

슬개골 하극 분쇄 골절에서
고정 술기에 따른 인장력 비교

연세대학교 대학원

의 학 과

송 형 근

슬개골 하극 분쇄 골절에서
고정 술기에 따른 인장력 비교

지도교수 양 규 현

이 논문을 석 사 학위논문으로 제출함

2010년 12월

연세대학교 대학원

의 학 과

송 형 근

송형근의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 양 규 현 인

심사위원 양 익 환 인

심사위원 이 병 석 인

연세대학교 대학원

2010년 12월

감사의 글

본 논문의 처음 연구계획에서부터 완성에 이르기까지 학문적인 기틀을 잡아주시고 소상한 가르침을 베풀어 주셨던 지도교수이신 양규현 선생님께 깊은 감사를 드립니다. 논문 심사 과정을 통하여 아낌없는 격려와 지도를 하여 주신 양익환, 이병석 선생님께도 진심으로 감사 드립니다. 어려움 속에서도 학업에 정진할 수 있도록 사랑을 베풀어 주신 부모님과 가족들에게도 사랑과 감사를 전하고 싶습니다.

제가 정형외과 의사로 한걸음 한걸음 던고 걸을 수 있게 항상 지켜봐 주시고 지도해주시고 혼내주셨던 박희완 교수님, 김성재 교수님 이하 모든 정형외과학 교실 선생님들께도 감사의 말씀 올리고 싶습니다. 그리고 음으로 양으로 공적으로 사적으로 지원과 격려를 아끼지 않은 대학, 의국 동기, 선후배들과 어릴 적부터 함께 자라온 내 친구들에게도, 함께 근무를 하며 논문에 최선을 다 할 수 있는 환경을 만들어 주신 병무청 직원들과 징병전담의 동료들에게도 사랑과 감사를 전하고 싶습니다.

지금의 제가 있는 것은 모두 여러분 덕분입니다.

저자 씀

<차례>

국문 요약	1
I. 서론	3
II. 대상 및 방법	4
1. 실험 모형	4
2. 고정 방법	4
3. 슬개골 길이 측정	5
4. 인장력 측정	6
5. 통계학적 처리	6
III. 결과	6
1. 슬개골 길이 변화	6
2. 최대 인장력 및 강성도	7
IV. 고찰	9
V. 결론	10
참고문헌	11
Abstract	12

그림 차례

- 그림 1. 수직 강선 고정술의 술기 5
- 그림 2. 수직 강선 고정군과 환상 강선 고정술
병행군의 실험 후의 분리 사진 7
- 그림 3. 수직 강선 고정군과 환상 강선 고정술
병행군의 최대 인장 장도 8
- 그림 4 수직 강선 고정군과 환상 강선 고정술
병행군의 강성도 8

국문요약

슬개골 하극 분쇄 골절에서 고정 슬기에 따른 인장력 비교

목 적 : 슬개골 하극 분쇄골절에서 수직 강선 고정술 단독 수술법과 환상 강선 고정술을 병행한 수술법 간의 슬 후 슬개골의 길이와 인장력의 차이를 사체 슬개골을 이용하여 비교하였다.

대상 및 방법 : 5구의 사체에서 좌우 10개의 슬개골을 적출한 후 하극이 사등분 되도록 절골술을 시행하고 한쪽은 수직 강선 고정술을, 반대쪽은 수직 강선 고정술 후 환상 강선 고정술을 병행하여 내고정 하였다. 슬개골의 최장 종축 길이를 절골술 시행 전과 각각의 시술 후 측정하여 길이의 변화를 측정하였다. 검체를 Instron기기(Instron model 6022; Instron Co., Canton, Massachusetts, U.S.A.)에 연결하여 절골부의 해리가 발생할 때까지 인장력을 가하여 최대 인장력을 측정하였다. 각각의 고정 방법에서 슬개골 길이 변화 및 최대 인장력, 강성도를 구한 후 이를 Wilcoxon signed rank test를 시행하여 유의수준 0.05에서 검증하였다.

