대한골절학회지 제13권, 제1호, 2000년 1월
The Journal of the Korean Society of Fractures
Vol.13, No.1, January, 2000

외고정 장치의 배열과 구조에 따른 기계적 특성

한홍준 · 이병창 · 김영진 · 진병수 · 이건휘*

원광대학교 의과대학 정형외과학교실,
원광대학교 공과대학 기계공학부*

<국문초록>

목 적 : 골절 치료에 사용되는 외고정 장치에서 일측면 한평면과 일측면 두평면 프레임을 기준으로 외고정장치의 배열과 구조에 따른 기계적 성질을 파악하고자 하였다.

대상 및 방법 : 경골과 물리적 성질이 유사한 재질로 제작한 모형 시편에, 본 교실에서 새로이 개발한 외고정 장치인 Anyfix를 적용하였다. 외고정 장치의 구성 성분인 핀, 봉, 링의 배열과 구조를 달리하여 적용한 7가지 형태의 모형을 대상으로 실험을 수행하였으며, 측정한 내용은 3종류의 하중을 가했을 때 변형된 시편의 변위이다. 각 하중에 따른 변위로부터 얻은 기계적 성질은 전후 방향 굽힘 강성도, 측면 방향 굽힘 강성도와 축방향 강성도이다.

결 과 : 같은 수의 핀과 봉 그리고 같은 크기의 링을 사용한 기본 형태 비교 실험에서는, 일측면 두평면 구조에서 일측면 한평면 구조보다 3가지 강성도가 모두 크게 나타났으며, 링을 골절부에서 멀리 설치한 경우에서 가까운 부위에 설치한 경우보다 측면 방향 굽힘 강성도와 축방향 강성도는 향상되었으며, 전후 방향 굽힘 강성도의 변화가 상대적으로 가장 심하였다. 또한 핀의 수와 링의 크기를 달리한 응용 형태의 실험에서는, 핀의 수를 증가시켰을 때와 작은 크기의 링을 사용한 경우에서 각 강성도들은 커지며 특히 일측면 두평면 구조에서 효과가 가장 두드러졌다.

결 론 : 골절 치료를 위한 외고정장치 설치시에 일측면 두평면 구조 형태에서, 가급적 골절부에서 멀리 떨어진 위치에 연결 링을 설치한 경우, 크기가 작은 링을 설치한 경우 그리고 핀의 수를 증가시킨 경우에 강성도가 증가함을 알 수 있었다.

색인 단어 : 외고정 장치, 생역학적 연구, 강성도

서 론

최근 사회 문명의 발전으로 인하여 각종 산업재해와 교통사고들이 빈발하고 고에너지 손상 기전에의한골절의빈도가점점증가하고있는추세이다. 개방의 정도가 심한 골절일수록 외고정장치에

※통신저자 : Hong-Jun Han, M.D.
Department of Orthopaedics Surgery, Wonkwang University Hospital
#344-2 Sinyoung-dong, Iksan-city, Chollabuk-do, 570-180, Korea.
Tel : 82-653-850-1255
Fax : 82-653-852-9329
E-mail : hhj@wonnms.wonkwang.ac.kr

* 본논문의 요지는 1999년대한정형외과학회 추계학술대회에서구연되었음.
* 본연구는 1999년원광대학교 교내연구비보조로 이루어졌음.

의한 치료가 좋은 적응이 될 수 있으며, 특히전신상태가 불량한환자에서합병증을줄이기위하여외고정장치사용의빈도가증가하고있는추세이다. 따라서 외고정장치의 기계적 성질을 정확하게 이해하고 이에 따라 시술하는 것이 중요하다 하겠다. 그러나 현재 사용되는 외고정장치의 대부분이 수입에 의존되고 있는 실정이다. 최근 본 교실에서는 기존의 강선과 링을 이용한 일리자로프형 외고정장치와 핀과 봉을 이용한 외고정장치의 원리를 혼합하고 장점을 개선시킨 외고정장치 (Anyfix)를자체 개발하여현재 임상에서활발하게사용하고있다.

