

# Patella Tendon Bearing 석고 고정술을 이용한 경골골절의 Fracture Load Index 의 임상적응용

한림대학부속 한강성심병원 정형외과

이창주 · 강조웅 · 양영식 · 안병문 · 김명균

= Abstract =

## Observation of Fracture Load Index in Tibia Fracture Treated with Patella Tendon Bearing Cast

Chang Ju Lee, M.D., Jho Woong Kang, M.D., Young Sik Yang, M.D.  
Byoung Mun Ahn, M.D. and Myoung Kyoung Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Han Gang Sacred Heart Hospital, Hallym College, Seoul, Korea

34 cases of tibia fracture were treated by patella tendon bearing cast which permitted the weight bearing from March 1981 to February 1983.

The following results were obtained by observing the relation between tibia fracture and fracture load index.

1. Among the 34 cases, 15 cases were closed fracture and these all showed evidence of union when the fracture load index was 100%, 19 cases were open fracture and 9 cases among them were not united when the fracture load index was 100%.
2. Of the 16 cases on which PTB\* casts were able to be applied within 6 weeks after injury, 15 cases (94%) showed union when the fracture load index were 100%, But of the 18 cases on which the PTB\* cast could not be applied until 6 weeks after injury, only 9 cases (50%) showed the evidence of union.
3. The fracture load index of the united 24 cases showed the mode of increase relatively similar to the biomechanical strength change of fracture healing.
4. It is thought that the fracture load index would be a relatively acceptable measure which helps the judgement of fracture union only in the case of tibia fracture which is closed and able to be applied PTB\* cast with weight bearing within 6 weeks after injury.

PTB\*—Patella tendon bearing

**Key Words :** Tibia fracture, PTB cast, Fracture load index.

### 1. 서 론

경골은 해부학적 위치로 보아 다른 장관골보다 골절이 빈번하며 또한 심한 연부조직 손상을 동반하는 경우가 많다.

이 경골골절을 치료하는 과정에서 골절의 유합을 판정하는 것이 확실한 경우를 흔히 경험하게 된다. 1981년 Maggitt<sup>16)</sup> 등은 cast brace를 이용한 대퇴

골골절 환자의 치료시 골유합이 진행되면서 골절하의 체중부하 정도가 증가양상을 보여준다고 하였고 또 이는 골절부의 유합정도에 따라 환자 스스로의 체중부하시 느끼는 감각에 의하여 안전할 정도로 결정된다고 하였으며 이때 결정된 체중 부하량의 전체체중에 대한 백분율을 fracture load index 라 하였다.

또한 Maggitt<sup>16)</sup> 등은 fracture load index를 이용하여 임상적으로 골유합을 판정하는 기준으로 삼을

수 있다 하였다.

본 한림대학부속 한강성심병원 정형외과학교실에서는 체중부하를 허용하는 슬관절하전접착 석고붕대 고정방법으로 치료하였던 34례의 경골골절을 대상으로 하여 경골골절 유합판정시 fracture load index의 임상적 적용의의에 대하여 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 2. 대 상

1981년 3월부터 1983년 2월까지 24개월간 한림대학부속 한강성심병원 정형외과에서 치료받고 체중부하 전접착석고붕대 고정가료후 100%의 fracture load index를 보여주었던 34례를 대상으로 하였다.

전체 34례중 24례는 수상후 장하지석고붕대고정 및 이어 체중부하를 허용하는 슬관절하전접착 석고붕대고정방법으로 보존적 가료한 예이며 나머지 10례는 보존적 요법으로 가료한후 fracture load index가 100%이었으나 지연유합 소견을 보여 주었던 예이다.

## 3. 방 법

Fracture load index는 슬관절하전접착 석고붕대 고정후 1주일 간격으로 산출하였다.

