

# 후방십자인대 재건술 후 사체 아킬레스 이식건의 초기연신거동

김철웅<sup>†</sup> · 배지훈\* · 이호상\*\* · 왕준호\* · 박종웅\* · 오동준\*\*\*

## Initial Lengthening Behavior of Cadaveric Achilles Tendon Graft After Posterior Cruciate Ligament Reconstruction

Cheol Woong Kim, Ji Hoon Bae, Ho Sang Lee, Joon Ho Wang, Jong Woong Park and Dong Joon Oh

**Key Words:** Posterior Cruciate Ligament(후방십자인대, PCL), Cadaveric Achilles Tendon (사체 아킬레스건), Reconstruction(재건술), Transtibial Tunnel(경골관통터널), Interference Screw(간섭나사), Double Cross-Pin(이중고정핀), Initial Lengthening(초기연신), Slippage Ratio(활주율)

### Abstract

In the case of Posterior Cruciate Ligament (PCL), the most frequent mechanism is the dashboard injury, which is directly pressurized to the anterior of the proximal tibia in the state of the knee hyperflexion. The PCL associated ligament damage happens when the posterior injury, the varus, the valgus, the hyperextension and the severe vague torque are out of the critical value of PCL. After the successful operation cases of Anterior Cruciate Ligament (ACL) reconstruction using the allograft were informed from 1986, a number of results kept over the maximum 10 years were reported. Unfortunately, PCL reconstruction are crowded the surgery techniques such as the graft, the tibia fixing method, the fixation device, the location of the femoral tunnel, the number of the graft bundles and PCL reconstruction to access to the stability of the normal joint is being developed. Therefore, this study is the basic research of these above facts. The current transtibial tunnel surgery using the cadaveric Achilles tendon grafts is chosen for the various PCL reconstruction. The initial extension of the Achilles tendon by the fixing device and its location under the cyclic loading, were observed.

### 1. 서론

1986년부터 동종 이식건을 이용한 십자인대 재건술의 성공적인 슬레가 보고된 이후, 최고 10년 이상의 추시결과들이 다수 보고되고 있다. 현재 전방십자인대(이하, ACL) 재건술은 과거의 많은 이견들이 정립되는 단계에 있으나 후방십자인대(이하, PCL) 재건술의 경우에는 아직도 논란의 여지가 많다.<sup>(1)</sup> PCL은 Fig. 1과 같이 후방중심부에 위치하기

때문에 경골의 후방전위를 막아주고, 슬관절의 신전시 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 PCL이 손상되었을 경우 회전 불안정성은 급격히 증가한다.<sup>(2)</sup> 또한, PCL이 제거된 슬관절에서는 슬개대퇴 및 경대퇴 관절에 지속적인 압력이 가해져 슬관절염이 진행될 수 있다.<sup>(3)</sup> 그러나 불행하게 최근 까지도 PCL 재건술은 이식건, 경골부고정방법, 고정장치, 대퇴터널의 위치, 이식건 다발수 등에서 다양한 술기가 난립하며 정상 관절의 안정성에 근접하기 위한 재건술은 계속되고 있다.<sup>(4)</sup> 이러한 다양한 술기에서 가장 중요한 공학적 접근은 이식건을 이용한 PCL 재건에서 이식건, 고정장치, 근위경골이 각각 분담하게 되는 하중의 크기와 반복하중 하에서의 응력전달, 응력재분포에 따른 피로거동 등을 정확히 이해하고 평가하는 것이다.

