

# 大腿骨骨髓腔の形態と髓内釘骨折治療法 (Küntschler) との関係について

金沢大学医学部整形外科教室(主任高瀬武平教授)

原 田 誠

(受付昭和42年5月11日受付)

本論文の要旨は、1963年9月第21回中部日本整形外科災害外科学会において、またその一部は1959年3月第32回日本整形外科学会総会において発表した。

大腿骨々折治療に対して、Küntschler<sup>1)2)</sup>が1939年髓内固定法の利点を実証して以来、本法は急速に発達した。昭和34年野村及び著者は金沢大学整形外科の大腿骨々折に対する髓内固定例を検討し、4点固定の必要性、更に Bohrung の重要性を強調した。一方基礎となる大腿骨自体の形態についての研究は、R. Martin<sup>3)</sup>、J. Grunewald<sup>4)</sup>、平井、田幡<sup>5)</sup>、砂田<sup>6)ら7)8)</sup>の解剖学者により実際に骨格について、また和田<sup>10)</sup>、甲斐<sup>11)</sup>は生体のレ線影像により測定しているが、いずれも大腿骨の外部の形態についての検索であり、Küntschler 髓内固定法を行なうに特に必要な大腿骨の解剖学的な必要点は、大腿骨々髓腔の形態及び大腿骨自体の彎曲である。これに対しては大腿骨の骨髓腔の形態は L. Böhler<sup>12)</sup>が彼の手術書に触れているが、重要な骨髓腔最狭部は骨幹中央より軽度中枢部に存在すると述べておるのみにて、その他の詳細な所見は不明である。また大腿骨の彎曲は上記の解剖学者の一部が述べているが、いずれも A. H. Ried の分類による 1) gekrümmte Femora, 2) geknickte Femora, 3) geradlinige Femora の3形態に分類してあるのみである。

著者は、大腿骨髓内固定法に必要な大腿骨の部位を計測、観察し、臨床面での日本人の大腿骨髓内固定法に必要な釘の大きさ、長さ、及び注意点を見出さんと試みた。

また著者の測定は屍体大腿骨についてであるが、実際には手術の対象は生体であり、その時の大腿骨及び骨髓腔の形態はレ線影像によるものであるから、同一屍体大腿骨のレ線影像を求め、骨標本との差を特に骨

髓腔につき測定観察した。

## 研究材料及び研究方法

### 1) 研究材料

金沢大学医学部解剖学教室の屍体46体の健常成人大腿骨を使用した。年齢は22歳より86歳にわたり、平均62歳であり、高年齢に偏している。男女比は25:21である。

### 2) 研究方法

a) 大腿骨大転子長: 大転子最高点から両側髁下面を結ぶ線の中点までの長さを大腿骨大転子長と定め(図1) Martin の計測法に準じて計測した。即ち中央に直線を引いた板の一端に垂直に更に1枚の板を立



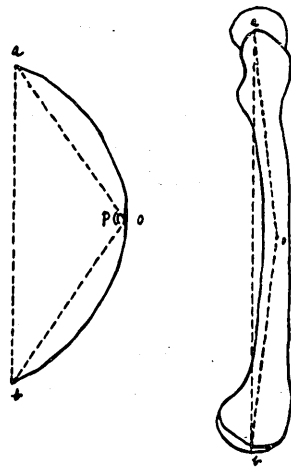
図 1

Morphological Study of the Medullary Canal of Human Adult, with Special Reference to the Relation of Medullary Nail for Fracture Treatment. Makoto Harada, Department of Orthopaedic Surgery, (Director: Prof. B. Takase). School of Medicine Kanazawa University.

て直線に垂直に割を入れ、この割の中を曲尺が自由に移動できる装置の上に大腿骨軸が直線に一致するように大腿骨を横たえ、割の中の曲尺の軸を大腿骨に平行とし、曲尺の直角に曲る他端を大転子頂部に置いた。かかる時は大腿骨と曲尺と垂直板とは矩形を形成し、曲尺の数値を読むことで大腿骨大転子長を計測した。

b) 彎曲度：大腿骨大転子頂点と両髁下下面を結ぶ線の中点を両端とし、その両端を結ぶ直線を弦とし、大腿骨の横断面の中点を結ぶ曲線の円弧を作製すれば、この円弧上の任意の点に円周角を測定できる。この円周角を彎曲度とした(図2)。大腿骨々幹上の上1/3, 中点, 下1/3部をそれぞれ関節角度計を用いて測定した。

図 2



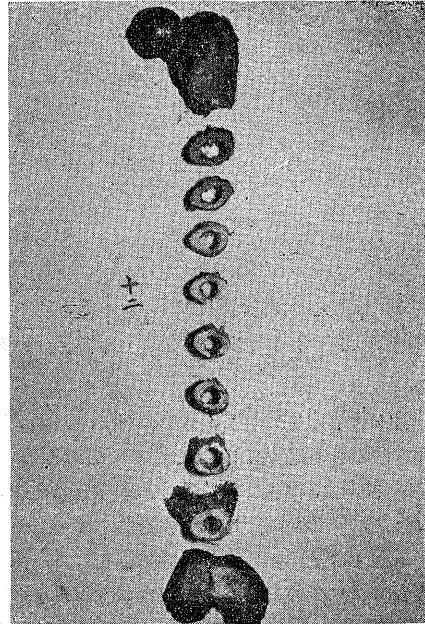
c) 骨髓腔形態：大腿骨を矢状面に鋸(厚さ 1mm)を用いて縦断し、肉眼的に骨髓腔を形成する骨梁及び骨皮質の形態を観察した。骨髓腔の全体の形態を観察するため歯科用アルジックスを用い無圧印象にて骨髓腔を造形した。

d) 骨髓腔及び骨皮質の幅：縦切断骨片を接着剤を用いて復元し、小転子基部と大腿骨長軸中点間を4等分、長軸中点間と末梢側骨端線間を4等分に横断した(写真1)。骨端線は膝関節囊附着部上端に一致するものと見做した。切断された各骨片を中枢側より末梢側への順に第1, 2, ……第10切断区とし、第1より第9切断区のそれぞれの下面を第1, 2, ……第9切断面とした。