따라서 본 연구의 목적은 새로이 개발된 Anyfix를 이용하여, 골절 양상과 핀의 배열에 따라 일측면 한평면(unilateral one plane)과 일측면 두평면(unilateral two plane) 프레임을 중심으로 외고정장치의 배열과 구조에따른기계적성질을파악하여골절치료를위한임상에적용하고자하였다.

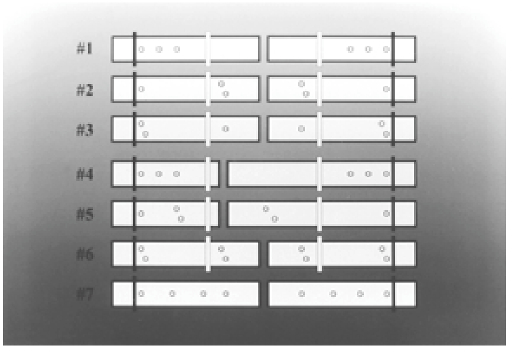

Fig 1. Various geographic configurations of external fixators. White bar: connecting ring located near to the fracture site. Black bar: connecting ring located far from the fracture site. Round dot: pin location
#1,4,7: unilateral one-plane frame
#2,3,5,6: unilateral two-plane frame, one pin fixed perpendicularly to the other
#4,5: asymmetrical fracture type(1:2), others were symmetrical(1:1)

대상 및 방법

연구대상

경골 골절시 사용되는 외고정장치의 배열과 구조에따른기계적특성을조사하기위해서는, 검토하고자 하는 변수에 따라 많은 실험이 요구되기 때문에 사체뼈를사용하지않고경골의물리적성질과유사한 재질로 모형 뼈를제작 사용하였다. 모형 뼈의 재질은 plastic padding material이며 직경이 30±0.1mm인 원통형으로 가공하였다. 이 모형뼈의 탄성계수는 19GPa이다. 골절위치에 따른 외고정장치의 기계적 성질의변화를 파악하고자, 중심부위에 3mm 넓이로 골간극(bone gap)을형성한경우와근위부 1/3 지점에 역시같은넓이로골간극을형성한경우의골절양상으로가공하였다.

본 실험에서 사용되어진 외고정장치는 본 교실에서 개발하여 현재 임상에서 사용되는 Anyfix로써 재질은 stainless steel이며직경이 6±0.1mm인핀, 직경이 8±0.1mm이고길이가 320±0.1mm인봉(rod), 유효직경이서로다른 3 종류의반링 (half ring)(135±0.2, 165±0.2, 195±0.2mm)과 이들을 서로 연결시켜주는 클램프로 구성되어 있다. 외고정장치는 링의 위치, 핀의수그리고로드의위치에따라 5가지의기본형태와, 사용되어진 핀의 수를 늘리고 링의 크기에 따라 변형시킨 2가지 형태, 이렇게 모두 7가지 경우로 설정하였다(Fig. 1). 핀은모형시편에각각직각으로삽입하였으며, 핀과 핀 사이의 간격은 24.5mm로 유지하였다. 외고정구 클램프는 가해지는 우력(torque)의 크기에따라 강성도가 변할수있기때문에 우력측정기(torque wrench meter)를 이용하여 170kg-cm로 균일하게조인후실험하였다.

연구방법

로드, 핀과링의위치그리고수에따라각각 7가지 경우로 설치된 외고정기와 모형 시편을 재료시험기에고정시킨후반복실험으로각형태의외고정장치에 대한 항복하중(yielding load)을 구하였으며, 이를 기준으로 압축하중은 11.4kg, 6.4kg으로 굽힘하중은 2.45kg의 힘으로일정하게가하였다. 압축 하중을 가할때에는하중을지지하는모형시편에균일하중받기(flat load washer)를부착하여일정한면에서축하중을받도록하였다.

7가지중 5가지(Fig. 1, #1 #5) 형태에대하여 ring의 위치에따른강성도차이를측정하였으며, 3가지(Fig.