† 책임저자, 회원, 고려대 공학기술연구소(주)트리플씨메디칼

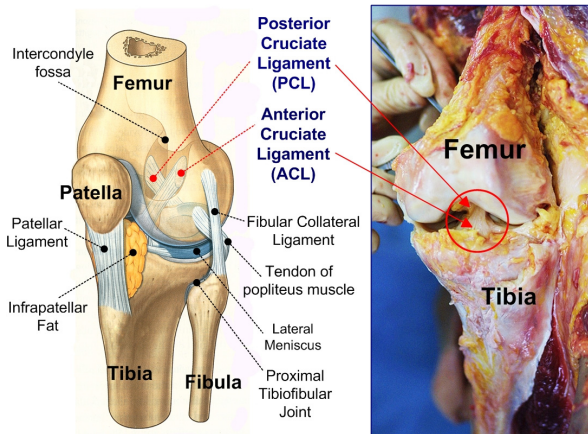
E-mail : woong25@korea.ac.kr

TEL : (02)929-9844, (02)944-6844 / FAX : (02)929-9842

\* 고려대학교 의과대학 정형외과

\*\* (주)트리플씨메디칼 고려대연구소

\*\*\* 안동대학교 기계교육과



**Fig. 1** Anatomical location of anterior cruciate ligament (ACL) and posterior cruciate ligament (PCL) ; anatomical studies and taken picture by this research group

본 연구에서는 현재 수술실에서 PCL 재건술로 적용하고 있는 동종이식 아킬레스건을 이용한 경골관통터널(transtibial tunnel) 수술법을 채택하였다. 그리고 반복하중 하에서 아킬레스건의 고정장치 및 고정위치에 따른 아킬레스건의 초기연신(initial lengthening)거동을 파악하였다. 또한 아킬레스건의 종골부 고정방식과 연부조직 고정방식에 따른 미끄럼(이하 활주, slippage)거동과 연신율(lengthening ratio)과 활주율(slippage ratio)의 관계에 대해 규명해 보았다.

## 2. 동결사체 아킬레스건을 이용한 PCL 재건술용 경골관통터널 시험편 제작

본 연구에서 수행한 경골관통터널방식의 PCL 재건술은 경골후방 과간영역(tibial posterior intercondylar area)의 PCL 부착점에서 이식건의 급격한 각도변화로 끊어지거나 늘어나는 현상인 "killer turn"<sup>(5)</sup>이 발생한다는 단점이 있다. 따라서 최근에는 tibial inlay법도 병행되고 있으나, tibial inlay의 경우 추가적 피부절개와 수술중 환자의 자세변화가 필요하므로 여전히 경골관통터널방식은 PCL 재건술에서 널리 수행되는 술기이다.<sup>(6)</sup> Table 1에 제시된 신선동결사체 4구에서 경골시험편을 채취하였다. 경골터널 제작을 위해 측와위(lateral decubitus)에서 슬와부(popliteal fossa)의 반양막건(semimembranosus tendon)을 따라 절개하여 내외측의 비복근 중앙부를 박리하고 슬와부의 신

**Table 1** Proximal Tibia list by four male's fresh frozen cadaver

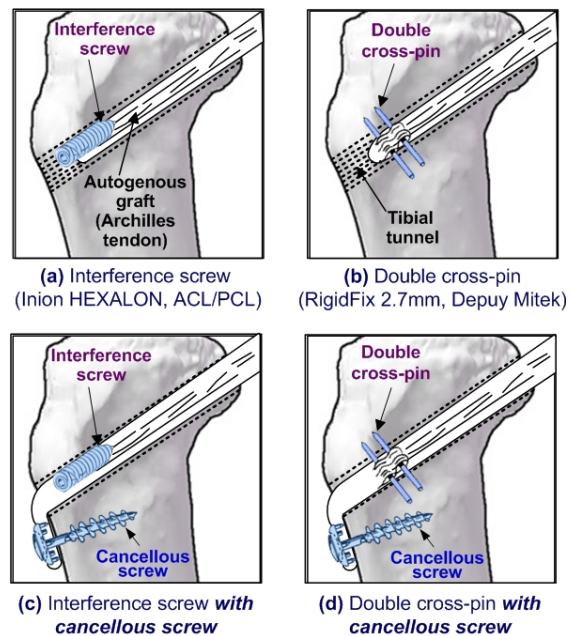
Regist.	No.	Notice of death	Year	Gender	Disease entity
07-26	1*	2007.05.12	56.3	male	brain edema
	2**				
07-11	3**	2007.01.30	69.8	male	gastric cancer
	4*				
07-29	5*	2007.06.02	40.9	male	hepatoma
	6**				
07-10	7**#	2007.01.29	30.3	male	intracranial hemorrhage
	8*#				