결 과 : 절골술 전 슬개골의 길이는 수직 강선 고정군에서 평균 5.27cm (범위 4.72-5.87cm), 환상 강선 고정술 병행군에서 평균 5.27cm (범위 4.75-5.82cm)였으며, 시술 후 수직 강선 고정군에서는 평균 4.8cm (범위 4.24-5.36cm), 환상 강선 고정술 병행군에서 평균 4.72cm (범위 4.08-5.3cm)으로 환상 강선 고정술 병행군에서 길이 변화가 의미 있게 많았다($p < 0.05$). 최대 인장 강도 및 강성도는 수직 강선 고정군에서는 평균 223N (범위 131.6-365.2N) 및 249.5N/mm (범위 186.5-376.1N/mm)였으며, 환상 강선 고정술 병행군에서 평균 324.7N (범위 264.8-423.8N) 및 342.9N/mm (범위 295.2-426.1N/mm)로 두 군간의 의미 있는 차이를 나타내었다($p < 0.05$).

결 론 : 수직 강선 고정술과 환상 강선 고정술을 병행하여 시행하면 수직 강선 고정술 단독 고정에 비하여 고정력이 우수하며 조기 재활이 가능하여 대퇴 신전 기능 유지에 더 좋은 효과가 있는 치료 방법으로 사료된다.

핵심 되는 말 : 슬개골, 하극 골절, 수직 강선 고정술, 환상 강선 고정술

슬개골 하극 분쇄 골절에서 고정 술기에 따른 인장력 비교

<지도교수 양규현>

연세대학교 대학원 의학과

송 형 근

I. 서론

슬개골 골절은 모든 골절의 약 1%를 차지하며 그 중 하극 골절은 슬개골 골절의 5% 내외로 흔하지 않다^{1,2,3}. 슬개골 하극의 골절은 골편이 작고 골질이 약하기 때문에 골편의 해부학적 정복 및 견고한 내고정의 어려움이 있으며, 술 후 골편의 무혈성 괴사의 가능성도 크다. 슬개골 하극 골절의 치료에는 긴장대 강선법을 이용한 내고정 방법, 지연 나사를 이용한 고정 방법, 부분 슬개골 절제법 등이 이용되어 왔다². 그러나 원위 골편에 분쇄가 있는 경우 긴장대 강선법을 이용한 고정은 원위 골편이 작고 골질이 약하여 견고한 내고정을 얻기가 힘들며, 부분 절제술은 술 후 저위 슬개골을 유발하여 슬관절의 정상적인 생역학을 방해하며 슬개 대퇴 관절의 골관절염을 유발하기도 하고⁴, 장기간의 고정과 대퇴사두근의 위축으로 재활에 어려움이 많다³.

변⁵ 등은 수직 강선 고정술을 고안하여 슬개골 하극 분쇄 골절에서 좋은 임상적인 결과를 발표하였으며, 박⁶ 등이 사체를 이용한 생역학적 실험에서도 높은 고정력과 적은 슬개골의 길이 변화를 보였다. 그러나 생역학적 실험 결과에 따르면 정상 슬관절의 운동 시 대퇴사두근에 316N의 힘이 발생하므로⁷ 수직 강선

고정술만으로는 충분한 고정 강도를 얻기가 어렵다. 그렇기 때문에 수직 강선 고정술에 환상 강선 고정술을 추가로 시행함으로써 더 강한 고정력을 얻을 수 있다고 생각하여 사체 슬개골을 이용하여 슬개골 하극에 분쇄 골절을 만들어 수직 강선 고정술 단독 시행한 군과 환상 강선 고정술을 병행하여 시행한 군 간의 고정력의 차이를 알아보려고 하였다.

