에서 재접합 조직이 생존하고, 다른 1예는 부분 괴사하였다. 재접합술 후 생존한 2예는 수술 후 5주째 자가 건이식술을 통해 굴건을 재건하였고, 피부 결손이나 감염 등의 합병증은 없었다. 재접합한 조직이 부분 괴사한 1예에서는 괴사된 조직을 제거한 후 국소 피판술(fillet flap)을 시행하였다. 관절 유합술을 시행한 2예는 평균 8주의 고정기간이 지난 후 K-강선을 제거하였다.

재접합술 후 굴건 이식술을 시행한 2예에서는 능동 운동 범위가 각각 30° 정도로 개선되었다. 국소피판술을 시행한 1예 및 수지 단축 후 관절 유합술을 시행한 2예에서는 관절의 기능을 소실하여 관절 운동 범위를 측정할 수 없었다.

정적 두점 식별능 검사(static two point discrimination test)에서는 평균 8 mm 가량이었으며, 핀치 강도 검사(pinch strength test)에서 정상측의 강도보다 약간 감소한 양상을

Table 1. Patient list

No.	Sex	Age (yr)	Finger	Level	Amputated tissue
1	M	32	Rt. thumb	IPJ	Lost
2	M	53	Rt. index finger	DIPJ	Lost
3	F	44	Lt. index finger	DIPJ	Preservation
4	M	25	Rt. index finger Rt. long finger	PIPJ PIPJ	Preservation

Rt., right; IPJ, interphalangeal joint; DIPJ, distal interphalangeal joint; Lt., left; PIPJ, proximal interphalangeal joint.

Table 2. Results

No.	Primary procedure	Secondary procedure	AROM (°)	s2PD	Pinch strength (kg)	Pinch strength (%) [*]
1	Arthrodesis	-	0	7	7	87.5
2	Arthrodesis	-	0	10	5	83.3
3	Replantation Local flap	Debridement	0	9	2	50.0
4	Replantation	Tendon graft	30	7	3	42.9
	Replantation	Tendon graft	30	8	2.5	41.7

AROM, active range of motion; s2PD, static 2-point discrimination test.

^{*}Indirect value, the proportion affected/unaffected finger.

보였다(Table 2).

1. 중례 1

25세 남자 환자로 천공 프레스 기계에 우측 인지 및 중지의 근위지 관절부위에서 각각 척측과 요측에 분절 절단 손상되어 내원하였다. 절단부 조직은 보존되어 있었으며 손상부위에서 원위부의 수지는 반대측의 수지 동맥에 의해 정상적인 혈류 순환이 이루어지고 있었다. 각각 근위지골과 중위지골의 중간부에서 골절이 이루어져 있어 근위지 관절이 보존되어 있었으며 굴건 및 신건의 손상이 동반되어 있었다(Figs. 1, 2A). 절단면의 압괴 손상이 심한 조직을 절제하고, 절단부 조직을 해부학적 위치에 맞게 위치시켰다. K-강선으로 절단부 골을 고정하고 손상된 우측 인지의 요측 수지 동맥과 우측 중지의 척측 수지 동맥을 근위부와 원위부에 각각 문합하였다. 배측의 정맥을 각각 근위부에서 문합하였다.

재접합술 후 재접합 조직은 모두 생존하였고 골유합이 진행

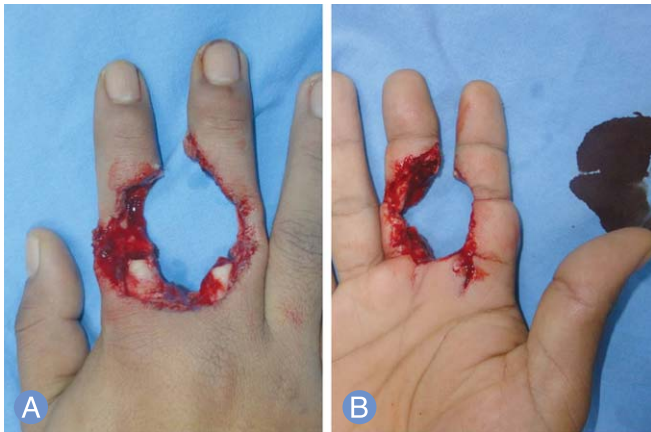


Fig. 1. (A, B) A 25-year-old male patient shows segmental amputation on right index and middle finger by punch press machine.