Table 1. Axial stiffness according to various configuration and connecting ring location(Ncm/cm)

Connecting ring location \ Model No.	1	2	3	4	5
Near*	214	761	611	148	717
Far†	282	1086	658	235	756

* Near : Near the fracture site † Far : Far from the fracture site

Table 2. Bending stiffness according to location of connecting ring(Ncm/cm)

Location of Ring	Near		Far	
Model No.\Stiffness	AP-B∗	L-B†	AP-B	L-B
1	2181.3	1025.3	2184.6	1144.6
2	3987.0	1849.7	2819.2	1903.3
3	3203.8	1162.3	2698.8	1248.3
4	1148.8	649.8	1252.3	680.4
5	5160.3	2587.8	4006.4	2737.0

∗AP-B : Anterior posterior bending †L-B : Lateral bending

Table 3. Axial compression stiffness according to location and size of connecting ring(Ncm/cm)

Location of Ring	Near			Far		
Model No.\Size	S-R∗	M-R†	L-R‡	S-R	M-R	L-R
2	1300.4	761.0	435.0	1452.4	1086.0	465.7
6	1864.0	972.5	527.0	2202.2	1153.0	654.0
7	×	×	×	663.4	950.7	233.4

∗S-R : Small ring † M-R : Medium ring ‡ L-R : Large ring × : can't check

1, #2, #6, #7)형태에대하여 ring의위치와크기에따른 강성도의 차이를측정하였는데, 측정한 내용은하중에 의해 변형된 시편의 변위이며, 얻어진 변위를 사용하여계산한결과치는각각전후방향굽힘강성도(AP bending stiffness), 측면 방향 굽힘 강성도(Lateral bending stiffness)와 축방향 강성도(Axial stiffness)이다(Fig. 2, 3, 4). 이강성도들은각각전후방향굽힘하중, 측면 방향 굽힘 하중과 축방향 하중을, 하중이 작용했을 때 모형 시편이 변형된 거리로 나눈 값으로 정의하였다. 각각의실험은 9회이상반복하였으며, 불확실도(uncertainty)가 ±2%를 만족하는 경우 실험결과로인정하였다.

외고정장치의 기계적 성질을 이해하기 위해 실험의변수로핀의배열에따른일측면한평면과일측면두평면구조, 환형링의위치, 환형 링의크기그리고 핀의수를선택하였다.

결 과

외고정장치의 기계적 성질을 측정하기 위하여 사용되어진핀의 배열에의한일측면 한평면과일측면두평면구조, 환형링의위치, 환형 링의크기에따라 만들어진 7가지 형태의 외고정장치에 의해 축방향 강성도, 전후 방향굽힘강성도, 측면방향굽힘강성도를측정한결과는다음과같다.

같은 수의 핀과 봉 그리고 같은 크기의 링을 사용한 경우, 전후 방향 굽힘 강성도는 측면 방향 굽힘강

Table 4. Bending stiffness of external fixator with ring located far from the fracture site(Ncm/cm)

Stiffness	AP-B*			L-B†		
Model No.\Size	S-R‡	M-R	L-R‖	S-R	M-R	L-R
2	3409.3	2819.2	2897.0	2390.4	1903.3	1860.3
6	3696.0	3324.0	3501.0	4047.0	3662.0	4213.0
7	7261.4	6227.0	4876.6	1434.0	1244.5	1098.0

*AP-B : Anterior posterior bending †L-B : Lateral bending
‡ S-R : Small ring M-R : Medium ring ‖ L-R : Large ring

Table 5. Bending stiffness of external fixator with ring located near the fracture site(Ncm/cm)

Stiffness	AP-B*			L-B†		
Model No.\Size	S-R‡	M-R	L-R‖	S-R	M-R	L-R
2	4443.0	3987.0	3545.8	2211.4	1849.7	1747.0
6	3647.0	2181.4	3424.0	3966.4	3527.7	3698.0
7	×	×	×	×	×	×

*AP-B : Anterior posterior bending † L-B : Lateral bending
‡ S-R : Small ring M-R : Medium ring ‖ L-R : Large ring × : can't check

성도에 비하여 최하 150%에서 최고 270%까지 큰 결과를 얻었다. 또한 전후 방향 굽힘 강성도는 일측면 두평면구조인경우가일측면한평면구조에비하여 약 50 450% 이상 크게 나타났으며, 측면 방향 굽힘 강성도 역시 유사한 결과를 얻었다. 반면 축방향 강성도는 일측면 두평면 구조에서 약 25 400% 이상 큰결과를얻었다. 특히 1 : 2 비율로 편심되어골절된 경우인4, 5번에서오히려축방향강성도는감소된양상을보여주고있어서, 1 : 1 비율로 간부중심의골절 경우에서상대적으로일측면한평면과일측면두평면 모두축방향강성도가크게나타났다(Table 1, 2).

