

종자골 절제 후 족무지 관절의 운동 변화

인제대학교 의과대학 일산백병원 정형외과학교실, 서울백병원 정형외과학교실*

정현욱 · 김진구* · 이우천* · 문정석* · 서진수

Range of Motion of Great Toe after Sesamoidectomy: A Cadaveric Study

Hyun-Wook Chung, M.D., Jin-Goo Kim, M.D.*, Woo-Chun Lee, M.D.*, Jeong-Seok Moon, M.D.*, Jin-Soo Suh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Inje University College of Medicine, Ilsan Paik Hospital, Koyang, Korea

*Department of Orthopedic Surgery, Inje University College of Medicine, Seoul Paik Hospital, Seoul, Korea**

=Abstract=

Purpose: Regardless of potential and actual complications, the sesamoidectomy either tibial side or fibular side or both, had been used as a surgical option for various pathologic conditions. The objective of this cadaveric study was to identify the changes of range of motion of great toe after sesamoidectomy.

Material and Methods: Eight fresh cadaver legs were used. The angular changes of the hallucal articulations were measured by traction of the flexor hallucis longus tendon at the proximal border of fibro-osseous tarsal tunnel and by traction of the extensor hallucis longus tendon at the superior border of inferior extensor retinaculum. The measurement started at neutral position and proceeded to the maximum for respective tendons. After sesamoidectomy either partial or total, same procedures were repeated and the angular changes were measured.

Results: In flexion of great toe, there were significant metatarsophalangeal angular differences at 1 cm traction in total sesamoidectomy and lateral sesamoidectomy. In extension of great toe, there were significant metatarsophalangeal angular differences at more than 2 cm traction in total sesamoidectomy. In other measurements, there were no significant angular changes of the hallucal articulations.

Conclusion: The sesamoidectomy resulted in change of motion of great toe. Statistical analysis showed that the significant increases in the initial flexion and maximal extension occurred with total sesamoidectomy and the significant increase in the initial flexion occurred with lateral sesamoidectomy.

Key Words: Great toe, Sesamoidectomy, Motion of great toe

서 론

종자골은 건으로 둘러싸여 있는 구조물로서 관절과 밀접

한 관계를 가지며 관절면의 한 부분을 형성하기도 한다. 대개 조직 내에서 발생하여 건을 보호하며 건에 기계적인 특성을 부여하여 가해진 압력을 변화시키면서 동시에 마찰을 감소시키고 부하된 힘의 방향을 변화시키는 역할을 한다. 특히 족 무지 종자골의 부분 혹은 전 절제는 다양한 족부 질환에 있어 치료의 한 방법으로 사용되고 있다. 본 연구의 목적은 장무지 굴곡건 및 장무지 신전건을 이용하여 종자골의 절제 이후에 변화된 족 무지의 관절 운동의 변화를 알아보고자 하였다.

• Address for correspondence

Jin-Soo Suh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Inje University, Ilsan Paik Hospital, 2240 Daehwa-dong, Ilsan-seogu, Koyang-si, Gyeonggi-do, 411-706 Korea