それぞれの切断面の皮質、骨髓腔、骨横形を矢状面、前額面につきノギスを用いて計測し、前額面計測値には縦切断の際の鋸の幅 1mm を補正した。

e) レ線計測：大腿骨鋸断に先立ち、第1 ……第9

写真 1



切断面に鉛の印を貼用し、フィルムに大腿骨を密着し、焦点フィルム間距離 150cm, 52~56 KVP, 島津製作所製山城号X線装置を使用して大腿骨の矢状、前額両方向を撮影し、骨計測と同一の方法により、皮質、骨髓腔、骨横径を計測し、骨自体の計測値と対比した。同時にレ線影像所見と骨自体の観察所見と対比した。骨梁を描出するため反対側大腿骨を 1cm 間隔に横断しレ線フィルムに密着撮影した。

研究成績

1) 大腿骨大転子長

男子は最長 435 mm 最短 355 mm 平均 390 mm, 女子は最長 415 mm 最短 335 mm 平均 368 mm であり、男女の差は最長, 最短, 平均共に 20 mm である(表1)。

2) 彎曲度

前額面では特に数的に測定できる彎曲を示す標本を

表1 男女別大腿骨大転子長

単位 mm

	男	女	差
最長	435	415	20
最短	355	335	20
平均	390	368	20
平均	380		

認めなかった。矢状面では、男女間には有意の差なく上1/3部では最大角 176° 最小角 163° 平均 169.6° であり、中央部では最大角 174° 最小角 162° 平均 168.6°、下1/3部では最大角 176° 最小角 161° 平均 167.6° を示し、一直線を示すものもないが特に病的と思われる彎曲度を示すものも認めなかった。一般に下1/3より下方で彎曲度は高くなる (表2)。

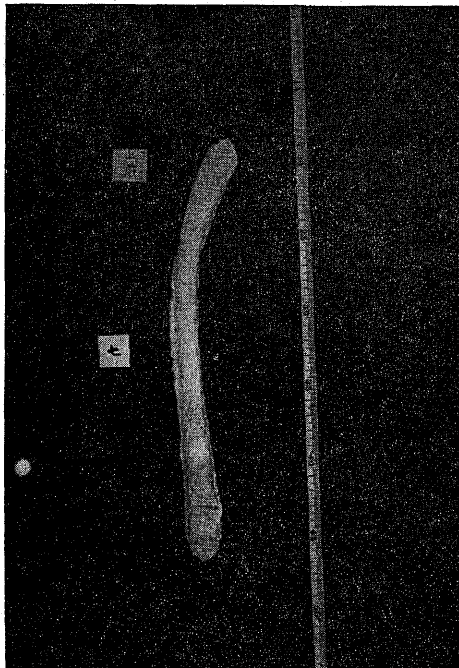
表2 彎曲度 (矢状面)

		上 1/3	中央部	下 1/3
平均		169.6°	168.6°	167.6°
最大		176°	174°	176°
最小		163°	162°	161°

3) 骨髓腔形態

骨髓腔は写真2の如く、上下に2個の膨大部を有し、上部膨大部は第2切断区に在り、下部膨大部は第7, 8, 9切断区に存在する。上部下部共に膨大部より円錐形をなして中枢側では大転子頂点より平均 4 cm, 末梢側では骨端線附近で骨髓腔が閉されている。

写真2 歯科用アルジックスを用いて造型した骨髓腔形態



骨髓腔横断面は円形が多いが、橢円形をなすものは約1/3に認められ、その中第3, 4, 5, 6切断面では矢状面に長径を有するものが大部分 (90.3%) であり、第1, 2, 7, 8切断面では長径が矢状面に存在する

もの及び前額面に存在するものの例数はほぼ同数であり、算術平均値で比較すれば円形に近くなる。第9切断面では骨髓腔の存在するものは全例において矢状径が長い (表3)。

表3 横断面形態

切断面	骨髓腔				骨				
	形	円		形	橢円形		左の橢円形の長軸の傾き	内後方より前方	内前方より後方
		形	長軸が矢状面に近く存在		形	長軸が前額面に近く存在			
1	26	13	8	15	2	29		10	
2	32	9	5	10	6	30		13	
3	31	13	2	19	11	16		3	
4	26	19	1	26	11	9			
5	27	18	1	29	16	2			
6	28	15	3	27	14	5			
7	21	16	9	27	7	16			
8	19	20	7	4		42			
9	1	15				46			

(橢円形: 長短軸の差が 2 mm 以上を橢円形とする)