먼저 환자의 체중을 일반 체중계(경인기업 제품, bathroom scale) (Fig.1)로 정한다음 슬관절하전접착 석고붕대로 환측하지를 체중계위에 올려 놓고(Fig.2) 체중부하를 하였다. 체중부하는 골절부의 동통이나 불안감을 느끼기 직전까지 5초이상 최대의 체중부하를 이행하였으며 이때 체중계에 나타나는 무게를 5번 반복하여 이의 평균값을 체중부하량으로 하였다. 이때 환자몸의 균형을 잡기위해 walker나 의자를 사용하였으며 하지길이를 동일하게 하기위해 건축 족 직하부에 체중계의 높이와 동일한 높이의 받침을 사용하였다(Fig.3). Fracture load index의 산

출은 Maggitt<sup>16)</sup>등의 보고에 따라 환자 전체 체중에 대한 환측체중부하량의 100분율로 하였다.

골절부위 유합판정은 체중부하시 동통이 없고 환자가 석고부목이나 석고붕대 고정없이 자연스럽게 보행 할수있으며, 골절부에 외력을 가했을때 압통이 없을 경우를 유합된 것으로 판정하였고. 방사선

**Fig. 2.** This photo shows patient weighing on the affected limb wearing patella tendon bearing cast, assisted by crutch.

**Fig. 1.** Bathroom scale.

**Fig. 3.** Wood block the same height as the bathroom scale to weight the patient in the same condition on both legs.

소견상 골절부에 bridging callus의 형성을 참고로 하였다.

34례를 연령, 수상원인, 골절양상, 개방성 여부, 골절부위 및 슬관절하전접착 석고붕대 고정에 의한 체중부하 치료를 시작한 시기별로 분류 하여 각각 fracture load index가 100%가 되었을때의 골유합 여부를 분석하여 관찰하였다.

#### 4. 증례분석

##### 1). 연령 및 성별 분포

34례중 남성이 31례, 여성이 3례였으며 활동량이 많은 20세에서 50세 사이가 26례로 전체의 76%를 차지하였다. 10세에서 20세까지의 군에서는 fracture load index가 100% 되었을시 4례 전례에서 골유합을 관찰할수 있었고, 반면 20세 이상의 군에서는 fracture load index가 100%이었으나 30례중 10례, 즉 33.3%가 유합되지 아니한 소견을 보여주었다(Table 1).

##### 2). 수상원인

수상원인은 교통사고가 23례로 가장 많았고 direct blow나 wringer injury로 인한 경골골절시에는

**Table 1.** Frequency of union at 100% FLI\* according to age and sex

Age	Male	Female	United	Un-united
10-20	4	0	4	0
20-30	6	1	4	3
30-40	13	1	10	4
40-50	5	0	4	1
50-	3	1	2	2
Total	31	3	24	10

\* Fracture load index

**Table 2.** Frequency of union at 100% FLI\* according to cause of fracture

Cause of the fracture	Cases	United	Un-united
Traffic-accident	23	16	7
Fall down	6	6	0
Direct blow	3	1	2
Wringer injury	2	1	1
Total	34	24	10

\* Fracture load index

28례중 10례, 즉 36%에서 유합되지 않은 소견을 보여주었고, 추락사고 시에는 fracture load index가 100%에 도달한 6례 전례에서 골유합 소견을 보여주었다(Table 2).

##### 3). 골절부위

골절부위는 중위1/3이 14례, 원위1/3이 13례, 근위1/3이 7례였으며 중위1/3에서는 14례중 10례 원위1/3에서는 13례중 9례 근위1/3에서는 7례중 5례가 유합되었으며 전체 34례중 10례, 즉 29%가 유합되지 아니한 소견을 보여주었고 부위별에 따른 유합과 불유합사이의 비율은 큰차이가 없었다(Table 3).