링의위치에따른효과는링을골절부에서먼쪽에 설치한경우가골절부에가까운쪽에설치한경우보다 7가지 형태 모두에서 축 방향 강성도가 증가되었다. 측면 방향 굽힘 강성도 역시 증가되었으나 증가정도가 약 2-11%로 축방향 강성도에 비하여 상대적으로 변화가 작았다. 전후 방향 굽힘 강성도는 모델의형태에따라다양한결과를보였다.

5가지기본형태중 1, 2번모델을응용하여핀수를 6개에서8개로늘린 6, 7번형태와 2번형태를비교하여 측정한 링의 크기에 따라 효과를 검토하였다. 여기서 작은 크기의 링을 사용한 경우는 뼈와 핀을 고정하는봉들간의거리가짧음을의미한다. 링의직경이 작을수록 각강성도들은 커지며 특히 8개의 핀을 사용한 일측면 두평면 구조인 6번 형태에서 링을 가운데 또는 끝에 설치한 경우 모두에서 1,864Ncm/cm와 2,202.2Ncm/cm로 그 효과가 가장 크게 나타났다(Table 3). 다만 1번형태의응용인 7번형태에서는일측면한평면구조에서제한된공간에서가운데링을 설치할 수 없었기에 실험적 제약이 있었으며, 축 방향강성도는링을끝에설치하면서작은링을설치한 경우에서 오히려 작게 나타났으나, 전후 측면 굴곡 강성도는큰크기의링을사용한경우보다크게나타났다(Table 4,5).

고 찰

1897년에 Parkill이최초로대퇴골절을다루기위하여경피부성나사(transcutaneous screw)를삽입하여골절부를안정화시킨이래로외고정장치의강도를증가시키기위한여러가지연구가있었는데 1950년대 Hoffman과 Paoul[5]은의공학적기초에따른골정복술(osteotaxis)을 연구하였고, Vidal 등[11]은 이 개념을 확장시켜 외고정장치에 압박나사를 결합한 장치를 개발하여현재까지외고정장치의기본 모델로다양하