Tel: +82-31-910-7968 Fax: +82-31-910-7967

E-mail: sjs0506@paik.ac.kr

대상 및 방법

모두 족부의 변성이나 변형이 없는 8예의 신선 동결 사체의 경골굴 하퇴가 사용되었고 이 중 4예는 외측 종자골 절제를, 4예는 내측 종자골 절제를 우선적으로 시행하였다. 족 무지의 관절 운동에 관여하는 근육들은 외인성 및 내인성으로 분류할 수 있으며 2개의 외인성 근육은 장무지 굴곡근과 장무지 신전근으로 구성되며, 6개의 내인성 근육은 단무지 신전근, 무지 외전근, 단무지 굴곡근 내측단(medial head), 단무지 굴곡근 외측단(lateral head), 무지 외전근 사형단(oblique head), 무지 외전근 횡형단(transverse head)으로 구성된다. 외인성 근육에 의한 주행(excursion)과 모멘트암(moment arm)이 내인성 근육보다 유의하게 크기 때문에¹⁴⁾ 본 연구에서는 외인성 근육을 이용하여 실험하였다. 먼저 족관절 및 족부를 중립 위치를 유지한 상태에서 내측과 후방으로 절개를 하여 장무지 굴곡건을 찾아 노출시켰다(Fig. 1A). 장무지 굴곡건은 섬유-골성 족근관의 근위 경계부에서 각 1 cm마다 견인을 하여 최대 견인까지의 무지의 중축-족지 각도와 지골간 각도를 측정하였다. 이후 족관절의 전방에서 장무지 신전건을 찾아 노출시킨 다음(Fig. 1B) 하 신전 견시대 근위 경계부에서 각 1 cm마다 견인을 하여 최대 견인까지의 중축-족지 각도와 지골간 각도를 측정하였다. 이후 내측 혹은 외측의 종자골 절제 및 종자골의 전 절제 이후에도 같은 방법으로 각도의 변화를 재측정하였다. 내측 종자골 제거 대상과 외측 종자골 제거 대상에 대하여 종자골 절제 전의 측정값을 먼저 비교하여 두 그룹간의 차이가 없음을 확인하였다. 또한 발생 가능한 실험자 간

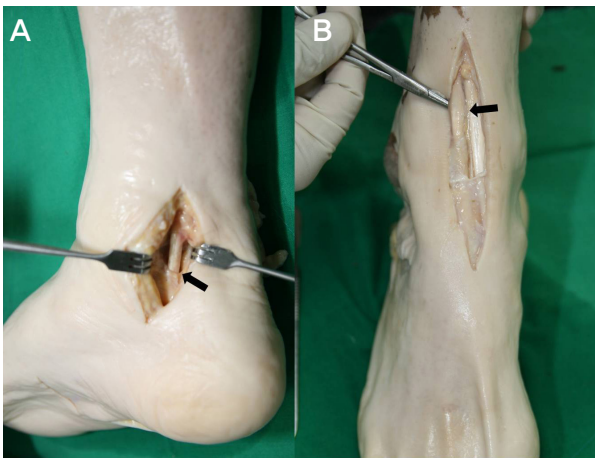


Figure 1. (A) Exposure of flexor hallucis longus tendon at the proximal border of fibro-osseous tarsal tunnel. (B) Exposure of extensor hallucis longus tendon at the superior border of inferior extensor retinaculum.

오차(intraobserver bias)를 줄이기 위하여 3명의 실험자가 독립적으로 측정하여 그 평균값을 결과 분석에 사용하였다. 종자골 절제 방법은 외측의 경우 배부 접근법을(Fig. 2A), 내측의 경우 내측 접근법을(Fig. 2B) 사용하였으며 가능한 연부 조직의 손상을 최소화하면서 종자골 만을 제거하였다. 이후 각각의 측정값을 비교 분석하였다.

결 과

장무지 굴곡건의 중립 위치에서부터 최대 견인 시까지의 주행은 평균 23 mm로 측정되었고 장무지 신전건의 경우 평균 28 mm로 측정되었다. 장무지 굴곡건의 1 cm 견인으로 인한 중축-족지 각도 변화는 종자골 절제 전은 평균 12.4도, 내측 종자골 절제 후 평균 14도, 외측 종자골 절제 후 평균 17도, 전 종자골 절제 후 평균 17.4도로 종자골 절제 이후 각도의 증가가 확인되었는데 통계학적으로 유의한 각도 변화는 종자골의 전 절제 및 외측 종자골 절제 이후에 확인할 수 있었다($p=0.003$, $p=0.033$). 반면 내측 종자골 절제 이후에는 유의한 중축-족지 각도 변화를 확인할 수 없었다($p=0.810$). 장무지 굴곡건의 1 cm 견인으로 인한 족지간 각도 변화는 종자골 절제 전은 평균 17.8도, 내측 종자골 절제 후 평균 21.8도, 외측 종자골 절제 후 평균 20.8도, 전 종자골 절제 후 평균 22.4도로 종자골의 절제 이후 증가된 각도를 확인할 수 있었지만 통계적으로 유의한 각도 변화는 확인할 수 없었다($p=0.223$).