骨髓腔表面は平滑でなく突出骨梁により凹凸があり、この凹凸の程度は標本により不同である。

上部下部膨大部の間は狭部を形成し、最狭部は第4切断区即ち上中1/3境に存在する (表4)。

4) 骨皮質及び骨梁

骨皮質の硬さ、厚さ及び骨梁の発達程度は標本により全く一定しない。一般には骨皮質は第4, 5切断区に即ち骨髓腔最狭部が最も厚くなっている。同一横断面では各切断区共に前面が最も薄く、内側面、後面が最も厚い。骨皮質内に多数の空隙を有する標本を10例に認め、年齢は70歳より86歳にて男子4名、女子6名であり、いずれも高齢者であるが (写真3) 中には84歳、68歳男子で骨皮質も厚く緻密であり、粗鬆化を全く認めない2例があり、高齢者は必ずしも骨粗鬆化を伴わず、従って骨は脆弱であるとはいえない。

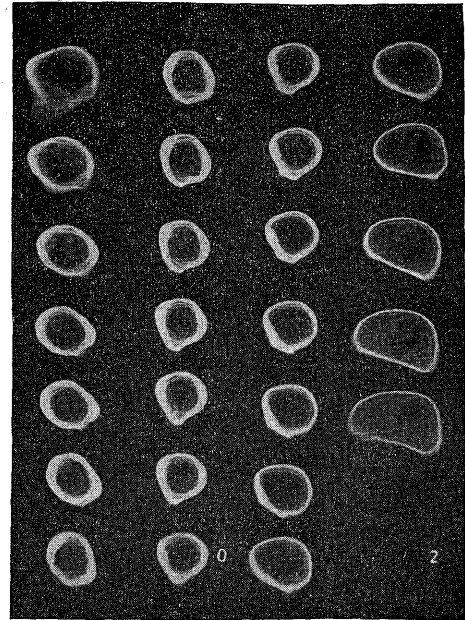
骨皮質より骨髓腔に板状または枝状に突出する骨緻密質を骨梁とした。この骨梁は上方では小転子基部より全周にわたり上行し、次第に幅を増し、ほぼ大転子頂点より下方 4 cm で全周の骨梁は交叉し、それぞれ大腿骨頸部、大転子の骨梁に移行する。骨幹中央部骨梁は存在しない標本が多いが、存在する標本でも骨梁の幅は小さい。中に1例最狭部附近で厚い板状骨梁で一小部分のみ突出している標本と、1例の細い骨梁が

表4 大腿骨横断計測平均値  
単位 1/10 mm

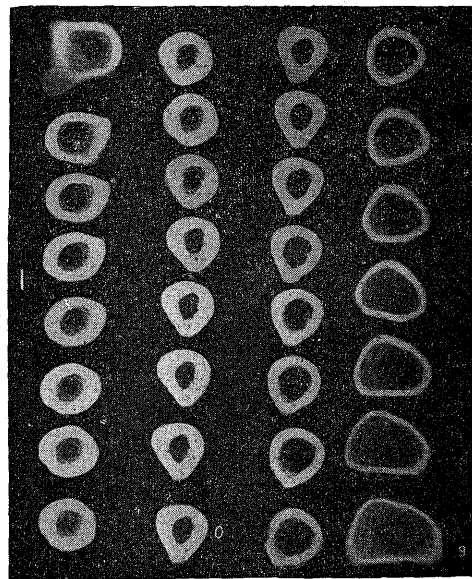
	骨髓腔径	皮質		骨梁		骨横径	
		前内	後外	前内	後外		
第1切断面	矢状径	163	34	33	17	33	267
	前額径	162	49	45	34	28	299
	最長径	202	46	44	34	62	334
	最短径	145	38	57	22	22	281
第2切断面	矢状径	154	41	48	3	11	242
	前額径	153	62	60	7	4	279
	最長径	184	43	41	26	20	281
	最短径	150	33	35	17	27	226
第3切断面	矢状径	143	46	59	5	12	252
	前額径	136	65	61	5	6	261
	最長径	174	35	61	0	0	274
	最短径	113	27	35	28	28	202
第4切断面	矢状径	146	44	64	6	9	259
	前額径	126	66	67	3	4	267
第5切断面	矢状径	149	41	69	5	6	261
	前額径	128	62	61	2	3	253
第6切断面	矢状径	159	40	62	5	5	265
	前額径	144	53	52	3	4	252
第7切断面	矢状径	176	37	48	10	5	264
	前額径	181	44	40	11	14	270
第8切断面	矢状径	192	30	32	28	12	274
	前額径	215	32	28	56	54	323
第9切断面	矢状径	162	16	20	41	41	279
	前額径	212	18	16	192	152	453

網目状となっており柔い海綿状をなしている標本を各1例例外的に認めた。中央部より上方では骨梁はすべて縦走しているが、下方では中央部よりの骨梁は次第に厚みを増し、第7切断面区より下方で内側より前方及び前下方に横走及び斜走する骨梁と外側より後方及び後下方に横走及び斜走する骨梁が下方に行くに従って横径を増大し、第8、9切断面区では非常に、特に内側外側骨梁が厚くなり、そのために第8、9切断面区の骨の横断形態は前額径が遙かに長い楕円形であるが、骨髓腔の形態は比較的円形に近づいている。第9切断面区では標本の65%が、また第10切断面区ではすべての標本が骨髓腔周囲の骨梁は厚くなり互に接合し、そのために骨髓腔は閉鎖され、密な骨梁網で満たされている。この横走及び斜走骨梁は高齢者ほど横走骨梁が太く著明に認められ、比較的若年者では斜走骨梁が密であり、横走骨梁は細く著明でない。