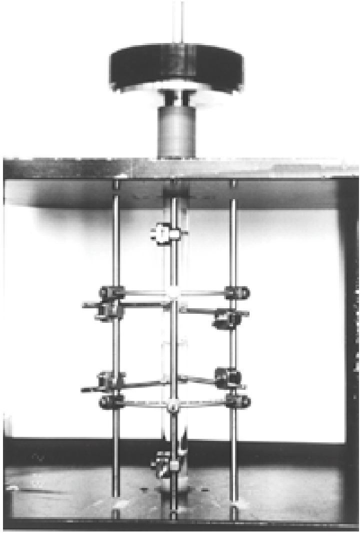

Fig 2. Axial compression test for external fixator

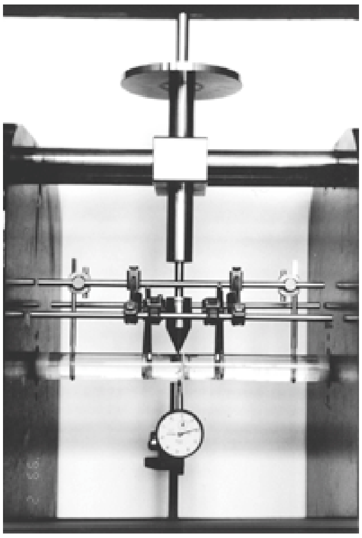

Fig 3. Anterior-posterior bending test for external fixator

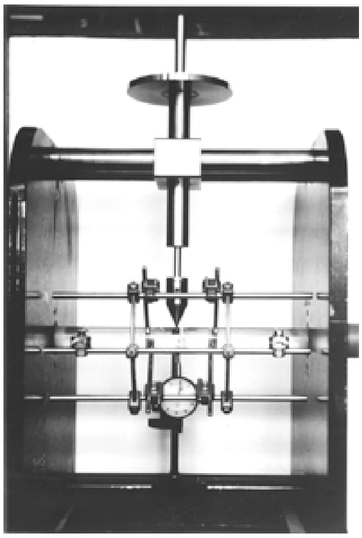

Fig 4. Lateral bending test for external fixator

게이용되고있다. Jorgensen[7]은경골에직접 Hoffman 장치를설치하고half pin과 single frame의배열이중요함을설명하였으나, 강도에영향을미치는구성부위 특성에대하여는설명하지못하였으며 Burney 등[3]은 연결봉에측정자를이용골절부를검사하여하중에 대한변화를기록하였다. 외고정장치의 강도에영향을 미치는 인자는 수없이 많을 수 있는데 Brigg와 Chao[2]는 외고정장치 강성도를 측정하기 위한 실험에서매개변수로핀의 수, 핀의 직경, 연결봉의간격, 핀의간격, 핀과골절편의거리, 연결봉의수, 봉의대칭여부등을선택하여연구한결과고정장치의강성도는 핀의 형상, 재료, 배열에 따라 달라진다고 하였으며, Behrens 등[1]은일측면 한평면과 일측면두평면의 외고정장치에 의한 전후, 횡방향의 굴곡 강도를 실험하여골편사이의핀간격이크면서골에 장축방향으로가깝게연결봉을위치한 전방한평면외고정장치가가장효과적이라고하였다. 본연구에서는본교실에서 새로이 개발한 외고정장치(Anyfix)를 이용하여고정핀, 봉의수, 링의위치, 링의크기를매개변수로 정하고 이에 따라 7가지 형태의 외고정장치를 설치하고 각각의 형태에 일정한 하중을 가할 때 3가지 강성도(축방향강성도, 전후방향굴곡강성도, 측면 방향 굴곡 강성도)를 측정하여 실제 임상에서 유용하게사용하고자하였다.

먼저 같은 수의 핀과 봉 그리고 같은 크기의 링을 사용한 경우, 일측면한평면 구조인 1, 4번 형태에비해 일측면 두평면 구조인 2, 3, 5번 형태에서 축방향 강성도에서 400% 이상 높은 강성도를 보였다. 이는 기존의 단축성 외고정기구를 이용한 생역학적 연구들[2,8,9]에서 삽입된 핀의 수가 많을수록 또는 직각으로삽입된경우에서골절부위에안정성이있다고 설명된바와같이, 일측면두평면에서의핀의고정이축방향 강성도를 크게 증가시켰다고 생각되며 편심골절 구조인 4, 5번 형태에서도같은결과를보였다. 또한전후방향굽힘강성도에서도일측면두평면의구조가일측면한평면구조에비하여 50 400%이상크게 나타났고 측면 방향 굽힘 강성도 역시 유사한 결과가나타나골절부의안정을위해서는일측면두평면구조가일측면한평면구조에비하여골절부위치에관계없이훨씬강도가높다고생각되었다.