장무지 굴곡건의 2 cm의 견인으로 인한 중축-족지 각도 변화는 종자골 절제 전은 평균 23.3도, 내측 종자골 절제 후 평균 24.3도, 외측 종자골 절제 후 평균 29.3도, 전 종자골 절제 후 평균 29.1도로 확인되었고 족지간 각도 변화는 종자골 절제 전은 평균 28도, 내측 종자골 절제 후 평균 31.3

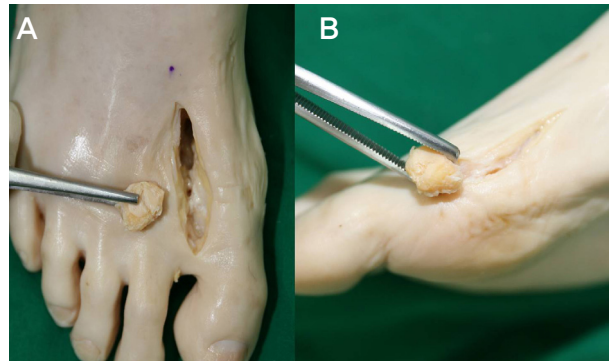


Figure 2. (A) Lateral sesamoidectomy through a dorsal incision in the first intermetatarsal space. (B) Medial sesamoidectomy through a plantar medial incision.

도, 외측 종자골 절제 후 평균 30.8도, 전 종자골 절제 후 평균 33.3도로 확인되어 종자골의 절제로 전반적인 각도 증가를 확인할 수는 있었지만 통계적으로 유의하게 중족 족지 각도와 족지간 각도 변화는 확인할 수 없었다($p=0.106$, $p=0.179$).

장무지 굴곡건의 평균 23 mm의 최대 견인으로 인한 중족 족지 각도와 족지 간 각도 변화는 종자골 절제 전은 각각 평균 33.5도, 평균 39.6도, 내측 종자골 절제 후에는 각각 평균 39.3도, 평균 41.5도, 외측 종자골 절제 후에는 각각 평균 40.8도, 평균 44.3도, 전 종자골 절제 후 평균 43도, 평균 46.3도로 확인되어 종자골의 절제로 전반적인 각도 증가를 확인할 수는 있었지만 통계적으로 유의하게 중족-족지 각도와 족지간 각도 변화는 확인할 수 없었다($p=0.292$, $p=0.065$).

장무지 신전건의 경우 1 cm, 2 cm, 평균 28 mm의 최대 견인에서의 중족 족지 각도 변화는 종자골 절제 전은 각각 평균 35.3도, 45.6도, 61.3도로 측정되었고 내측 종자골 절제 후에는 평균 41.3도, 55도, 71도, 외측 종자골 절제 후에는 평균 35.3도, 46.3도, 63.3도, 전 종자골 절제 후에는 평균 39.9도, 56도, 70.4도로 측정되었다. 종자골의 절제 이후 전반적인 각도의 증가가 확인되었는데 통계학적으로 유의한 각도 변화는 종자골의 전 절제에서만 2 cm 견인 및 최대 견인에서 확인되었다($p=0.015$, $p=0.032$).

즉 무지 관절에서 굴곡의 경우 종자골의 외측 절제 및 전 절제에서 굴곡 초기에만 중족 족지 각도 유의한 변화를 확인하였고 굴곡이 진행하면서 운동 범위가 일반적으로 증가하지만 통계적으로 유의한 변화는 없었으며 또한 신전의 경우 종자골의 전 절제에서만 2 cm 이상 및 최대 신전 시에서 중족 족지 각도의 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었고 방향과 상관없이 종자골 부분 절제에서는 유의한 운동 범위의 변화를 확인할 수 없었다.

고 찰

종자골은 중족 골두 하방에서 단무지 굴곡건 내에 위치하며 내측 전족부로 전달되는 체중 부하 압력을 흡수하며 장무지 굴곡건을 보호하는 역할을 하며 중족 족지 관절 운동에서 생체 역학적 지렛대 역할을 하면서 단무지 굴곡건의 기능을 보완한다. 종자골 질환은 골절, 무혈성 괴사, 골수염, 관절염, 박리성 골연골염, 이분 종자골 등 종자골 자체 질환에서부터 무지 외반증, 무지 강직증 등 다양한 족부 질환에서 이차적으로 동반될 수 있다. 다양한 족부 질환에 대한 수술적 치료 과정 중 종자골의 제거가 선택될 수 있다.