写真3 高齢者、壮年者の骨横断レ線像



70歳男子



31歳男子

小転子基部より膝関節囊上部まで1cm間隔の横断レ線像：高齢者は一般に骨皮質は薄く且つ空隙形成を認める。骨梁は下部と上部の髓腔の広い所に発達している。

5) 各横断面における骨髓腔と骨形態の関及び長径の矢状径に対する関係

表3の如く、第1、2切断面では骨の約半数は前額面に長径を有するが骨髓腔は円形を呈するものが多

い。長径は骨及び骨髓腔の内側前方より外側後方に矢状軸に対し 30° より 55° の角度をなす標本が20%ある。第3切断面では骨及び骨髓腔共に後述の中央部の形態に近づく、第4、5、6切断面では骨及び骨髓腔共に円形に近い形態が多いが、矢状軸に長径を有する標本は30%に認められた。骨髓腔で前額面に長径を有する例外が1例あった。第7切断面では骨及び骨髓腔共に前額軸に長径を有する標本数はそれぞれ16、9となり、矢状軸に長径を有する標本数の7、16に数値の上で接近するが、円形を呈する標本がそれぞれ27、21存在しなお多い。第8、9切断面では骨はすべて前額面に長径を有するようになるが、骨髓腔は第8切断面で矢状軸に長径を有する楕円形の標本が円形を呈するものとほぼ同数である。第9切断面では30例の骨髓腔が閉鎖していた。第4切断面以下では最長径はすべて矢状軸或いは前額軸に一致していた。

6) 骨横径

第2切断面矢状面に一般に最狭部を形成する(表4)。但し第3切断面にて矢状面に対して35°の方向に最短横径を有する4%の例外を認めた。それぞれ矢状面径より0.9mm、1.1mmの差を示した。

7) 骨髓腔、骨横径の男女差

女子は男子に比し骨髓腔、骨横径共に僅かに低く、女子の第9切断区の骨髓腔は著しく男子に比し狭くなっている(表5)。

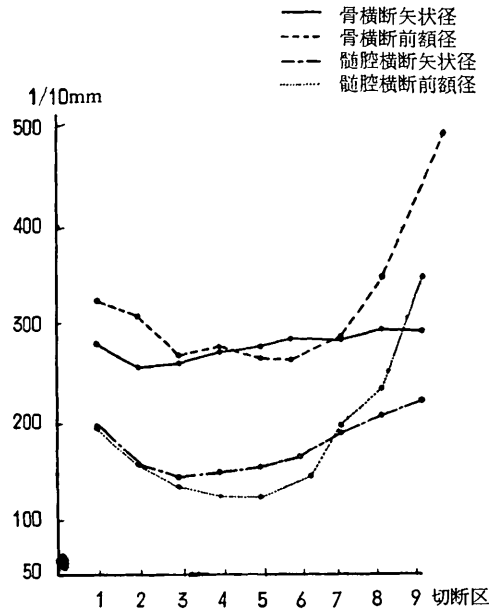
8) レ線像

軟部組織を除去した骨自体をレ線フィルムに密着撮影してあるので生体レ線像に比し鮮明である。このレ線影像による計測では骨髓腔は骨標本計測値に比し、第4切断面前額面(骨髓腔最狭部)で0.5mm、第9切断面前額面で22mmの増大を示し、この値は骨標本計測値の骨梁の幅にはほぼ一致する(表6、4)。レ線影像で我々の撮影条件下では骨梁の描出は困難であり、その値だけレ線像では骨髓腔は広く見える。骨幹中央部で骨梁が局所的に突出していた異常型も、骨髓腔末梢部に骨梁が強く発達している標本も、同一骨よりのレ線像との比較において、レ線像にては骨梁の突出、骨梁の発達の程度は共に識別し難い(写真4)。

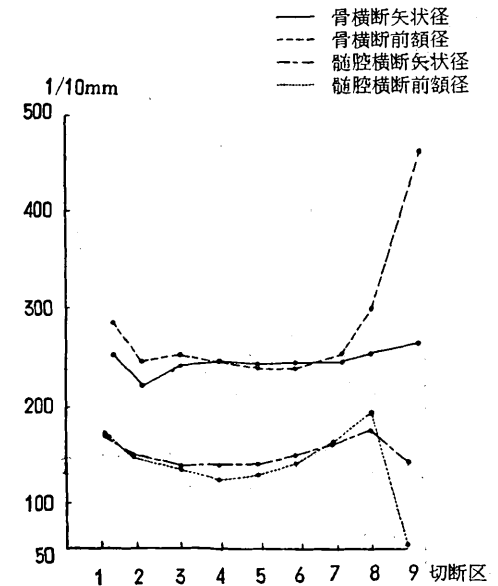
骨横径のレ線像計測値は骨標本計測値と一致し、第2切断区矢状面に最狭部を形成している。1cm間隔の横断レ線像では小転子附近では小転子前面に板状のよく発達した骨梁を見、骨幹中央部では骨梁は0.2mm程度の非常に薄い存在であった。末梢例では内外側特に内側に横走骨梁が発達し、横楕円形の骨の骨髓腔を円形に近づけている。

9) 生体レ線像との比較

表 5  
男子大腿骨横断面計測平均値



女子大腿骨横断面計測平均値



臨床上一般に大腿骨撮影に使用される撮影条件はフィルム焦点間距離 100 cm, 52~56 KVP である。レ線陰影の大きさは  $S = G \frac{a+b}{b}$  (S: 陰影の大きさ, G: 目的物の大きさ, a: 目的物-フィルム間距離, b: 焦点目的物間距離) で表わされる。この数式より大腿の厚さを 20 cm と仮定すれば a: 10 cm, b: 90 cm, G: 一定であるから臨床大腿骨レ線影像は約11%