##### 4). 골절의 양상 및 개방성 유무

사선골절이 11례, 횡선골절이 10례, 나선골절이 6례, 분쇄골절이 1례이었으며 개방성골절이 19례, 비개방성골절이 15례였다. 1례이었던 분절골절에서는 유합되지 아니한 소견을 보여주었고 분쇄골절시 전체중 부하가 가능하였던 6례중 3례, 즉 50%에서 유합되지 아니한 소견을 보여주었다. 비개방성골절시 fracture load index가 100%에 도달한 19례중 9례, 즉 47%에서만 골유합 소견을 관찰하였고, 골절의 양상으로 나누어본 결과 개방성과 비개방성골절사이에는 큰차이를 보여주었다(Table 4).

**Table 3.** Frequency of union at 100% FLI\* according to level of fracture

Level	Cases	United	Un-united
Upper 1/3	7	5	2
Middle 1/3	14	10	4
Lower 1/3	13	9	4
Total	34	24	10

\* Fracture load index

**Table 4.** Frequency of union at 100% FLI\* according to type of fracture

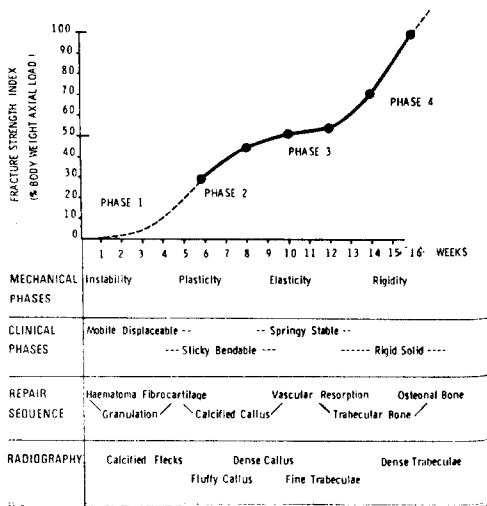
Type of fracture	Cases	United	Un-united
Transverse	10	8	2
Oblique	11	9	2
Spiral	6	4	2
Comminuted	6	3	2
Segmental	1	—	1
Open	19	9	10
Closed	15	15	—

\* Fracture load index

**Table 5.** Frequency of union at 100% FLI\* according to time applied weight bearing cast

Time	Cases	United	Un-united
Within 6 weeks	16	15	1
After 6 weeks	18	9	9
Total	34	24	10

#### Fracture load index



**Fig. 4.** Diagrammatic representation of the four phase of fracture union expressed as fracture strength, and related to the mechanical, clinical and radiological phases of recovery (By A. White, 1977).

5). 수상후 슬관절하전접착 석고붕대까지의 기간과 100% fracture load index 시의 골유합과의 관계

수상후 6주이내 슬관절하전접착 석고붕대고정이 가능하였던 16례중 15례, 즉 94%에서 골유합소견을 보여준 반면 6주이상 슬관절하전접착 석고붕대고정이 지연되어야만했던 18례에서는 9례, 즉 50%에서만 유합소견을 보여주어 큰차이를 보여주었다(Table 5).