II. 대상 및 방법

1, 실험 모형

5구의 사체에서 좌우 10개의 슬개골을 채취하였다. 사체는 연세대학교 해부학 교실에서 공여 받았으며 평균 연령은 67.8세 (범위 60~74세), 남자가 4 예, 여자가 1 예였다. 사체의 슬관절 부위 중 슬개골, 슬개건 및 슬개건이 종지하는 경골 조면 근위부를 분리하여 실험에 이용하였다. 슬개골 하극의 골절은 각각의 슬개골 하극에서 관절면을 침범하지 않게 오실레이팅 쏘우 (Zimmer® Hall Series 3 Oscillating Saw)와 블레이드(Micro Oscillating Saw Blade, 20mm cutting depth, 6mm cutting width, .015" blade thickness)를 이용하여 횡 절골술을 시행하고 다시 원위 골편의 횡단면에 대하여 관상면과 시상면으로 한차례씩 절골술을 시행하여 인위적으로 슬개골 하극을 4등분하는 분쇄골절을 만들었다.

슬개골 하극에 사분 절골술을 시행 한 후 한쪽은 수직 강선 고정술로 내고정하고 다른 한쪽은 수직 강선 고정술을 시행 후 환상 강선 고정술을 추가로 시행한 후 각각에 대하여 슬개골의 길이 변화와 인장력을 측정하였다.

2, 고정 방법

수직 강선 고정술은 먼저 근위 골편의 원위 골절면의 후방에서

근위 전방으로 비스듬히 1.0mm 직경의 구멍을 강선의 수와 위치에 맞추어 천공하고, 구멍을 통하여 역방향으로 0.3mm의 금속 강선들을 삽입한 다음 각 강선이 원위 골편의 중심을 지나도록 슬개건을 뒤에서 앞으로 관통시킨다. 원위 골편들을 하나씩 근위 골편에 정복하고 이를 강선으로 각각 결박하며 강선의 수와 위치는 하극의 분쇄된 골편의 수, 크기 및 위치에 따라 결정되는데 본 실험에서는 각각의 원위 골편의 위치에 맞추어 각각 1개의 강선을 이용하여 고정을 시행하였다. 환상 강선 고정술 병행군은 수직 강선 고정술을 동일한 방법으로 시행한 후 동일한 굵기의 강선을 이용하여 슬개골의 둘레를 따라 시행하였다.

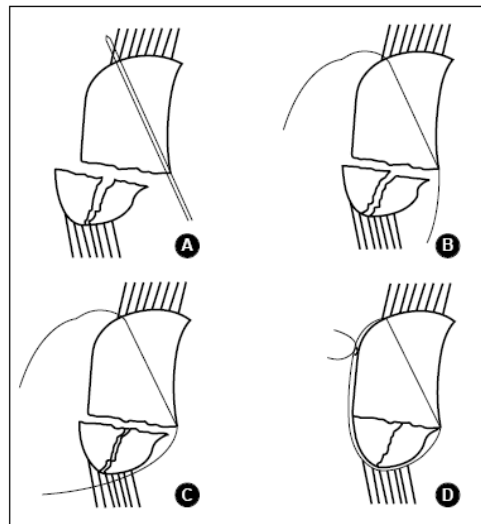


그림 1. 수직 강선 고정술의 술기: (A)근위 골편의 원위부 후방에서 근위부 전방으로 강선을 이용하여 천공함. (B)금속 강선을 구멍으로 통과시킴. (C)원위 골편의 중심을 지나도록 슬개건을 통과하여 강선을 삽입함. (D)강선을 결박하여 원위 골편을 정복함.

3, 슬개골 길이의 측정

절골술 시행 전에 모든 슬개골의 최장 종축 길이를 슬개골 상부

첨부에서 하부 첨저부까지 버니어캘리퍼스(Vernier Calipers)를 이용하여 측정하고, 금속 강선 고정 후 슬개골의 최장 종축 길이를 다시 측정하여 고정 전후 길이의 변화를 조사하였다.