表6 大腿骨レ線像計測平均値  
単位 1/10 mm

	骨髓 腔径	皮 質		骨 横 径	
		前内	後外		
第1切断面	矢状径	220	32	22	275
	前額径	224	53	45	319
第2切断面	矢状径	162	40	43	243
	前額径	166	65	67	295
第3切断面	矢状径	154	42	54	250
	前額径	144	68	68	278
第4切断面	矢状径	153	43	60	256
	前額径	131	69	67	265
第5切断面	矢状径	154	44	64	258
	前額径	131	69	63	257
第6切断面	矢状径	164	40	60	264
	前額径	154	53	51	268
第7切断面	矢状径	186	37	46	266
	前額径	206	39	34	278
第8切断面	矢状径	217	28	36	280
	前額径	282	25	23	329
第9切断面	矢状径	288	16	30	325
	前額径	437	17	16	468

実体より増大して描出されていることになる。

骨標本計測値で骨髓腔最狭部は第4切断面前額面で12.6 mmであるから生体レ線像では上述の計算式より14.0 mmの幅を示す筈であり、骨髓腔の実際の値12.6 mmより1.4 mmの増大を示していることになる。且つ、前述の骨梁の幅0.5 mmは我々の撮影条件下では描出困難であったことより、同一の条件である臨床レ線像も骨梁は描出されていないと考えねばならない。従って1.4 mmのレ線影像上の増大と0.5 mmの描出困難は骨梁の和の1.9 mmは骨髓腔最狭部における見せかけの骨髓腔の増大である。

第2切断面矢状面に存在する骨横径最狭部も前述と同一の計算により4.7 mmの見せかけの増大を生体レ線像は示している。

以上は目的物(大腿骨)―フィルム間距離即ち  $a$  を10 cmと仮定した場合の計算であり、この距離が大となれば(肥満が強くなれば)それに比例して増大の%は上昇する。

#### 10) 4点固定の必要性

金沢大学整形外科にて昭和29年より昭和33年まで5年間に行なった大腿骨の髓内固定は43例で、その中治療まで経過を観し得たものは38例で、その内容は表7の如く仮関節及び遷延治療が計8例21%を占めている。

写真4 標本の点状断と同一標本レ線像との比較



中央部以下の強い突出骨梁も同一標本のレ線像にては識別困難である。

表7 大腿骨々折髓内固定治癒率

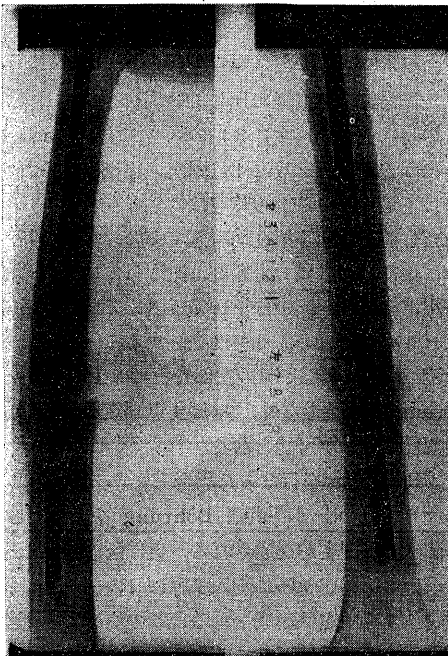
種 別	例 数	%
正 常 治 癒	30	78.9
仮 関 節	5	13.2
遷 延 治 癒	3	7.9

この原因を調査すると表8の如く、開放重複骨折が2例あり、1例は化膿を合併し、他の1例は中間骨片が壊死に陥ったものである。

表8 成績不良例の原因

種別	項 目 症 例	開骨 放折	重骨 複折	化 膿	髓 内 釘			
					屈 曲	折 損	縦 移 動	横 移 動
仮関節	S.K.	+	+	+				
	T.N.							+
	K.N.				+	+		
	S.N.	+	+					
	K.O.						+	
遷延 治癒	S.K.							+
	T.S.							+
	M.A.					+		

写真 5



T.N. 例 術後8カ月にて釘は左右に動揺し、骨折部は仮関節形成

その他の6例はすべて髓内釘の不適合による症例で、早期負荷を許可せる所、釘の高度の屈曲を生じ、更に折損せるものが1例あり、また釘が縦軸に移動せるものが2例で、その1例は著しい斜骨折で釘が運動により大転子より抜けかかってきたものである。残りの3例は下1/3の骨折で、下骨片が釘により固定できず横軸に移動するために起ったもので、以上はすべて髓内釘が骨髓腔に比し細すぎることがわかった(写真5)。

手術直後の骨長軸に対し治癒時の骨長軸の屈曲度を測定した。骨折部位では(表9)成人の場合下1/3に屈曲の発生率が高く、この部位が髓内釘のみで固定し難いことを示している。ただ表に見る如く、小児では中1/3に屈曲の発生率が高いが、この原因には負荷、補助固定その他多くの因子が関与するものと考えられる。

表9 骨折部位と屈曲度の関係

	部 位	例数	屈 曲 度			計	%
			2-4°	5-9°	10° 以上		
成 人	上1/3	6	0	0	2	2	33
	中1/3	9	0	1	1	2	22
	下1/3	6	1	2	0	3	50
小 児	上1/3	8	0	0	0	0	0
	中1/3	9	2	1	0	3	33
	下1/3	2	0	0	0	0	0