6). 100% fracture load index시 골유합 소견을 보였던 군의 수상후 100% fracture load index까지의 기간

슬관절하전접착 석고붕대고정술로 치료하여 100

**Table 6.** Time from injury to 100% FLI\* in 24 united cases

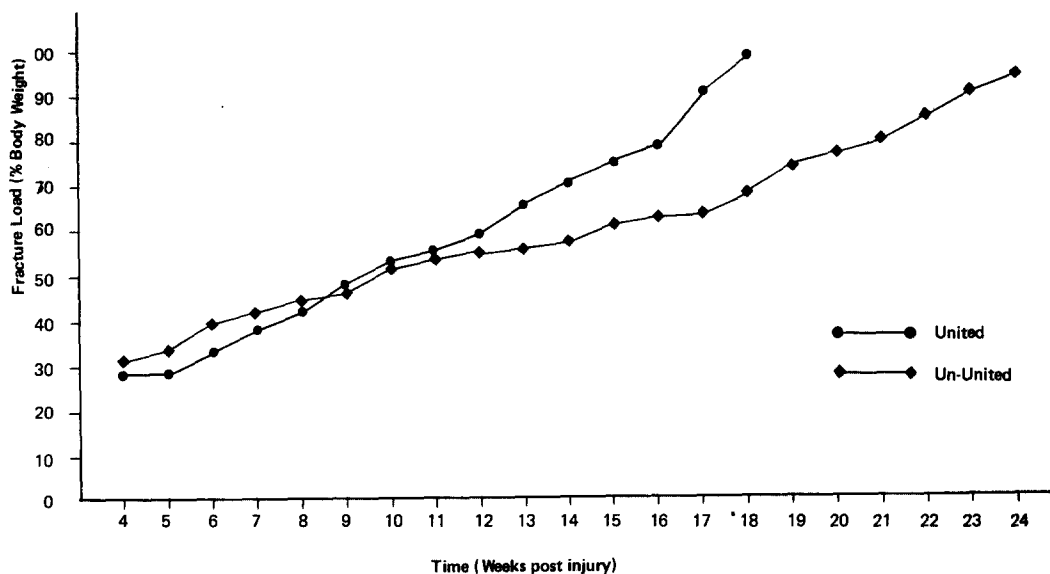
Case	Weeks of 100% FLI*
1	15
2	16
3	19
4	15
5	16
6	21
7	16
8	19
9	13
10	17
11	20
12	16
13	22
14	17
15	28
16	15
17	18
18	17
19	18
20	15
21	18
22	20
23	24
24	20
Averages	18.1

#### \* Fracture load index

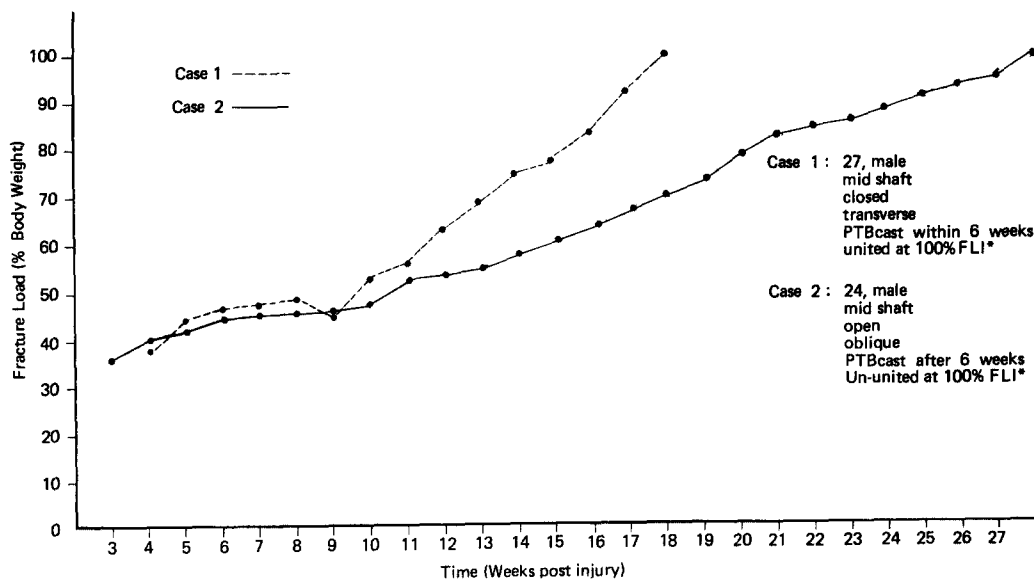
%의 fracture load index시 골유합 소견을 보여주었던 24례에서는 평균 18.1주에 100%의 fracture load index를 보여주었다(Table 6).