4. 인장력 측정

절골부를 고정한 검체를 Instron기기(Instron model 6022; Instron Co., Canton, Massachusetts, U.S.A.)에 연결하여 인장력을 측정하였다. 슬개골 근위부에 금속 강선을 횡으로 삽입한 후 이를 상부 견좌에 고정하고 하부 견좌에는 슬개건이 종지하는 경골 조면 근위부 골편을 고정한 다음 고정부위의 최대 인장력을 측정하였다. 인장 속도는 1mm/min으로 하였으며 최대 인장력은 절골부가 3mm 이상 해리된 경우 혹은 고정한 금속강선의 파괴가 발생한 경우로 정의하였다. 골절부의 해리보다 Instron의 상하 견좌 고정부에서 검체의 분리가 먼저 발생한 경우는 본 실험결과에서 제외하였다.

5. 통계학적 처리

각각의 고정방법에서 슬개골의 슬 후 길이 변화, 슬식에 따른 최대 인장력 및 강성도를 구한 후 이를 Wilcoxon signed rank test를 시행하여 유의수준 0.05에서 검증하였다.

III. 결과

1. 슬개골 길이 변화

절골술 전 슬개골의 길이는 수직 강선 고정술 군에서는 평균 5.27cm (범위 4.72-5.87cm, 표준편차 0.48), 환상 강선 고정술 병행군에서 평균 5.27cm (범위 4.75-5.82cm, 표준편차 0.44)로 두 군간에 차이는 없었다. 고정술 시행 후 슬개골의 길이는 수직 강선 고정군에서는 평균 4.8cm (범위 4.24-5.36cm, 표준편차 0.46), 환상

강선 고정술 병행군에서 평균 4.72cm (범위 4.08-5.3cm, 표준편차 0.48)으로 환상 강선 고정술 병행군에서 길이 변화가 의미 있게 많았다 ($p < 0.05$).



그림 2. 수직 강선 고정군과 환상 강선 고정술 병행군의 실험 후의 분리 사진. 두 군 모두 원위 골편부 파괴가 일어나면서 절골부의 해리가 발생하였다. (좌)수직 강선 고정군, (우)환상 강선 고정술 병행군.

2. 최대 인장력 및 강성도

전례에서 상하부 견좌 고정부의 해리는 발생하지 않았으며 모두 골절부의 분리가 발생하였다. 최대 인장 강도 및 강성도는 수직 강선군에서는 각각 평균 223N (범위 131.6-365.2N, 표준편차 87.6) 및 249.5N/mm (범위 186.5-376.1N/mm, 표준편차 75.6)였으며, 환상 강선 고정술 병행 군에서는 각각 평균 324.7N (범위 264.8-423.8N, 표준편차 62.1) 및 342.9 N/mm (범위

295.2-426.1N/mm, 표준편차 55.1)로 두 군간의 의미 있는 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$).

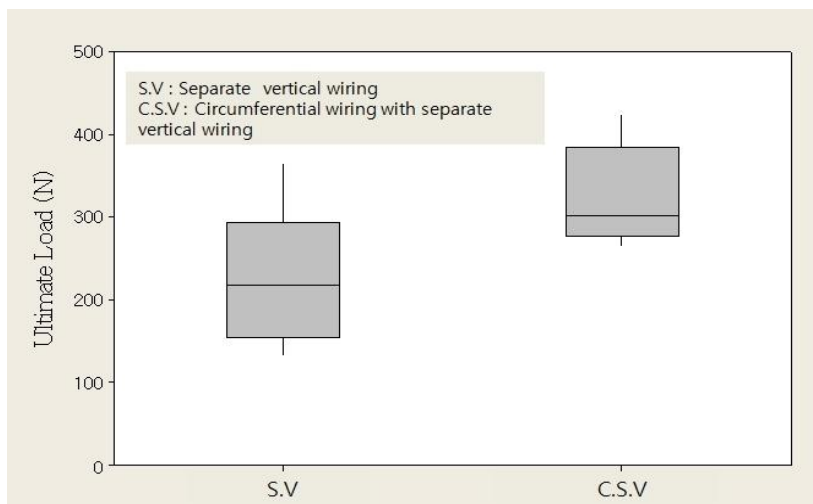


그림 3. 수직 강선 고정군과 환상 강선 고정술 병행군의 최대 인장 장도.