骨折部の骨髓腔と髓内釘の直径の差が大なるほど、即ち髓内釘が細すぎるほど、髓内釘の張力が筋力や負荷に堪え切れず髓内釘自体の屈曲をきたす場合もあるが、更に髓内釘が屈曲しなくても、髓内釘の長軸或いは横軸移動が起り下骨片の固定が不充分となるので、当然骨軸の屈曲例は多くなり、また屈曲度も大となってくる(表10)。仮関節や遷延治癒の測定値では、殆んどが細い髓内釘を用いてあり、従って屈曲度も大であった。

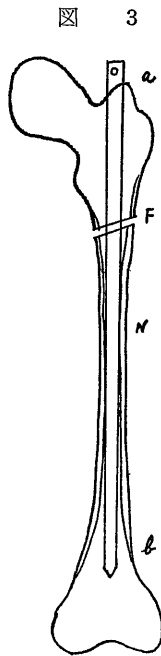
表10 骨折部骨髓腔と釘の径差と屈曲度の関係

径差 mm	例数	屈 曲 度			計	%
		2-4°	5-9°	10° 以上		
0.5 以下	12	1	0	0	1	8
0.5 - 2	13	2	2	0	4	31
2 以上	12	0	2	3	5	42

以上の臨床例よりいえることは、髓内釘が細すぎれば仮関節、遷延治癒が多発することであり、且つ

Küntscher<sup>13)14)15)</sup>によれば、骨折治癒は骨折部位が絶対の安静を得ることによってのみ真の仮骨形成が促進されると論述している。髓内釘により骨折が固定されるためには、各骨片がそれぞれ最小限2カ所にて髓内釘に固定される必要がある。故に通常の骨折では上骨片、下骨片がそれぞれ2カ所、計4カ所にて固定されねばならず、ここに髓内固定法では骨折の4点固定の必要性が認められる。

今仮に大腿骨軸が直線であると仮定し、骨を *Bohrung* することなく髓内釘を挿入した場合の髓内釘の固定点を調査すると(図3:大転子挿入部(a)、骨髓最狭部(N)、骨折部(F)、大腿骨下端(b)とする)、a点は常に固定されている。



I 髓内釘がN部を満すに充分なる大きさの場合。この時はN点は常に固定される。

1) FがaN間にある場合(上1/3骨折)(図8)

上骨片はa点のみで固定で1点、下骨片はN点のみで固定で1点、計2点固定である故、4点固定の原則は守られず、上下両骨片とも理論的に可動性がある。

2) FがNにある場合(上中1/3境界部骨折)(図4)

上骨片はa点とN点で固定で2点で固定され、下骨片はN点のみの固定の1点であり、計3点固定である故、下骨片のみ可動性があるが、4点固定に近づくので、臨床例でも成績が良いことは予解できる。

3) FがNb間にある場合(下1/3骨折)(図5)

図 4

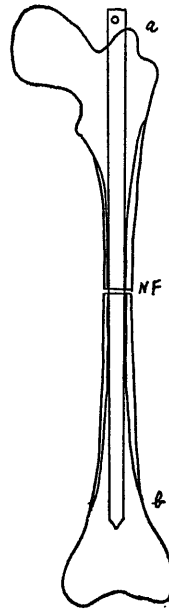
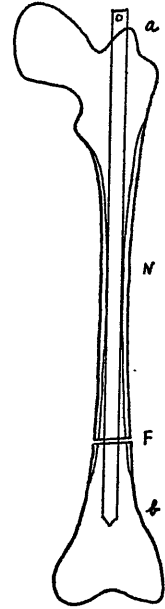


図 5



上骨片はa点とN点で固定され、2点固定であり、下骨片は全く固定点なく計2点固定である故、下骨片は固定されず著しい可動性を有することとなり、臨床本部位に仮関節の多発するのは当然である。

以上骨髓腔最狭部を満す程度の太さの髓内釘を用いても1) 2) 3) いずれの場合とも4点固定は行なわれず、骨折部の固定は不完全といえる。

#### II 髓内釘がN内径に比し細い場合

この時は上記1) 2) 3) の場合、すべてa点1点のみの固定となる。故に4点固定の原則が守られず固定点は不足しているから障害は当然多発する。

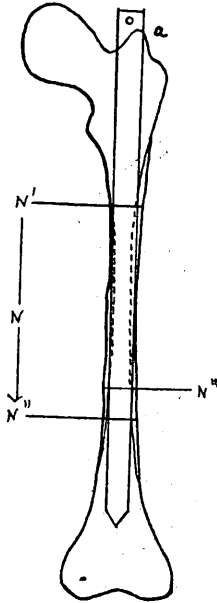
ただし前述の如く第9切断区で65%、第10切断区で全例に緻密な骨梁網で骨髓腔は閉塞しているから、髓内釘先端を第9、或いは第10切断区まで刺入することによりb点の固定をある程度企図することは可能である。かかる処置により最狭部骨折の時のみ骨を、*Bohrung* することなく、ほぼ4点固定と同様の条件を達成することが可能となる。

#### III *Bohrung* を行なった場合

今図6にてN'-N''間を*Bohrung*を行なえばN'-N''間は4点固定が達成される。更に髓内釘先端を第9、或いは第10切断区に刺入すればN'-N''間の骨折に対する4点固定は達成される。この場合骨を削り骨髓腔拡大を行なえば、それだけN'-N''間の長さの範囲は広がるわけであり、4点固定を達成するためには*Bohrung*は絶対必要な手段と考えられる。