\* transtibial one-tunnel with interference screw fixation

\*\* transtibial one-tunnel with double cross-pin fixation

\*# transtibial one-tunnel with interference screw fixation and cancellous screw

\*\*# transtibial one-tunnel with double cross-pin and cancellous screw



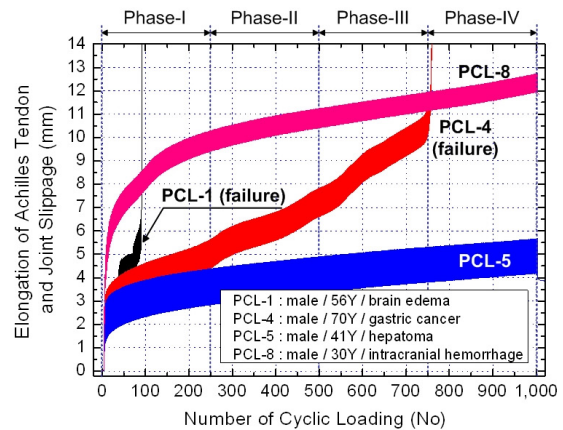
**Fig. 2** Schematic drawing of four different fixation device in the transtibial one-tunnel; (a) calcaneus fixation using interference screw, (b) calcaneus fixation using double cross-pin, (c) Achilles tendon soft tissue fixation using interference screw and cancellous screw, and (d) Achilles tendon soft tissue fixation using double cross-pin and cancellous screw

경 및 혈관을 제거한 후 관절막을 수직으로 절개하였다. 이후 경골평탄부(tibial plateau)에서 경골 원위방향 200mm 지점에서 경골을 절단하여 총 8개의 근위경골 시험편을 채취하였다. PCL 경골 부착부에 경사각 55도로 경골의 전내측에서 PCL 부착부위까지 관통하는 직경 12mm의 경골관통터널을 제작하였다. 이후 Fig. 2와 같은 네 가지 결합방식으로 PCL 재건술용 시험편을 제작하였다.

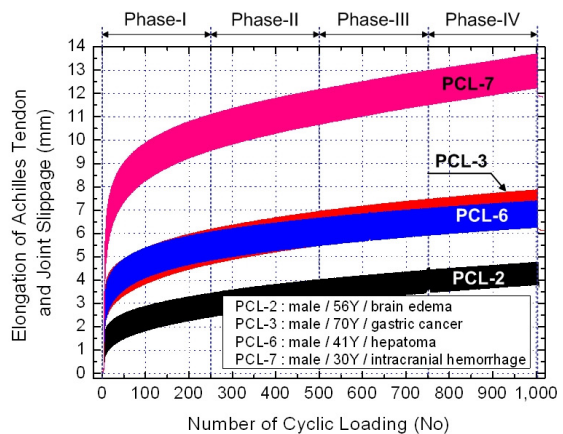
즉 8개의 경골시험편을 4개 그룹으로 나누어 Fig. 2(a) 간섭나사( $d=10\text{mm}$ ,  $L=30\text{mm}$ )를 이용한 아킬레스건 종골부 고정, Fig. 2(b) 2개의 횡고정핀( $d=2.7\text{mm}$ ,  $L=42\text{mm}$ , BTB Cross pin kit)을 이용한 아킬레스건 종골부 고정, Fig. 2(c) 간섭나사( $d=10\text{mm}$ ,  $L=30\text{mm}$ ) 및 해면나사(cancellous screw,  $d=6.5$ ,  $L=40\text{mm}$ , Depuy Mitek, J&J)를 이용한 아킬레스건 연부조직 고정, 그리고 Fig. 2(d) 2개의 횡고정핀( $d=2.7\text{mm}$ ,  $L=42\text{mm}$ ) 및 해면나사( $d=6.5$ ,  $L=40\text{mm}$ )를 이용한 아킬레스건 연부조직 고정으로 구분하였다. 반복하중시험은 Instron 8511을 이용하였다. Zantop 등<sup>(7)</sup>은 PCL 재건술 후 실제로 환자가 일상에서 1주일간 활동한 하중내력을 평가한 결과, 최대인장강도( $P_{max}$ )=250N, 최소인장강도( $P_{min}$ )=50N의 조건에서 1,000cycles의 반복하중이 부하된 조건과 유사하다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 최대인장강도( $P_{max}$ )=250N, 최소인장강도( $P_{min}$ )=50N의 하중조건에서 1Hz의 정현파로 1,000cycles까지 반복하중을 가하여 아킬레스건의 고정장치 및 아킬레스건의 고정위치에 따른 초기연신 및 활주율에 대해 평가해 보았다.