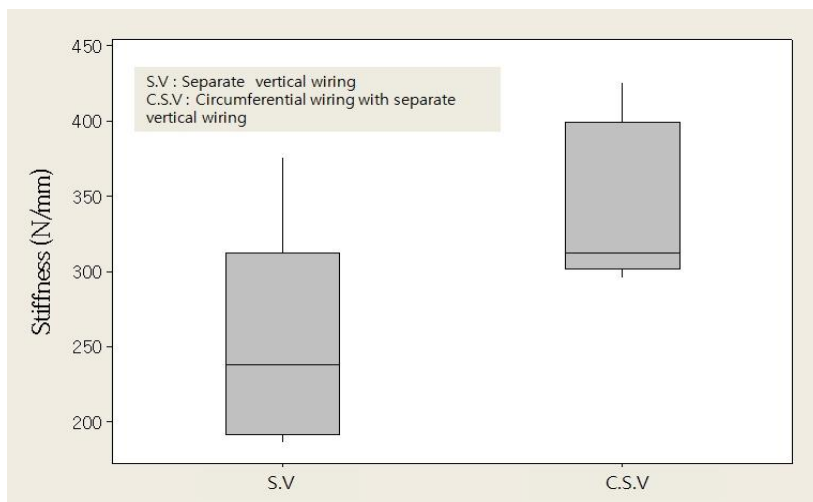


그림 4. 수직 강선 고정군과 환상 강선 고정술 병행군의 강성도.

IV. 고찰

슬관절의 신전기전은 정상적인 슬관절 운동에 필수적이며 Huberti⁸ 등은 슬개골은 대퇴사두근 및 슬개건 내 힘의 방향과 크기를 변화시키는 도르래로 작용만 하는 것이 아니고, 1) 모멘트암(moment arm)을 증가시켜 효율을 증대시키고 2) 지렛대 역할을 하는 두가지 역학적 기능을 수행한다고 하였다. 슬개골 부분 절제술은 저위 슬개골로 만들고 슬개 대퇴 관절에 비정상적인 생역학 상태를 만들며, 이로 인하여 슬개 대퇴 관절에 골관절염이 발생할 수 있다⁴. 또한 슬관절의 능동적 및 수동적 관절 운동 범위의 상실과 대퇴사두근의 근력 약화가 발생할 수 있다.

슬개골 하극의 단순 골절은 변형 장력대 강선 고정술이나 지연 나사 고정 및 장력대 강선 고정술의 병용으로 내고정이 가능하나^{9,10}, 슬개골 하극의 분쇄 골절은 위와 같은 방법으로는 해부학적 정복을 유지하고 슬관절의 조기 운동을 허용할 만큼 견고한 고정을 얻기가 어렵다. 변⁵ 등이 제안한 수직 강선 고정술은 비관절면에 발생한 골절이기에 해부학적 정복보다는 골편간의 간격을 즐기고 슬기가 간단하며 연부 조직의 박리를 최소화하여 골괴사를 예방하고 신속한 골유합과 좋은 임상 결과를 얻을 수 있었다고 보고하였다.