7). Fracture load index의 증가양상과 생역학적 골유합 과정과의 관계

1977년 White<sup>26)</sup>의 보고에 의하면 골유합의 생역학적 변화를 graph와 같이 불안정기(instability), 유연기(plasticity), 탄성기(elasticity), 견고기(rigidity)의 4 단계로 구분할수 있다 하였고(Fig.4), 1981년 Maggitt등은 대퇴골 골절시 cast brace를 사용한 보존적 치료에서의 골유합 과정에서 fracture load index의 변화가 이 생역학적단계에 합당한 변화를 보여준다고 하였다. 본 연구에서 16세 이하의 어린 연령층을 제외한 22례의 100%fracture load index시 골유합 되었던 군과 10례의 골유합 되지 않았던 군의 각각 단계적 fracture load index를 평균하여 비교 관찰한 graph를 보면 골유합 소견을 보여주었던 군은 초기 White<sup>26)</sup>의 유연기(plasticity) 및 탄성기(elasticity)에 해당하는 단계, 즉 4~12주까지는 비교적 완만한 증가현상을 보이다가 그



**Fig. 5.** A graph of mean values of fracture load recordings obtained using the weight scale. It shows similar increase tendency from the time applying patella tendon bearing cast and weight bearing permission to 14 weeks between united group and un-united group, but after that time, the un-united group went through slow increasing tendency which is much different from united group, showing severe increasing tendency.



**Fig. 6.** A graph of the fracture load recordings obtained using the weight scale, in two cases. Case 1 which had fracture union at the time when the fracture load index was 100%, shows relatively acute increase after 9 weeks. Case 2 which did not have fracture union at the time when the fracture load index was 100%, shows only slow increase. \* Fracture load index.

이후 견고기(rigidity) 즉, 14주 이후부터는 비교적 급격한 증가현상을 보여주는 반면 유합되지 않은 군에서는 유연기(plasticity) 및 탄성기(elasticity) 기간, 즉 4주에서 12주까지는 골유합되었던 군과 큰 차이가 없이 단순한 증가현상을 보였으나 그 이후 견고기(rigidity) 기간에는 골유합되었던 군과는 달리 점진적인 완만한 증가현상만을 보였다(Fig. 5, 6).

## 6. 고 찰

과거 40년간 문헌상 경골골절을 치료하는 많은 방법들이 제안되어 왔다<sup>6,9,15,19,24,25</sup>). Lottes, Veliskakis, 및 Muller의 관혈적 치료 방법이나<sup>15,24,18</sup>), Gurd, Albert, Ellis, Dehn 및 Sarmiento의 비관혈적 치료방법에 의한 결과는 매우 고무적이었다<sup>2,7,8,10,12,20,21</sup>). 1880년 Owen Thomas의 하지골절의 체중부하 하의 치료이후 Sir Robert Jones의 짧은 보행 caliper(walking caliper)를 사용한 방법에 이어 1893년 Dollinger의 최초의 체중부하 석고붕대 고정방법이 소개된 이후 1915년 Delbet, 1940년 Gurd, 1940년 Albert, 1955년 Dehn, 1966년 Weissman, 1967년 Sarmiento의 연이은 체중부하하의 경골골절 치료는 그 결과가 양호함이 계속되어 발표되어 왔다. 한국에서도 수차에 걸쳐 조기체중부하를 허용하는 석고붕대고정을 이용한 경골골절치료에 대하여 보고된 바 있다<sup>17</sup>). 일찌기 Carpenter 등은 체중부하를 허용하면서 경골골절을 가료함에 있어 지연유합의 원인으로 중요한 것은 동측 또는 반대측의 다발성골절, 골절부의 외상정도 및 체중부하 시기라고 한바 있다<sup>6</sup>). Sarmiento도 특별한 과학적인 근거는 없으나 다발성골절 또는 다른 동반된 손상으로 인하여 체중부하 슬관절하 기능보조기에 의한 경골골절 치료시 그 골절의 유합여부는 6주 이내에 체중부하가 가능하였던 경우에서 골유합이 속히 일어나고 다발성골절 및 다른 장기의 손상으로 인한 6주 이후에 체중부하를 하여야 하였던 경우 현저히 골유합의 시기가 늦어진다고 하였다<sup>22</sup>). 본 조사에서도 6주 이전에 체중부하 석고붕대고정이 가능하였던 군에서 6주 이후에 가능하였던 군보다 100% fracture load index시 골유합 소견을 많은 빈도에서 보여주었다. 저자들은 그 이유에 있어서 외상후 초기 단계에서 체내의 외상에 대한 치유기전이 활발할 때에 체중부하에 의한 간헐적 압박력의 작용과 주위관절 및 근육의 기능적 활동이 신생골 형성에 보다 이로운 환경을 만들어 주게 되고 반면 6주 이후에는 체내의 외상 치유기전이 활발하지 못한 시기이기 때문에 이들의 좋은 영향도 적게 작용하는 것이 첫