종자골 절제는 종종 불량한 결과를 초래하는데 창상 감염, 창상 열개, 신경 손상, 동통성 반흔에서 소족지부로의 전위 중족골 통증, 망치 족지 변형, 무지 내반, 무지 외반 등 다양하게 보고되고 있다.

무지 중족 족지 관절은 경첩활주(ginglymoarthrodial, gliding hinge) 관절이지만 종자골이 보행 시 중족 골두가 근위부로 이동하고 회전축이 배측, 근위부로 전위되는 것을 제한하여 단순 경첩(simple hinge) 관절의 움직임으로 변환시키는데 종자골의 질환 혹은 절제는 이런 기능의 소실을 초래하여 관절의 기계 역학적 변화를 초래할 것으로 판단된다^{5,10,12}. 특히 종자골의 전 절제술에서 이런 합병증의 발생 위험이 증가하지만 이러한 합병증을 보고한 연구들이 정상 족부가 아닌 무지 외반증 혹은 종자골을 포함한 주변 부 질환을 가진 환자들을 대상으로 한 결과인 것도 사실이 다^{3,4,9}.

내측 종자골의 체중 부하가 외측 종자골보다 더 큰 경향이 있고 내측 종자골이 외상에 더 취약하다고 알려져 있어서 부분 종자골의 절제는 내측 종자골에서 더 많이 시행되고 있는 것 같다^{7,9}. 양측성 종자골 질환이 있을 경우에도 족지 변형(hammer toe, cock-up toe, hallux malleolus, trigger hallux)을 방지하기 위해 어느 한 쪽 종자골 만을 절제해야 한다는 주장이 있었는데 이 경우 내측 종자골 만을 절제해야 한다는 주장이 있는데 그 이유로 외측 종자골 절제보다 더 긴 회복 기간이 필요하지만¹¹ 무지의 방사선학적 변화와 족저 압력 분포의(pedographic) 변화, 등속성 굴곡 발끝 밀기(isokinetic plantar flexion push-off) 힘의 변화를 초래하지 않기 때문이라고 하였다⁸. 한편 오히려 내측 종자골을 절제할 경우 무지 기능의 약화를 초래하므로 외측 종자골 만을 절제해야 한다는 상반된 보고도 있다^{6,15}.

종자골 전 절제술은 Inge와 Furguson이 종자골 전 절제술 이후 24%에서 정상 무지 굴곡 장애를 보고한 이후⁶ 가능하면 전 절제술을 하지 않으려는 경향이 있다⁹. 하지만 Tagoe 등은 최근 중등도 이상의 무지 강직증에서 관절 유합술 혹은 치환술을 시행하기 전 대안으로 종자골 전 절제술을 제시하면서 유의하게 증가한 중족 족지 관절의 운동범위를 확인하였고 절제술 후 예견되는 망치 족지 변형, 전이 중족골 통증 등 합병증 없이 통계학적으로 유의한 임상 증상의 호전을 보고하였다¹³. 이렇게 종자골 절제에 대하여 임상가들 사이에 논란이 있다.

장무지 굴곡건과 단무지 굴곡건의 유효 건 모멘트암을 측정하여 종자골 절제로 인한 기능적 변화에 대한 정량적 연구가 보고된 바 있는데 단무지 굴곡건의 유효 건 모멘트 암은 종자골의 전 절제에서 통계학적으로 유의한 감소를 보

이고 그 외의 경우에는 단부지 굴곡건의 유효한 기계적 장점은 유지된다고 하였고²⁾ 장부지 굴곡건의 유효 건 모멘트암의 경우 내 외측 관계없이 종자골의 절제로 통계학적으로 유의한 감소를 보인다고 하였다¹⁾. 이러한 굴곡건 간의 차이는 해부학적 구조에서 비롯된다고 할 수 있는데 단부지 굴곡건은 종자골에 부착되고 파문혀 서로 연결되어 족장판(plantar plate)의 일부로 작용하여 어느 한 쪽이 제거된다고 해도 모멘트암에 큰 영향이 없지만 장부지 굴곡건은 관절과 분리되어 있고 종자골이 제거되면 관절 회전 중심에 가까이 이동하면서 결과적으로 모멘트암에 영향을 주게 되었다고 생각된다.