링의 위치에 따른 효과는, 링을 골절부에서 먼 쪽에설치한경우가골절부에서가까운쪽에설치한경

우보다기본 5가지형태의 모형모두에서, 축방향강성도가최하 5.4%에서최고 58%까지향상되었다. 측면 방향 굽힘 강성도는 역시 골절부에서 먼 쪽에 링을 설치한 경우에서 향상된 결과를 보였으나 최하 3%에서 최고 12%로 링의 위치에 따른 변화는 축 방향 강성도에 비해 상대적으로 작게 나타났다. 전후방향 굽힘 강성도는 일측면 한평면 구조인 1, 4번 형태에서는향상되었으나일측면두평면구조인 2, 3, 5번형태에서는오히려감소하는경향을보여링의위치와는상관관계가적음을알수있었다. 외고정장치에서 링의 위치는 축방향 강성도에 가장 큰 영향을 주었으나 상대적으로 다른 변수에 비해 외고정장치의강성도에영향을주는중요인자는아니라고판단되었으며, Briggs와 Chao[2]는 Hoffmann-Vidal기구를이용한 생역학적 연구에서 외고정장치의 강성도는 사용된 핀의 수가 많을수록, 직경이 큰 핀을 사용했을 경우, 연결 봉의 거리를 줄일수록 증가하고, 반면에 핀군 간의 거리나 비대칭 구조는 큰 영향이 없다고 하였다. 이에 따라 임상적으로 연부 조직 손상이 동반된개방성골절인경우, 같은조건이라면외고정장치의강성도를유지하면서링의위치를조직손상부위를 피하여 위치시킬 수 있다고 사료된다. 그러나 실험에서얻어진기본적인구조적원리에 의하면가능한 골절부에서 먼 쪽에 링을 설치해야 골절부 및 외고정 장치의 안정도를 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다.

링의크기와고정시사용된핀의수와형태도강성도에영향을주는요인인데링의크기를달리해서사용한경우는뼈와핀을고정하는봉들간의거리에따른효과와같은의미라고할 수있다. 인등[6]은 3가지 형태의 외고정기에 대하여 유한요소법에 의한 이론과실험적해석을 통하여사용한핀의 수, 핀의직경, 핀군 간의 분리 거리 그리고 골절 모형과 핀간의 거리를 변화시켜 강성도를 비교한 결과 표준상태에서 각 인자의 변화에 대한 강성도는 모형 뼈와 핀 결합부 거리를 증가시킬 경우 축 하중과 전후 굽힘 하중에서각각 52%, 39%의강성도감소가있었고, 핀수는 2개에서 3개로 증가시켰을때비틀림하중이 38% 증가한 것 이외에는 현저하지 않았다고 하였다. 또 송등[10]은 한국형과 미국형 일리자로프의 생역학적 비교연구에서강선만을사용한군보다 half-pin과강선을사용한구조들, half-pin만을사용한구조들에서압박 강성도는 1.5배, 굽힘 강성도는 1.5-2배 더 크다고 하여골절부위의치료목적에따라핀과강선을이용한혼합형의중요성을강조하였다. Green[4]도 역시같은결과를보고하고있다.

본실험에서도역시 6개의핀을사용한 1, 2번형태와, 8개의핀을사용한 6, 7번형태를비교한결과, 6개의 핀을 사용한경우보다 8개의 핀을 사용한 경우에서세가지강성도모두증가된양상을보였다. 또한 3가지크기의 링을 각각 사용한 경우, 시험된 모든 형태에서 가장 작은 링을 사용한 경우에서 3가지 강성도가모두향상되었으며, 특히 8개의핀을사용하고 링을골절부에서먼쪽에설치한일측면두평면구조인 6번형태에서가장 큰강성도가얻어졌다. 따라서 골절부로부터의연결링의거리와핀의수가강성도에있어서매우중요한인자라고판단되었다. 다만 8개의핀을사용한 일측면 한평면 구조인 7번 형태에서는구조적으로링을가운데에설치할수없기때문에링을가운데설치하여실험한타형태와의실험과 비교하기에 제약을 받을 수 밖에 없었다. 그러나 끝에링을설치하여실험한경우에서다른형태들과는 다르게 8개의핀을이용한 7번형태에서작은크기의 링을사용한경우가오히려중간크기의링을사용한 경우보다축방향강성도가작았는데, 이는아마도핀의수를늘린다하더라도일측면한평면배열상에서 축방향하중을 주었을 때 외고정장치로서의 기능이 유지되지 않음을 시사한다고 판단되었다. 이외에도 본 실험에서 시행하지는 않았지만 외고정장치의 강성도에영향을미치는다른여러인자들에대한연구도향후지속적으로시행하여임상에유용하게적용하고자한다.

결 론

봉과핀그리고링으로구성되는외고정장치에서각요소들의배열과구조에따른기계적성질을검토하기 위한실험을수행하여다음과같은결론을얻었다

(1) 일측면두평면 구조로배열된외고정장치는 일측면 한평면 구조인 경우에 비해 시험한 3종류의강성도들이매우증가하였다.