슬개 대퇴 관절의 압박력(patellofemoral joint reaction force)은 일상생활 동작 중에서도 크게 증가한다. 이 압박력은 슬관절의 굴곡 각도와 대퇴사두근의 근력에 비례하며 보행 시 체중의 0.5배, 하지 직거상 시 2.6배, 쪼그려 앉을 때 7배에 이른다¹¹. Patel⁷ 등의 생역학적 실험에 의하면 슬관절 완전 신전 시 대퇴사두근에 부하되는 힘이 316N이라고 보고하였다. 양¹² 등이 사체를 이용한 수직 강선 고정술의 최대 인장력이 250.1N으로 보고하였으며, 본 실험에서도 수직 강선 고정술 군의 최대 인장력이 223N으로 측정되어 수직 강선 고정술 단독 시행으로는 조기 재활 운동시 지나친 힘이 가해지면

고정 소실을 가져올 수 있다. 그러나 환상 강선 고정술을 병행하였을 때 최대 인장력이 평균 324.7N으로 증가되어 조기 재활 운동 시에 보다 안전하게 재활을 시도할 수 있을 것으로 사료된다.

슬개골 부분 절제술에 의한 하극 골절의 치료는 슬개골의 길이가 감소하므로 저위 슬개골을 유발하고 이로 인하여 신전 기전의 파괴 및 골관절염을 일으킨다고 알려져 있다^{13,14}. 그래서 슬개골 상극에서 경골 조면을 연결하는 긴장대 강선 기법을 이용하여 슬개골 부분 절제술을 보강하는 방법이 이용되는데 이 경우 피부 절개면이 커지고 강선의 긴장을 결정하기 어려우며, 강선의 파절이 많이 발생하여 제거에 어려움이 있다는 단점이 있다^{2,15}. 수직 강선을 이용한 고정법에서는 실제로 제거되는 골편이 없으므로 술 후 슬개골의 길이 변화가 적다. 비록 환상 강선 고정술을 병행하면 수직 강선 고정술 단독 시행군에 비하여 그 길이 변화가 더 크지만 (0.46cm, 0.55cm) 이전 박⁶등의 실험에서 슬개골 부분 절제술을 시행한 경우(0.75cm)에 비하여 길이 변화가 적다. 실제 임상에서 슬개골 하극 골절은 일종의 견열 골절인 관계로 본 실험과 같은 절골술에 의한 골소실이 없으며, 분쇄가 심하지 않은 경우에는 해부학적 정복이 가능하기 때문에 길이 변화는 본 실험보다 적을 것으로 생각된다.

V. 결론

수직 강선 고정술과 환상 강선 고정술을 병행하여 시행하면 수직 강선 고정술 단독 고정에 비하여 고정력이 우수하며 조기 재활이 가능하여 대퇴 신전 기능의 회복에 더 좋은 치료 방법으로 사료된다.