저자들의 연구에서는 종자골의 절제 이후 전반적인 관절 운동 범위의 증가 경향을 확인할 수 있었지만 통계적으로 유의한 변화는 종자골의 전 절제에서, 특히 초기 굴곡 운동 및 후기 신전 운동에서의 변화를 확인할 수 있었다. 내 외측 관계없이 종자골의 부분 절제에서는 무지 관절 운동의 변화에 유의한 변화를 유발하지 않았다. 또한 원인이 명확하지 않지만 외측 종자골의 부분 절제가 초기 굴곡 관절 운동에 영향을 주는 것으로 나타나 향후 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 저자들은 본 연구를 통해 임상적으로 불가피하게 종자골 절제가 필요할 경우 부분 절제는 무지의 관절 운동에 큰 영향을 주지 않으며, 관절 운동의 회복 및 증가를 위한 부분 절제는 불충분하며 이 경우에는 종자골 전 절제만이 적절한 방법이라고 판단된다.

결 론

종자골의 절제는 중족 족지 관절의 운동 변화를 유발하게 되는데 특히 종자골의 전 절제의 경우에서 초기 굴곡 및 최대 신전 운동에서, 외측 종자골 절제 또한 초기 굴곡 운동에 영향을 주는 것으로 확인되었다.

REFERENCES

1. **Aper RL, Saltzman CL and Brown TD:** *The effect of hallux*

sesamoid excision on the flexor hallucis longus moment arm. Clin Orthop Relat Res, 325: 209-217, 1996.

2. **Aper RL, Saltzman CL and Brown TD:** *The effect of hallux sesamoid resection of the effective moment of the flexor hallucis brevis. Foot Ankle Int, 15: 462-470, 1994.*

3. **Campbell AC, McBride DJ and Anderson EG:** *Surgical treatment in disorders of the sesamoids of flexor hallucis brevis. The Foot, 3: 43-45, 1993.*

4. **Grace DL:** *Sesamoid problems. Foot Ankle Clin, 5: 609-627, 2000.*

5. **Hetherington VJ, Carnett J and Patterson BA:** *Motion of the first metatarsophalangeal joint. J Foot Surg, 28: 13-19, 1989.*

6. **Inge GAL and Ferguson AB:** *Surgery of the sesamoid bones of the great toe. Arch Surg, 27: 466-489, 1933.*

7. **Kaiman ME and Piccora R:** *Tibial sesamoidectomy :a review of the literature and retrospective study. J Foot Ankle, 22: 286-289, 1983.*

8. **Lee S, James WC, Cohen BE, Davis WH and Anderson RB:** *Evaluation of hallux alignment and functional outcome after isolated tibial sesamoidectomy. Foot Ankle Int., 26: 803-809, 2005.*

9. **Richardson EG:** *Injuries to the hallucal sesamoids in the athlete. Foot Ankle, 7: 229-244, 1987.*

10. **Roukis TS, Scherer PR and Anderson CF:** *Position of the first ray and motion of the first metatarsophalangeal joint. J Am Podiatr Med Assoc, 86: 538-546, 1996.*

11. **Saxena A and Krisdakumtorn T:** *Return to activity after sesamoidectomy in athletically active individuals. Foot Ankle Int, 24: 415-419, 2003.*

12. **Shereff MJ, Bejjani FJ and Kummer FJ:** *Kinematics of the first metatarsophalangeal joint. J Bone Joint Surg Am, 68: 392-397, 1986.*

13. **Tagoe M, Brown HA and Rees SM:** *Total Sasamoidectomy for painful hallux rigidus: A medium-term outcome study. Foot Ankle Int, 30: 640-646, 2009.*

14. **Tanaka Y, Omkawa S, Ryu J, Kish V and Takakura Y:** *Tendon excursion and moment arm of hallux muscles. 49th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society Poster #1308, 2003.*

15. **Wyss UP, McBride I, Murphy L, Cooke TD and Olney SJ:** *Joint reaction forces at the first MTP joint in a normal elderly population. J Biomech, 23: 977-984, 1990.*