째 이유이고, 두번째로는 조기의 체중부하를 하지 못하는 원인으로 다발성 골절을 동반하거나 심한 개방성 골절이거나 또는 두부외상으로 인한 조기 체중부하가 불가능한 경우이므로 이때에도 대개의 경우 골절의 외상정도가 심하기 때문이라고 생각한다. 개방성골절이 비개방성골절보다 골유합 시간이 더 길며 또한 염증등 많은 합병증을 동반하는 것과 외상의 정도가 경골골절의 예후를 결정하는데 중요한 요소임은 널리 알려져 왔다<sup>4,6,9,10,13</sup>). Ellis는 고도의 분쇄골절 또는 심한 개방성골절에서 골유합이 지연됨을 보고하였고, Jackson과 Macnab, Haugland 및 Bauer 등은 고도외력외상(high energy trauma)에서 저외력외상(low energy trauma)보다 더 늦게 골유합됨을 보고하였다<sup>10,13,14</sup>). 1981년 Maggitt는 골절의 유합의 진행도중 골절 그자체가 체중부하지 체중부하의 정도를 조절하게 된다고 하였다<sup>16</sup>). Sarmiento는 동물의 예를 들어 동통이 있는 범위까지 체중을 부하는 것이 생리적인 현상이라 하였다<sup>22</sup>). 또한 Maggitt는 골절부에는 기계적인 수신단위(mechanoreceptor unit)에 의한 생체학적 반향기전(biological feedback system)에 의하여 체중부하의 정도가 조정되는 것이 아닌가 하고 가정하였으며 실제로 환자는 골절하지로 체중부하지 동통을 호소하는 것이 아니고 위압감을 호소하며 골유합 과정에서 가골이 점차 견고해짐에 따라 역학적인 수신체는 안전할 정도의 체중부하의 증가를 가능하게 한다 하였다. 인체의 골절의 치유과정에서 이런 반향(feed back)과정의 발견은 없었으나 stress가 있는 부위에 생긴 신생골이 골성생전기(osseous bioelectrical potential)를 통하여 이루어짐은 보고된 바 있다<sup>3,11,23</sup>). Maggitt는 대퇴골의 골유합과정에서 골절부의 체중부하 정도를 전체 체중에 대한 백분율로 표시하고 이를 fracture load index라 하였으며 이의 증가양상은 초기부터 가골형성의 생역학적 4단계 즉, 불안정기(unstable phase), 유연기(plastic phase), 탄성기(elastic phase), 및 견고기(rigidity phase)에 합당한 증가현상을 보여준다고 하였다<sup>16,26</sup>). 본 연구에서의 100% fracture load index시 골유합 소견을 보였던 16세 이하 2례를 제외한 성인군 22례의 각 시기별 fracture load index의 증가정도를 관찰해 보면 대체로 골절의 유합의 역학적 변화에 합당한 시기로 분별할 수 있었고 그 기간은 초기 불안정기 및 유연기는 슬관절하전접착 석고붕대 착용전의 시기, 즉 3~7주 이전에 해당되며 그 이후 graph상 완만한 증가를 보이는 시기는 탄성기에 해당된다고 보겠고 이는 병리학적으로는 석회화가골(calcified callus) 시기 및 연골내골화시기(endochondral ossifi-