### 3. 경골터널 내 아킬레스건의 초기연신을 : 간섭나사 및 이중고정핀의 경우

Fig. 3(a)는 간섭나사, Fig. 3(b)는 이중고정핀을 이용한 아킬레스건 고정법이다. Fig. 3(a)에서 PCL-1, PCL-4, PCL-5는 Fig. 2(a)와 같이 적용되었고, PCL-8은 Fig. 2(c)와 같이 적용시킨 이중고정방식이다(이하, 간섭나사의 연부조직 고정법). 또한 Fig. 3(b)에서 PCL-2, PCL-3, PCL-6은 Fig. 2(b)와 같이 적용된 것이고, PCL-7은 Fig. 2(d)와 같이 적용된 이중고정방식이다(이하, 이중고정핀의 연부조직 고정법). Fig. 3(a),(b)에서 PCL-1,-2 / PCL-3,-4 / PCL-5,-6 / PCL-7,-8은 각각 동일 사체의 좌우측 슬관절이다. 본 연구에서는 총 1,000cycles 중에서 1/4에 해당하는 250cycle을 초기연신으로 결정하였고, 그 구간을 "Phase-I"이라고 정의하였다. Fig. 3(a)를 살펴보면, PCL-1, PCL-4, PCL-5 중에서 PCL-5만이 1,000cycles에 도달하였음을 알 수 있다. PCL-1의 경우, 간섭나사의 갑작스런 이탈에 의해 94cycle에서 부하가 중단되었고, PCL-4의 경우, 서서히 진행된 활주에 의해 760cycle에서 간섭나사의 이탈이 발생하였다. 이상 Fig. 3(a) 그래



(a) Interference screw (Inion HEXALON) of PCL-1, -4, -5, and interference screw with cancellous screw of PCL-8  
\* PCL-1, -4, -5 : bone plug fixation in Achilles tendon  
\* PCL-8 : soft tissue fixation in Achilles tendon



(b) Double cross-pin (2.7mm BTB RigidFix) of PCL-2, -3, -6, and double cross-pin with cancellous screw of PCL-7  
\* PCL-2, -3, -6 : bone plug fixation in Achilles tendon  
\* PCL-7 : soft tissue fixation in Achilles tendon

**Fig. 3** Relationship between elongation and slippage versus number of cyclic loading after posterior cruciate ligament reconstruction; (a) interference screw (PCL-1,-4,-5) and interference screw with cancellous screw (PCL-8), (b) double cross-pin (PCL-2,-3,-6) and double cross-pin with cancellous screw (PCL-7)

프를 정리하면, 1) 더 많은 재현성이 요구되지만,  $P_{min}=50\text{N}$ ,  $P_{max}=250\text{N}$ 의 부하조건에서 경골터널 내 간섭나사의 이탈율은 60% 이상이였다. 2) 간섭나사가 이탈된 PCL-1, PCL-4를 제외하고 PCL-5만을 고려했을 때 아킬레스건의 총연신량(total elongation)은 5.7mm이다. 3) 간섭나사와 해면나사를 이용한 이중고정방식(PCL-8)일 때, 간섭나사의 이탈은 발생하지 않은 반면 총연신량은 12.8mm로 측정되었다. 간섭나사만 고정한 경우 (PCL-5)에 비해 무려 2.25배 증가한 것이다. 4) 간섭나사