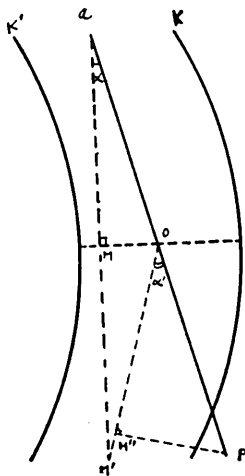


図 6



11) 大腿骨彎曲度と Bohrer 及び髓内釘との関係  
 大腿骨前額面では測定できる彎曲度を示さない故、Bohrer 及び 髓内釘の 刺入に際して問題点はない。矢状面では前述の如き彎曲度を有し、Bohrer 及び 髓内釘の 刺入に際しては当然次の点を考慮しなければならない。今仮りに全く撓屈性のない Bohrer を使用したとすれば、図 7 において、K、K'：骨の前壁、後壁、a：中枢側 Bohrer 刺入点（大転子）O：骨幹中央部の横断面の中心点、P 点：Bohrer の尖端、aM'：大転子長、M：aM' の中点にて  $\angle aMO$  は直角と考える。aO、OM'：中枢側、末梢側のそれぞれの骨

図 7



a：刺入点  
 o：骨幹中央部の  
 中心点  
 p：釘の尖端

軸の仮定線にて仮りに直線として取り扱う。

1) 今 a 点より M' 点に真直ぐに Bohrer を刺入すれば  $\triangle aMO$  において幾何学計算より

$$OM = aM \tan \alpha$$

$$aM = \frac{1}{2} \times \text{大転子長} = 190 \text{ mm}$$

$$\angle \alpha = 90^\circ - \angle aOM = 90^\circ - \frac{1}{2} \angle aOM' = 90^\circ - \frac{1}{2} \text{中央部彎曲度} = 5.7^\circ$$

$$\text{よって } OM = 18.85 \text{ mm}$$

即ち M 点は 骨幹中央部の 中点より 18.85 mm 外側に存在する。一方同部の骨の矢状軸の半径は実測値より 13 mm である。従って Bohrer は骨外側面より 5.85 mm 外側にあり、骨を突き破っておることになる。

2) a 点より骨幹中央部中点 O に向けて、即ち aM' 軸に  $5.7^\circ$  前方に Bohrer の方向を向け刺入した場合、末梢側の骨幹軸は中枢側と逆の方向、即ち後方に傾くため  $\angle \alpha' = \angle POM = 2 \times \angle \alpha = 2 \times 5.7^\circ$  となる。次に P 点を第 9 切断面の横の延長上に仮定し、P 点より OM' に垂線 PM' を下せば、 $\angle \alpha$  の値が小さいため OM' は OM' より僅かに数値は小さいがその差は 0.1% 以下と考えられる。また同様に MM' は OM' に較べて僅かに数値が小さいので、 $OM' \approx MM'$  として取り扱う。

1) と同じ計算式より

$$PM' = OM' \tan \alpha' \approx MM' \tan \alpha'$$

$$MM' \text{ は実測にて } 140 \text{ mm}$$

$$\text{従って } PM' \approx 28 \text{ mm}$$

第 9 切断面の骨の矢状半径は 27.9 mm であり、半径は 13.9 mm となる。従って Bohrer の尖端は骨を突き破って突出していることとなる。

3) O 点を通った場合の第 6, 7, 8 切断面での P 点

それぞれ前述 (2) の計算式より

$$\text{第 6 切断面にては } 7 \text{ mm}$$

$$\text{第 7 切断面にては } 14 \text{ mm}$$

$$\text{第 8 切断面にては } 21 \text{ mm}$$

の値が得られ、表 4 の骨径実測値より第 7 切断面直前にて骨を突き破ることとなる。

4) Bohrer を骨幹中央部骨後壁外骨膜に直接して刺入した場合

aM に対する角  $\alpha$  を求めれば

$$OM = \text{中央部矢状骨軸半径} = 13 \text{ mm}$$

$$aM = \frac{1}{2} \text{大転子長} = 190 \text{ mm}$$

$$\tan \alpha = \frac{OM}{aM} = 0.0684$$

$$\angle \alpha \approx 3^\circ 50'$$

この場合、第 9 切断面平面上の P 点は (2) の計算式

より

$PM'' \approx MM' \tan (3^{\circ}50' + 5.7^{\circ}) = 23.4 \text{ mm}$  にて第9切断面の骨矢状横径の半径より大きく、骨を突き破っていることとなる。