fication)에 해당된다고 보겠으며 그 이후, 즉 14주 이후에는 비교적 급격한 상승을 보여주는데 이 시기는 생역학적으로는 전고기(rigidity), 병리학적으로는 remodeling기간으로 볼수있었다. 반면 유합 소견이 없었던 군은 이와같은 양상이 아닌 별 다른 변화가 없는 완만한 변화를보여주어 그 증가정도가 지연되는 인상을 주었다. 그러나 이때에도 100% load bearing을 할수 있었던 이유로는 분명하지 않으나 저자들은 어떤 원인이든지 예를들면 환자의 정신적인 타성 또는 골절부의 심한 섬유화 등으로 Maggitt가 가정한생역학적인 접수체에의한 생리학적인 반향기전이 이상이 있어서 이러한 현상이 발생된것이 아닌가 생각된다.

## 7. 결 론

1981년 3월부터 1983년 2월까지 24개월간 한림대학부속 한강성심병원 정형외과에서 체중부하를 허용하는 슬관절하전접착 석고붕대고정방법으로 치료하였던 34례에서 fracture load index를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전 34례중 비개방성골절이 15례로 전예에서 fracture load index가 100%시 골유합 소견이 관찰되었고 개방성 19례중 47%인 9례에서 fracture load index가 100%이었으나 골유합은 이루어 지지 않았다.

2. 수상후 6주내이에 슬관절하전접착 석고붕대고정이 가능하였던 16례중 15례, 즉 94%에서 100%의 fracture load index시 골유합소견을 보여주었고 6주 이후에야만 슬관절하전접착 석고붕대고정이 가능하였던 18례에서는 50%인 9례에서만 골유합소견을 보여주었다.

3. Fracture load index가 100% 었을때 골유합소견을 관찰하였던 24례는 fracture load index의 증가양상이 골유합에 따른 생역학적인 변화와 비교적 일치하는 경향을 보여주었다.

4. 일반체중기로 경골골절에서 수상후 6주 이전에 체중부하를 허용하는 슬관절하전접착 석고붕대고정이 가능한 비개방성인 경우에서만 fracture load index가 임상적으로 골유합 판정에 대체적인 도움을 줄수있는 방법이라고 사료된다.

## REFERENCES

- 1) 정창희, 손정모 : 경골골절에 대한 조기 체중부하의 임상적 고찰. 5:189-195, 1970.
- 2) Albert, M. : *Delayed Union in Fractures of the*