Fig. 2. (A) Preoperative radiologic finding. (B) Postoperative radiologic finding at 7 months after replantation.

되었다. 근위지 관절의 수동 운동 범위가 각각 45°로 양호하였으나 능동 운동 범위는 0°로 측정되었다. 수술 후 5주째에 우측 중지의 천지굴근(flexor digitorum superficialis)으로 건이식술(tendon graft)을 시행하여 우측 인지와 중지의 심지굴근(flexor digitorum profundus)을 재건하였다(Figs. 2B, 3). 수술 후 능동 운동 범위는 각각 30°로 개선되었으며(Fig. 4A), 두점 식별능 검사에서 각각 8 mm, 9 mm로 측정되었다. 핀치 강도는 3 kg과 2.5 kg으로 측정되어 정상 수지보다 42.9%, 41.7%로 감소하였으나, 가벼운 물건 잡거나 필기 등을 시행하는데 큰 불편함이 없는 수준이었다(Fig. 4B).

2. 중례 2

53세 남자 환자로 천공 프레스 기계에 수상하여 우측 인지 원위지 관절부위에서 척 측에 분절 절단 손상되었다. 수상 당시 절단부 조직을 분실하였으며, 손상부위에서 원위부의 수지는 반대 측의 수지 동맥에 의해 정상적인 혈류 순환이 이루어지고 있었다(Figs. 5, 6A). 중위지골 일부가 남아 길이를 유지하고 있는 형태이며, 이차 수술을 원하지 않는 환자의 의사에 따라 남아있는 골절편을 제거하여 수지 단축 후 K-강선으로



Fig. 3. (A, B) Favorable appearance at 7 months after replantation.

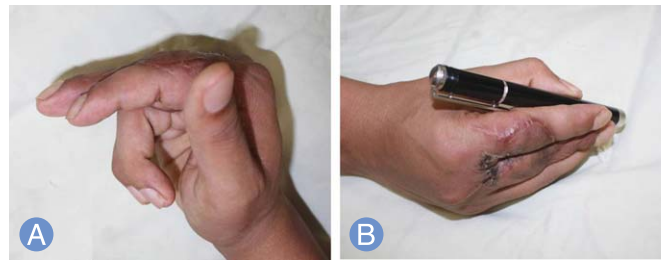


Fig. 4. (A) Active range of motion is 30° in both finger. (B) Sufficient pinch strength to use a pen.



Fig. 5. (A, B) A 53-year-old male patient shows segmental amputation on right index finger by punch press machine.



Fig. 6. (A) Preoperative radiologic finding. (B) Postoperative radiologic finding at 3 months after arthrodesis.



Fig. 7. (A, B) Favorable appearance at 7 months after arthrodesis.

원위지 관절 유합술을 시행하였다. 수술 후 8주째에 K-강선을 제거하였다(Figs. 6B, 7).

수술 후 원위지 관절의 기능은 소실되었으며 두점 식별능 검사에서 10 mm로 측정되었다. 핀치 강도는 5 kg으로 측정되어 정상 수지보다 83.3%로 감소하였다.

고찰

천공 프레스 기계에 의해 손상된 수지는 기계의 형태, 크기 및 손상 위치에 따라 다양한 형태로 나타날 수 있다. 그 중에서 수지의 중간부에서 분절 절단이 발생하고 절단 부위의 원위부는 온전한 수지 동맥을 통하여 혈류 순환이 유지되는 형태에서는, 손상 부위의 원위부 조직을 보존하는 것이 수술 후 수지의 길이 및 기능 보존에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 손상된 수지를 적절하게 재건하는 것이 중요하며 절단부 조직의 보존 여부에 따라 재건방법을 결정해야 한다.

절단부의 상태가 양호할 경우 재접합술을 통해 수지의 길이 및 기능유지에 좋은 결과를 얻을 수 있었다. Cai 등²은 이중 절단손상(two-level amputation)을 재접합술을 통해 재건하여 좋은 결과를 얻었다. Pei 등³은 수부의 다발성 손상에서 22예의 재접합술 및 조기 운동을 시행하여 외관 및 기능에서 성공적인 결과를 얻었다고 하였다. 본원의 증례에서도 절단부 조직이 보존된 경우에는 압괴손상 정도가 심하지 않았고 조직 내부에 혈관조직이 비교적 온전하게 보존되어 재접합술을 시행하였다.