**Table 2** Definition of initial elongation rate ( $\delta_{AB}$ ) using comparison between total elongation versus initial elongation (phase-I)

Joint method	Spec. No.	Initial elongation (A) <sup>ψ</sup> , (mm)	Total elongation (B), (mm)	Initial elongation rate(A/B), (%)
IS*	PCL-1	failure	failure	-
	PCL-4	5.6	failure	-
	PCL-5	4.3	5.7	75
IS with CS**	PCL-8	10.3	12.8	80
DCP#	PCL-2	3.4	4.8	71
	PCL-3	6.2	7.9	78
	PCL-6	6.1	7.4	82
DCP with CS <sup>##</sup>	PCL-7	11.1	13.7	81

\* Interference Screw fixation

\*\* Interference Screw with Cancellous Screw

# Double Cross-Pin fixation

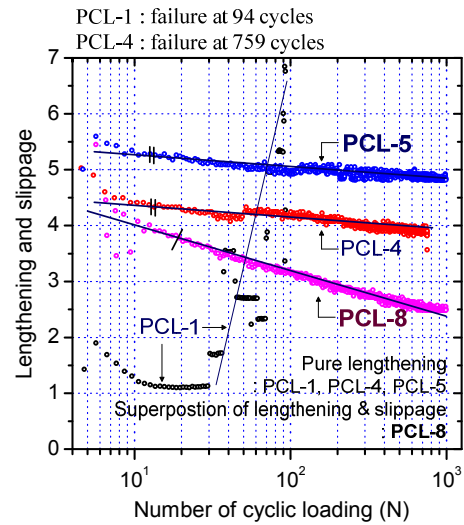
## Double Cross-Pin fixation with Cancellous Screw

<sup>ψ</sup> Region of phase-I in Figure 5.

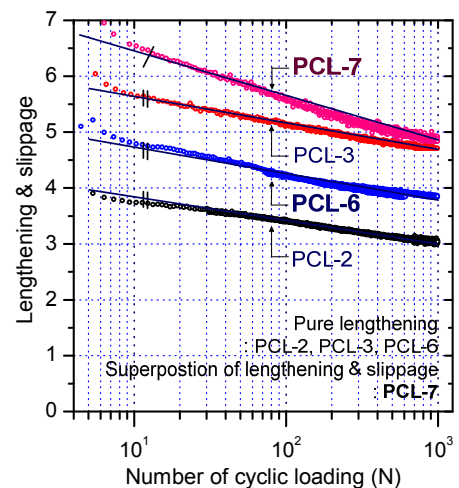
의 이탈이 발생하지 않은 PCL-5 및 PCL-8을 비교해 보았을 때, PCL-5는 초기연신량(Fig. 3(a) Phase-I)이 총연신량의 75%(4.3mm)를 차지하였다. 또한, PCL-8의 경우, 초기연신량이 총연신량의 80%(10.3mm)를 차지하였다. 한편, Fig. 3(b) 그래프를 살펴보면, 1) Fig. 3(a)와 같이 연령에 따른 골밀도와의 관련성은 찾을 수 없었다. 2) 모든 시험편에서 이중고정핀의 이탈은 발생하지 않았다. 3) 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-7)일 때, 연신량은 13.7mm로 이중고정핀의 종골 고정법(PCL-6)에 비해 1.8배 증가하였다. 4) 이중고정핀 종골 고정법 중에서도 PCL-3, PCL-6은 유사한 반면 PCL-2는 1.7배 정도의 편차가 발생하였고, 이는 아킬레스건의 고유물성이 사체마다 편차가 있기 때문이라고 생각한다. 그럼에도 불구하고 총연신량에 대한 초기연신량(Phase-I)의 비율은 Table 2에 제시한 바와 같이 상기 4가지 고정방식에 큰 영향을 받지 않고, 71~82% 범위의 일정 비율을 나타냈다. 따라서 고정방식이 아킬레스건의 초기연신율을 좌우하지는 않는다고 판단된다.