참고문헌

1. Cramer KE and Moed BR. Patellar fractures: Contemporary approach to treatment. J AAOS. 1997; 1: 323-31.
2. Johnson EE. Fractures of the patella. In: Rockwood CA, Green DP, editors. Fractures in adults. 4th ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1996. 1956-72.
3. Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown C. Fractures in adults. 6th ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p.1977-86.
4. Hung LK, Lee SY, Leung KS, Chan KM and Nicholl LA: Partial patellectomy for patellar fracture: Tension band wiring and early mobilization. J Orthop trauma. 1993; 7: 252-60.
5. Byun YS, Kim HT, Yoo CH, Kim HM, Park YM and Shin SC: Surgical treatment of comminuted inferior pole fractures by separate vertical wirings- A new method of internal fixation. J Korean society of fracture. 1999; 12: 584-92.
6. Park SJ, Yang KH, Byun YS and Lee DH: Biomechanical study of fixation techniques for comminuted fractures of the inferior pole of the patella, J Korean society of fracture. 2001; 36:345-49.
7. Patel VR, Parks BG, Wang YB, Ebert FR and Jinnah RH: Fixation of patella fractures with braided polyester suture: a biomechanical study. Injury. 2000; 31: 1-6.
8. Huberti HH, Hayes WC, Stone JL, et al; Force ratios in the quadriceps tendon ligamentum patella, J Orthop Res. 1984; 2:49.
9. Carpenter JE, Kasman AAR and Matthews LS: Fractures of patella. J Bone Joint Surg (Am). 1993; 75-A: 1550-61.
10. Carpenter JE, Kasman RA, Patel N, Lee ML and Goldstein SA: Biomechanical evaluation of current patella fracture fixation techniques. J Orthop trauma. 1997; 11: 351-56.
11. Nisell R: Mechanics of the knee, Acta Orthop Scand(suppl). 1985; 216;30.
12. Yang KH, Byun YS: Separate vertical wiring for the fixation of comminuted fractures of the inferior pole of the patella. J Bone Joint Surg (Br). 2003; 85-B:1155-60.
13. DePalma AF and Flynn JJ: Joint changes following experimental partial and total patellectomy. J bone Joint Surg (Am). 1958; 40-A: 395-413.
14. Saltzman CL, Goulet JA, McClellan RT, Schneider LA and Matthews LS: Results of treatment of displaced patella fractures by partial patellectomy. J Bone Joint Surg (Am). 1990; 72-A: 1279-85.
15. Sterett WI and Wright JM: Fractures-diagnosis and treatment. 1st ed. Philadelphia, Current Medicine Inc: 2000; 151-52.

Abstract

Biomechanical Study of Fixation Techniques for the fixation of comminuted fractures of the Inferior Pole of the Patella - Separate vertical wiring v.s. Circumferential wiring with Separate vertical wiring

Hyung-Keun Song

*Department of Medicine
The Graduate School, Yonsei University*

(Directed by Professor Kyu-Hyun Yang)

Purpose : Mechanical testing for evaluation on strength of the separate vertical wiring technique and the combined technique with cerclage wiring was performed using 5 pairs of cadaveric patellae.

Material and methods : Five pairs of patellae including patellar tendon and tibial tuberosity were extracted from the cadavers. Transverse osteotomy was conducted at first at the junction between patella body and inferior pole. Then inferior pole fragment was again divided into 4 pieces by sagittal and coronal osteotomy. Inferior pole fragments were fixed by separate vertical wiring on the one side. The combined technique of separate vertical wiring and cerclage wiring was performed on the other side. The maximum length of patella was measured before and after osteotomy and wire fixation, and the differences in length were checked. The sample was installed to Instron machine (Instron model 6022; Instron Co., Canton, Massachusetts, U.S.A.) and the maximum tensile force was measured by putting tensile force until dissociation of

patella occurred. The maximum tensile force and stiffness of each fixation techniques were compared using Wilcoxon signed rank test at significance level of 0.05.

Results : The length of patella before osteotomy was 5.27cm in average (range 4.72-5.87cm) in the separate vertical wiring group, and 5.27 cm in average (range 4.75-5.82cm) in the combined group. The average lengths of the patella were 4.8 cm (range 4.24-5.36cm) in the separate vertical wiring group and 4.72cm (range 4.08-5.3cm) in the combined group after osteotomy and wire fixation. Change of length after osteotomy and fixation was significantly bigger in the combined group than in the separate vertical wiring group ($p<0.05$). The mean maximum tensile force and stiffness were 223N (range 131.6-365.2N) and 249.5N/mm (range 186.5-376.1N/mm) in the separate vertical wiring group, respectively. The mean maximum tensile force and stiffness were 324.7N (range 264.8-423.8N) and 342.9N/mm (range 295.2-426.1N/mm) in the combined group, respectively. There was a significance difference between two groups ($p<0.05$).

Conclusion : Mechanical properties of the combined method is superior to the separate vertical wiring technique. We could recommend early active rehabilitation after fixation using combined separate vertical wiring and cerclage wiring technique based on this result.

Key Words : inferior pole, vertical wiring, cerclage wiring, biomechanical study