Ozcelik 등⁴은 원위지 및 원위지 관절에서의 재접합술은 기술적인 어려움이 있지만 성공 시 만족할만한 결과를 가져다주며, Goldner 등⁵은 원위지 및 원위지 관절에서의 재접합술이 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 조직의 생존율, 외과적 미세수술 숙련도 및 긴 수술 시간을 단점으로 지적하고 있다. 원위지의 재접합술 시 절단부 조직의 보존 상태에 따라 재접합술 여부가 결정되어야 한다. 저자들도 원위지 부위에 수상한 1예에서 재접합술을 시행한 후 혈류 순환이 원활하지 못하여 일부 조직이 괴사하였다. 괴사한 조직을 제거한 후, 원위지의 남은 조직으로 국소 피판술을 시행하여 결손 부위를 재건하였다.

절단부 조직이 보존되어 있지 않은 경우 그 결손 부위를 재건하기 위해 국소 피판술 또는 유리 피판술을 고려할 수 있다. Huang 등⁶은 동측 역행성 유경 피판술(homodigital reverse island flap)을 이용하여 수지의 작은 결손 부위를 효과적으로 재건할 수 있다고 하였으며, Zhang 등⁷은 전위 피판술(transposition flap)을 통해 수지의 결손 부위를 재건하였다. Saalabian 등⁸은 수지의 골 및 연부 조직 결손을 유리 혈관화

골 이식술(free vascularized bone graft)과 역혈류성 배측 중 수지 동맥 피판(distally based dorsal metacarpal artery skin flap)을 통해 재건하여 기능 및 미용적인 측면에서 좋은 결과를 얻었으며, Wang 등⁹은 족지의 조직으로 유리 피판술을 시행하여 수지 결손 재건에 좋은 결과를 얻었다고 한다. 저자들의 경우 절단부 조직이 보존되지 않은 경우 결손 부위가 크지 않지만 관절 면의 손상이 동반되어 수지의 길이를 단축하여 관절 유합술을 시행하였다. 관절 유합술 후 관절 기능이 소실되고 수지의 길이가 다소 짧아졌지만, 외관상 큰 차이가 없으며 핀치 강도에서 좋은 결과를 나타내었다.

수지의 재건 후 기능에 대한 평가로서 능동 운동 범위, 핀치 강도 검사, 정적 두점 식별능 검사 등이 있다¹⁰. 재접합술을 시행한 2예에서 2차 건 재건술을 시행한 후 정상 수지의 관절 운동 범위의 33.3% 만큼 기능 회복을 나타내었다. 이로써 일차 수술 후 수동 관절 범위가 양호할 경우, 2차 수술을 통해 운동 기능을 회복하는 것을 적극적으로 고려해보아야 할 것이다. 핀치 강도 검사는 정상 수지의 강도에 비해 비슷하거나 약간 감소한 결과로 나타났다. 이는 재건된 수지들이 관절 운동이 제한되어 있지만, 핀치 운동에서 지주로서 역할을 하는 데 큰 문제가 없음을 보여 주는 결과라 할 수 있다. 특히 관절 유합술을 시행한 경우에는 핀치 강도가 좋은 결과를 보여 주었다. 정적 두점 식별능 검사는 쉽고 빠른 촉각 인지(tactile gnosis) 검사이다¹¹. Lutz 등¹²과 Blomgren 등¹³은 정적 두점 식별능 검사를 통해 재접합술 후 감각의 회복을 측정하였으며 8 mm 전후의 결과를 보였다. 저자들의 예에서는 신경 접합술을 시행하지 않았지만 비슷한 결과를 얻어 손상된 반대측의 온전한 수지 신경 때문으로 생각된다.

결론

천공 프레스 기계에 의해 수지의 분절 절단 손상된 경우, 손상 부위의 원위부는 반대측의 정상 수지 동맥을 통해 혈액순환이 온전하게 유지된다. 절단부 조직의 유무에 따라 적절한 재건방법을 시행하면 만족할만한 외관 및 기능을 유지할 수 있다. 절단부 조직이 있으며 그 상태가 양호할 경우 재접합술이 우선으로 고려되어야 할 것이다. 반대로 절단부 조직이 없을 경우 국소 피판술, 유리 피판술, 조직 이식술 등을 통해 재건하는 방법을 고려 해보아야 하며 결손 부위가 크지 않을 경우 수지 단축 및 관절 유합술을 통해서 외관 및 기능상 좋은 결과를 얻을 수 있다.