#### 4. 아킬레스건 연부조직 고정시 연신에 포함된 활주율(slippage ratio) 평가

간섭나사 및 이중고정핀을 이용한 아킬레스건 종골부 고정방식 및 연부조직 고정방식은 초기연신율(Phase-I)이 총연신율의 약 77%를 차지함을 알 수 있었다. 그러나 Phase-I부터 Phase-IV에 이를 때까지 아킬레스건의 연신과 동반하여 발생하는 활



(a) Lengthening and slippage in the case of interference screw fixation



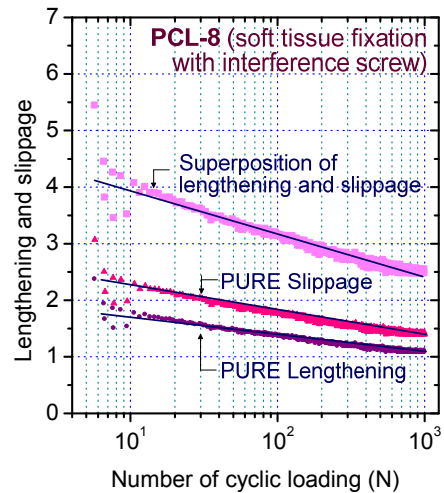
(b) Lengthening and slippage in the case of double cross-pin fixation

**Fig. 4** Relationship between lengthening and slippage of Achilles tendon and number of cyclic loading under tension-tension at  $P_{max}=250N$  and  $P_{min}=50N$ ; (a) interference screw fixation, (b) double cross-pin fixation

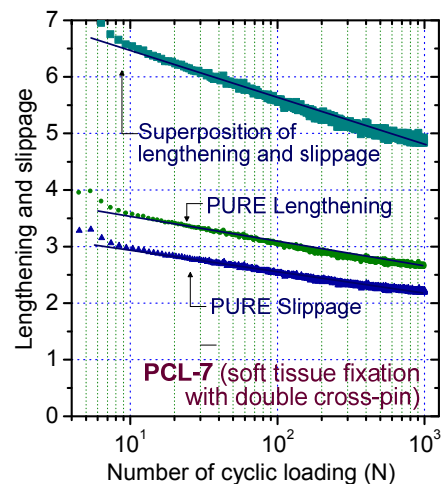
주가 고정방식에 따라 단계적으로 어떻게 변화하는지 파악해야 한다. 고정장치를 연부조직에 결합한 PCL-7, PCL-8에서 총연신율에 포함된 활주율을 단계적으로 평가해보고자 하였다. Fig. 4(a)는 간섭나사의 종골부 고정법(PCL-1, PCL-4, PCL-5)과 연부조직 고정법(PCL-8)을 나타낸 것이다. Fig. 4(b)는 이중고정핀의 종골부 고정법(PCL-2, PCL-3, PCL-6)과 연부조직 고정법(PCL-7)을 나타낸 것이다. Fig. 4(a),(b)를 종합적으로 분석해보면, 1) 간섭나사의 종골부 고정법(Fig. 4(a))의 PCL-4,