(2) 골절부에서멀리떨어진위치에연결링을설치한 경우, 압축 강성도와 측면 방향 굽힘 강성도는증가하였으나상대적으로전후방향굽힘강성도는다양한결과를보였다.

(3) 작은 크기의 링을 사용한 경우에서 큰 크기를 사용한 경우보다 3종류의 강성도가 모두 증가하였다.

(4) 핀의 수를 증가시킨 경우 역시 3종류의 강성도들이증가하였다.

이러한실험적결과는개방성골절치료시외고정장치의배열에기초적이며 유용한자료로사용될수 있을것으로사료된다.

REFERENCE

1) **Behrens F, Wesley DJ, Thomas WK and Nebojsak** : Bending stiffness of unilateral and bilateral fixator frame. *Clin Orthop*, 178: 103-109, 1983.

2) **Brigg BT and Chao EYS** : The mechanical performance of the standard Hoffmann-Vidal external fixation apparatus. *J Bone Joint Surg*, 64-A: 566-573,1982.

3) **Burny F, Rabischong P, Adrey J and Peruchon E** : Principles biomchanique du fixateur externe. *Montpelliar chir*, 6:529-535, 1971.

4) **Green SA** : The ilizarov method, Rancho technique. *Orthop Clin N Am*, 22-4: 677-688, 1991.

5) **Hoffmann and Paoul** : Osteotaxis, osteosynthesis, externe par fiches et rotules. *Acta Orthop Scandinavica*, 107:72-88, 1954.

6) **In JC, An Mh, Seo JS, Lee JH, Song JI and Kang YH** : Biomechanical study of rigidity in the external fixator. *J of Korean Orthop Surgery*, 25-2: 535-544, 1990.

7) **Jorgensen T**E : Measurement of stability of crural fracture. *J Bone Joint Surg*, 32-A: 466-467, 1950.

8) **Kempson GE and Campbell D** : The comparative stiffness of external fixation frames. *Injury*, 12(4): 297-304, 1981.

9) **Seligson D, Power G, O Conell P and Pope M** : Measurement of fracture gap motion in external fixation. *J Trauma*, 21-9: 798-801, 1981.

10) **Song HR, Rho JY, Cho SH, et al** : Biomechanical analysis of korean ilizarov fixator. *J of Korean Orthop Surgery*, 32-2: 332-339, 1991.

11) **Vidal J, Rabischong P, Bonnel F and Adrey J** : Etude biomechanique du fixateur externe d' Hoffmann dans les fracture de jambe. *Montpelliar chir*, 1: 43-52, 1970.

Abstract

Mechanical Properties of External Fixator according to Its Arrangement and Structure

Hong Jun Han,M.D., Byung Chang Lee,M.D., Yeung Jin Kim,M.D., Byung Soo Jin,M.D. and Gun Hyee Lee,Ph.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Wonkwang University Hospital, Iksan, Korea
Department of Mechanical Engineering, Wonkwang University, Iksan, Korea

Purpose : To obtain the accurate knowledge of the fundamental mechanical properties of the external fixator affected by variations in arrangements and structures.

Material and Method : We used newly developed external fixator, Anyfix, universal testing machine and plastic padding bone model which had similar structural properties to human tibia. The measured performance for seven different configurations of external fixators was its ability to control the motion of the bone fragment at the fracture site. Based on a unit of applied load, the corresponding displacement measured at the fracture site was used to described the stiffness of the fixation device for each load. Three stiffness moduli can be determined as axial stiffness, anterior posterior bending stiffness and lateral bending stiffness.

Results : In basic configuration, all three stiffnesses for unilateral two plane external fixator showed marked increase than those for unilateral one plane model. Axial compression stiffness and bending stiffness were increased when ring component were located far from the fracture site. In modified configuration, all three stiffnesses were increased when the number of pin was increased and small sized ring was used.

Conclusion : The stiffness of the external fixator can be substantially increased by using unilateral two plane, locating the ring at far portion from the fracture site, using a small sized ring and increasing the number of pins.

Key Words : External fixator, Biomechanical study, Stiffness