REFERENCES

1. Lee KC, Lee DC, Kim JS, Ki SH, Roh SY, Yang JW. Digital replantation in industrial punch injuries. *J Korean Soc Microsurg.* 2010;19:12-20.
2. Cai J, Cao X, Pan J, Hu J. Replantation of a multiple digit and circular palm amputation: a case report. *Microsurgery.* 1993;14:221-4.
3. Pei GX, Zhao DS, Xie CP, Wang ST. Replantation of multi-level hand severances. *Injury.* 1998;29:357-61.
4. Ozcelik IB, Purisa H, Sezer I, Mersa B, Aydin A. The results of digital replantations at the level of the distal interphalangeal joint and the distal phalanx. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2006;40:62-6.
5. Goldner RD, Stevanovic MV, Nunley JA, Urbaniak JR. Digital replantation at the level of the distal interphalangeal joint and the distal phalanx. *J Hand Surg Am.* 1989;14:214-20.
6. Huang YC, Liu Y, Chen TH. Use of homodigital reverse island flaps for distal digital reconstruction. *J Trauma.* 2010;68:429-33.
7. Zhang X, Shao X, Zhu M, Jiang R, Feng Y, Ren C. Repair of a palmar soft tissue defect of the proximal interphalangeal joint with a transposition flap from the dorsum of the proximal phalanx. *J Hand Surg Eur Vol.* 2013;38:378-85.
8. Saalabian AA, Unglaub F, Horch RE, Kneser U. Free vascularized metacarpal bone graft combined with extended dorsal metacarpal artery flap for phalangeal bone and soft tissue loss: case report. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012;132:137-40.
9. Wang L, Fu J, Li M, Han D, Yang L. Repair of hand defects by transfer of free tissue flaps from toes. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2013;133:141-6.
10. Walaszek I, Zyluk A. Long term follow-up after finger replantation. *J Hand Surg Eur Vol.* 2008;33:59-64.
11. Shooter D. Use of two-point discrimination as a nerve repair assessment tool: preliminary report. *ANZ J Surg.* 2005;75:866-8.
12. Lutz BS, Klauke T, Dietrich FE. Late results after microvascular reconstruction of severe crush and avulsion injuries of the upper extremity. *J Reconstr Microsurg.* 1997;13:423-9.
13. Blomgren I, Blomqvist G, Ejekskar A, Fogdestam I, Volkman R, Edshage S. Hand function after replantation or revascularization of upper extremity injuries: a

follow-up study of 21 cases operated on 1979-1985 in
Goteborg. Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg. 1988;

22:93-101.

천공 프레스 기계에 의해 손상된 수지의 재건

황소민 · 이종서 · 김형도 · 정용휘 · 김홍일

좋은문화병원 수부미세수술센터

목적: 천공 프레스 기계에 의한 수지의 분절 절단 손상 시, 손상 부위의 원위부는 반대측의 정상 수지 동맥을 통해 혈액 순환이 온전하게 유지된다. 절단부 조직의 유무에 따라 적절한 재건술을 시행하여야 원위부의 정상 조직들을 보존할 수 있다.

방법: 천공 프레스 기계에 의해 수지가 손상된 4명의 환자, 총 5수지를 대상으로 분석하였다. 능동 관절 운동 범위 및 정적 이점 식별능력, 집게력을 측정하여 수지의 기능을 평가하였다.

결과: 절단부 조직이 보존된 3수지는 재접합술을 시행하였다. 수술 후 한 예에서 부분 조직 괴사 발생하여 괴사조직 제거 후 국소 피판술을 시행하였으며, 다른 2예는 건이식술을 시행하였다. 절단부 조직이 없는 2예는 손가락 길이 단축 후 관절 고정술을 시행하였다. 재건술 후 평가한 수지의 기능은 만족할만한 결과를 보였다.

결론: 천공 프레스 기계에 의해 손상된 수지의 재건은 절단부 조직이 잘 보존되어 있는 경우 재접합술을 우선적으로 고려하여야 한다. 절단부가 없다면 수지 단축 후 관절 유합술을 시행하여 기능 및 외관상 만족할만한 결과를 얻을 수 있다.

색인단어: 수지, 절단, 분절 절단, 천공 프레스

접수일 2013년 9월 4일 수정일 2013년 11월 15일

게재확정일 2013년 12월 3일

교신저자 황소민

부산광역시 동구 범일로 119

좋은문화병원 수부미세수술센터

TEL 051-630-0199 FAX 051-630-0145

E-mail blueorange1009@hanmail.net