PCL-5는 동일한 기울기를 갖는다. 2) 이중고정핀의 종골부 고정법(Fig. 8(b))인 PCL-2, PCL-3, PCL-6도 동일한 기울기를 갖는다. 3) 간섭나사의 연부조직 고정법(PCL-8)과 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-7)은 고정장치가 상이함에도 불구하고 동일한 기울기를 갖는다. 그러나 종골부 고정법보다 기울기가 증가하였다. 상기 일차곡선의 기울기를 좌우하는 Fig. 4의 y축은 단위시간당 변화하는 아킬레스건의 변위( $da/ds$ )를 1/10 sec. 단위로 측정하고 이를 정수로 표현한 것이다. 따라서 Fig. 4에서 일차곡선의 기울기가 크다는 것은 아킬레스건의 초기연신과 후기연신의 차이가 크다는 의미이다. 그러나 PCL-8과 PCL-7은 활주가 동반되었기 때문에 과대평가되거나 과소평가된 결과라고 생각된다. 왜냐하면 아킬레스건을 누적중첩손상(cumulative superposition damage)의 관점으로 보았을 때, 부하 중에 발생하는 활주가 아킬레스건의 순수연신을 저해하고 반복하중의 일부가 활주에 소모되는 기전으로 발전되었기 때문이다. 결과적으로 연부조직 고정법을 종골부 고정법(Fig. 4(a) PCL-4,-5 및 Fig. 4(b) PCL-2,-3,-6)과 비교했을 때 부하후반으로 갈수록 일차곡선의 기울기 차가 더 커졌다는 의미는 연부조직 고정장치가 더욱 불안정해졌음을 의미한다. 따라서 Fig. 4의 결과로 미루어보아 간섭나사의 연부조직 고정법(PCL-8)이 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-7)보다 더 불안정한 고정장치라고 설명할 수 있다. 한편, Fig. 4에서는 간섭나사와 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-8, PCL-7)에서 발생한 총연신량 중 활주율이 차지하는 비율을 평가할 수는 없었다. 따라서 간섭나사와 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-8, PCL-7)에서 발생한 총연신량 중 활주가 차지하는 비율을 계산해 보았다. 그 결과는 Fig. 5와 같다. Fig. 5(a)는 간섭나사의 연부조직 고정법(PCL-8)에 대한 결과이고, Fig. 5(b)는 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-7)에 대한 결과이다. Fig. 5(a)의 간섭나사 연부조직 고정법(PCL-8)에서 연신과 활주가 누적중첩된 총연신율을 100%으로 보았을 때, 연신(lengthening)이 43.6%를 차지하였고, 활주(slippage)가 56.4%를 차지하였다. 반대로 Fig. 5(b)의 이중고정핀 연부조직 고정법(PCL-7)에서는 연신이 54.6%를 차지하고, 활주가 45.4%를 차지하였다. 이상을 총연신량으로 환산하면, 간섭나사의 연부조직 고정법(PCL-8)은



(a) Lengthening and slippage in the case of interference screw fixation



(b) Lengthening and slippage in the case of double cross-pin fixation

**Fig. 5** Superposition of lengthening and slippage of Achilles tendon and number of cyclic loading under tension-tension at  $P_{max}=250N$  and  $P_{min}=50N$  ; (a) interference screw fixation, (b) double cross-pin fixation under

총연신량 12.8mm 중에서 연신량이 5.6mm, 활주량이 7.2mm로 활주량이 연신량보다 오히려 1.6mm 많았다. 한편, 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-7)은 총연신량이 13.7mm로 간섭나사일 때 보다 총연신량이 0.9mm 증가하였고, 그 중 연신량이 7.5mm, 활주량이 6.2mm를 차지하였다. 이중고정핀의 연부조직 고정법에서는 연신량이 활주량보다 1.3mm 많았다. 따라서 간섭나사의 연부조직 고정법(PCL-8) 및 이중고정핀의 연부조직 고정법(PCL-7)은 동일사체의 좌우측하지에서 추출된 아킬레스건 간의 비교결과이므로 아킬레스

건의 물성에 큰 차이가 없다고 판단했을 때 다음과 같은 고찰을 할 수 있다. 1) 이중고정핀 연부조직 고정법의 경우가 간섭나사 연부조직 고정법보다 아킬레스건의 연신량이 약 2mm 정도 더 증가하였다. 2) 간섭나사 연부조직 고정법의 경우, 연신보다 활주의 비율이 약 13% 더 증가하였다. 3) 그러므로 간섭나사 연부조직 고정법(PCL-8)은 아킬레스건이 더 연신될 수 있는 여지가 있음에도 불구하고 이중고정핀에 비해 상대적으로 약한 고정에 의해 활주가 더 활발히 진행되었고, 그로 인해 충분한 연신이 발생되지 못했다고 판단된다. 따라서 간섭나사 연부조직 고정법에서는 최대연신 시 발생하는 연신임계강도가 활주를 발생시키는 활주저항강도보다 약 13% 정도 낮다고 판단할 수 있고, 반대로 이중고정핀 연부조직 고정법에서는 연신임계강도가 활주저항강도보다 약 9% 정도 높다고 판단할 수 있다.