*Tibia and Fibula. J. Bone and Joint Surg., 24, 566-568, 1944.*

- 3) Basset, C.A., and Becker, R.O. : *Generation of Electrical Potentials by bone in Response to Mechanical Stress. Science, 137:1063, 1962.*
- 4) Bauer, G.C. Edwards, P.O., and Widmark, P. H. : *Shaft fracture of the Tibia. Acta Chir. Scand., 124:386, 1962.*
- 5) Brown, P.W., and Urban, J.G. : *Early Weight Bearing Treatment of open Fracture of the Tibia. J. Bone Joint Surg., 51A:59-75, 1969.*
- 6) Carpenter, E.B., Dobbie, J.J., and Siewers, C. F. : *Fracture of the Shaft of the Tibia and Fibula. Comparative End Results from Various Types of treatment in a Teaching Hospital. Arch. Surg., 64:443-456, 1952.*
- 7) Dehne, E. : *Treatment of Fractures of the Tibia Shaft. Clin. Orthop., 66:159-173, 1969.*
- 8) Dehne, E., Metz, C.W., Deffer, P.A., and Hall, R.M. : *Nonoperative treatment of the Fractured Tibia by Immediate Weight Bearing. J. Trauma, 1:514:533, 1961.*
- 9) Edwards, Per : *Fracture of the Shaft of the Tibia : 492 Consecutive Cases in Adults. Importance of Soft Tissue Injury. Acta Orthop. Scandinavia, Supplementum 76, 1965.*
- 10) Ejlis, H. : *The Speed of Healing after fracture of the Tibial Shaft. J. Bone and Joint Surg., 40-B:42-46, 1958.*
- 11) Friedenber, Z.B., and Brighton, C.T. : *Bioelectric Potentials in Bone. J. Bone and Joint Surg., 48A:915, 1966.*
- 12) Gurd, F.G. : *The Ambulatory Treatment of Fractures of the Lower Extremity. Surg., Gynec. and Obstet., 70:385-391, 1940.*
- 13) Hoaglund, F.T., and States, J.D. : *Factors Influencing the Rate of Healing in Tibial Shaft Fractures. Surg., Gynecology and Obstetrics, 124:71-76, 1967.*
- 14) Jackson, R.W., and MacNab, I. : *Fractures of the Shaft of the Tibia. A Clinical and Experimental Study. Am. J. Surg., 97:543-557, 1959.*
- 15) Lottes, J.O. : Hill, L.J. and Key, J.A. : *Closed Reduction, Plate Fixation, and Medullary Nailing of Fractures of Both Bones of Leg. A Comparative End-Result Study. J. Bone and Joint Surg., 34-A:861-877, Oct. 1952.*

- 16) Maggitt, B.F., Juett, D.A., Smith, J.D. : *Cast-brace for Fractures of the Femoral Shaft. J. Bone and Joint Surg.*, 63-B:12-23, 1981.
  - 17) Mooney V, Nickel, V.L., Harvy, J.P. Jr. and Snelson, R. : *Cast-brace Treatment for Fractures of the distal part of femur. J. Bone Joint Surg. (Am)* 52-A:1563-78, 1970.
  - 18) Muller, M.E., Allgower, M. and Willenegger H. : *Technique of internal Fixation of Fractures :New York, Springer-Verlag, 264-281, 1979.*
  - 19) Nicoll, E.A. : *Fractures of the Tibial Shaft. A Survey of 705 Cases. J. Bone Joint Surg.*, 46-B:373-387, 1964.
  - 20) Sarmiento, A. : *A Functional below-the Knee Cast for Tibial Fractures. J. Bone Joint Surg.*, 49A:855-875, 1967.
  - 21) Sarmiento, A. : *A Functional - below-the Knee Brace for Tibial Fractures. A Report on its Use in one hundred and thirty-five Cases. J. Bone Joint Surg.*, 52A:295-311, 1970.
  - 22) Sarmiento, A. and Latta, L.L. : *Closed Functional treatment of Fractures. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1-608, 1981.*
  - 23) Shamos, M.H., Lavine, L.S., and Shamos, M. I. : *Piezoelectric Effect in Bone. Nature*, 197: 81, 1963.
  - 24) Veliskakis, K.P. : *Primary Internal Fixation in Open Fractures of the Tibial Shaft. The Problem of Wound Healing. J. Bone and Joint Surg.*, 342-354, 1959.
  - 25) Weissman, S.L., Herold, H.Z. and Engelberg M. : *Fractures of the Middle Two-Thirds of the Tibial Shaft. Results of Treatment without Internal Fixation in one Hundred and Forty Consecutive Cases. J. Bone and Joint Surg.*, 48-A:257-267, 1966.
  - 26) White, A.A. III., Panjabi, M.M., and Southwick, W.O. : *The four biomechanical stages of Fracture repair. J. Bone and Joint Surg.*, 59-A:188-192, 1977.
-