## 5. 결 론

- 1) 총연신량에 대한 초기연신량의 비율은 고정장치 및 고정위치와 상관없이 71~82% 범위의 일정비율을 나타냈다. 따라서 아킬레스건의 고정방식과 고정위치가 초기연신에는 큰 영향을 미치지 못함을 알 수 있었다.
- 2) 간섭나사의 아킬레스건 연부조직 고정법의 경우, 총연신량 중 활주가 차지하는 비율은 초기연신일 때 58.3%, 이후 감소하여 부하후기일 때 55.5%까지 감소하였고, 총 2.8%의 감소율이 발생하였다. 반면, 이중고정핀의 아킬레스건 연부조직 고정법의 경우, 총연신량 중 활주가 차지하는 비율은 초기연신일 때 45.0%, 이후 증가하여 부하후기일 때 46.0%까지 증가하였고, 총 1.0% 증가율이 발생하였다.
- 3) 간섭나사 연부조직 고정법에서 연신과 활주가 누적중첩된 총연신율을 100%으로 보았을 때, 연신이 43.6%를 차지하였고, 활주가 56.4%를 차지하였다. 반대로 이중고정핀 연부조직 고정법에서는 연신이 54.6%를 차지하고, 활주가 45.4%를 차지하였다.
- 4) 간섭나사 연부조직 고정법은 최대연신 시 발생하는 연신임계강도가 활주를 발생시키는 활주저항강도보다 약 13% 정도 낮다고 판단되었고, 반대로 이중고정핀 연부조직 고정법은 연신임계강도가 활주저항강도보다 약 9% 높다고 판단되었다.

## 후 기

이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-314-D00007)

## 참고문헌

- (1) H.C. Lim, J.C. Yoo, and S.H. Han, 2002, "Anatomic Double-Bundle Posterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Achilles Allograft", *Journal of Korean Arthroscopy Society*, Vol.6, No. 1, pp.7~13.
- (2) Claude T. Moorman, Siobhan Murphy Zane, Sanjiv Bansai, Stephen J. Cina, Thomas L. Wickiewicz, Tussel F. Warren, and Maria Kyriaki Kasetta, 2008, "Tibial Insertion of the Posterior Cruciate Ligament: A Sagittal Plane Analysis Using Gross, Histologic, and Radiographic Methods", *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, Vol. 24, Issue 3, pp. 269~275.
- (3) D.C. Lee, O.J. Sohn, W.H. Jang, and S.K. Bae, 2006, "Evaluation of Posterior Cruciate Ligament Reconstruction Using the Femoral Double Tunnel and Tibial Inlay Techniques", *Journal of Korean Orthopaedic Association*, Vol.41, No.4, pp. 658~664.
- (4) Christopher J. Wahl and Gregg Nicandri, 2008, "Single-Achilles Allograft Posterior Cruciate Ligament and Medial Collateral Ligament Reconstruction: A Technique to Avoid Osseous Tunnel Intersection, Improve Construct Stiffness, and Save on Allograft Utilization", *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, Vol. 24, Issue 4, pp. 486~489.
- (5) Andre Weimann, Alexandra Wolfert, Thore Zantop, Anne-Kathleen Eggers, Michael Raschke, and Wolf Petersen, 2007, "Reducing the "Killer Turn" in Posterior Cruciate Ligament Reconstruction by Fixation Level and Smoothing the Tibial Aperture," *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, Vol. 23, No.10, pp. 1104~1111.
- (6) E.K. Song and J.K. Sun, 2005, " Comparative Study of Posterior Cruciate Ligament Reconstruction -Trans tibial Tunnel Method Versus Tibial Inlay Method-", *Journal of Korean Arthroscopy Society*, Vol. 9, No. 1, pp. 13~15.
- (7) T. Zantop, M. Ruemmler, B. Wlbers, M. Langer, A. Weimann, and W. Petersen, 2005, "Cyclic Loading Comparison Between Biodegradable Interference Screw Fixation and Biodegradable Double Cross-Pin Fixation of Human Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts", *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, Vol. 21, No. 8, pp.934~941.