5) (4) の場合の第6, 7, 8切断面でのP点

(4) の計算式より

第6切断面にては 5.8 mm

第7切断面にては 11.7 mm

第8切断面にては 17.5 mm

となり、表4の骨横径実測値より第8切断面区中で骨を突き破ることとなる。

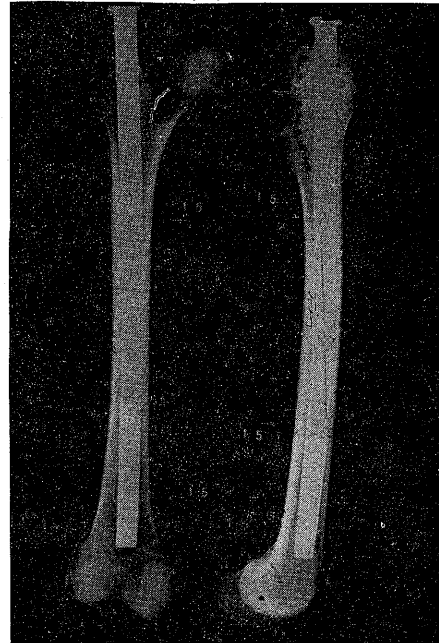
以上のことより 1) 全く撓屈性のない Bohrer はその太さを零としても、骨幹中央部にて中心を通るようにすれば第7切断面区直前で、骨幹中央部後壁を骨膜すれすれに通過させても第8切断面区で、いずれも骨を突き破ることとなる。臨床で骨髓腔を拡大するためには、それ相応の太さの Bohrer を必要とする。そのため前述の理論上の骨穿孔部よりもより中枢側で骨を突き破る危険性は増大し、撓屈性のない Bohrer の安全な使用は不可能と考えられる。骨髓腔の拡大を望むならばどうしても撓屈性を有し、骨髓腔の抵抗の少ない所へ進む Bohrer を必要とする。2) Küntscher<sup>16)</sup> は径 15 mm の金属髓内釘で4750ポンドの張力を有すると報告しており、また髓内釘は直径が2倍となれば強度は60倍になるといっている。そのため直径 15 mm 以上の髓内釘の張力は非常に強力なものと考えられ、弾力を有する金属を使用しても充分な撓屈性は期待できないと考えられる。よって著者の計測法による彎曲度 170° を有する髓内釘の使用が望ましい。その際大腿骨上1/3部、中央部では彎曲が比較的弱く、下1/3部で強いことより、髓内釘の形も上方では170°より彎曲を弱く、また下1/3は170°より比較的強い彎曲を有することが望ましい(写真6)。

## 考 察

著者は日本人大腿骨に適する髓内釘の形を決定せんとする目的より、日本人成人屍体大腿骨について、大腿骨大転子長、彎曲度、骨髓腔の形態を、骨及び矢状面、前額面2方向単純レ線影像より検索した。

Martin R. は“人類の中で大腿骨の構造は日本人が最も頑丈である”と述べており、即ち太く短いという意味に解されるが、これは髓内固定法には適する条件である。Küntscher<sup>17)</sup> は髓内法による骨髓腔拡大は骨皮質 1 mm の厚さを残せば体重負荷に充分との意見を述べているが、この説に従えば前述の表4より大腿骨髓内釘は平均して成人男子は太さ 20 mm、

写真 6



著者の考えに近い髓内釘釘は約 5° の彎曲を有し末梢側に彎曲が強い。第10切断面区に一部突入し、ある程度の支持力が期待される。

女子は 17 mm まで使用可能である。

大腿骨の矢状面の彎曲は髓内固定法には重要な要素となる問題と考えられるが、解剖学方面の文献には、A. H. Ried の分類法による形態上の分類の記載を見るのみにて数値を挙げた文献は見当たらない。また髓内固定法の文献<sup>18)19)20)21)22)23)24)</sup>では特に大腿骨の彎曲を考慮しておらず、大腿骨を直線と見做して処理しているかの如く見受けられる。著者の計測法によれば全標本の骨幹矢状面に彎曲が存在し、且つ平均約 170° の彎曲度を有する日本人大腿骨に対して彎曲を考慮せずに Bohrung 及び髓内固定を行なうことの危険性は前述の通りである。

骨髓腔の観察において1例に認めた骨髓腔最狭部に半球状に膨隆突出した骨梁が問題となる。骨梁の一局所の突出は、特にそれが骨髓腔最狭部に近ければ、手術中の髓内釘挿入不能を引き起す大きな原因となると推定される。レ線影像計測値と骨計測値との比較及びレ線影像と骨髓腔観察との比較より、著者のレ線撮影法ではかかる骨梁の描出及び読影は困難で、手術中の不慮の事故を避ける意味にても Bohrung は適切な手段と考えられる。

骨横径の最狭部は実測値より第2切断面矢状径に存在し、骨髓腔最狭部は第4切断面前額面に存在する。

即ち骨と骨髓腔の最狭部は高さにおいて一致しない。このことより骨横径最狭部の骨皮質の厚さ 1 mm を残す骨髓腔拡大を企図する時は第 2 切断面矢状径より 2 mm を減じた値より直径の大なる Bohrer を用いることは危険であり、また骨髓腔拡大を行なわない髓内固定法を企図する時は第 4 切断面の骨髓腔前額径に適合する直径を有する髓内釘を用いる必要があると考えられる。ただし第 3 切断面で矢状面に対して 35° の方向に骨最短横径を有する 2 例 4% を認めたがそれぞれ矢状径に対して 0.9 mm, 1.1 mm の差であり、実地臨床上例外を考慮しなければ矢状径の計測にて大過はないものと考えられる。

大腿骨々折に対する髓内固定法は 4 点固定が原則である。Bohrung を行なわず 4 点固定が達成できる場合は骨髓腔最狭部骨折で同部を満すに充分なる太さの髓内釘を挿入し、且つ、第 9 或いは第 10 切断区に髓内釘先端を挿入した場合のみ達成され、それ以外の骨折部位では前述の理由により Bohrung を必ず必要とする。次に Bohrung を行ない骨横断面最狭部である第 2 切断面矢状径の前後壁の骨皮質を 1 mm の厚さを残すまで骨髓腔を拡大し、直径 20 mm の髓内釘を挿入し得たとしても第 8 及び第 9 切断面前額径の骨髓腔径は 20 mm 髓内釘よりも広く、骨髓腔完全に充填し得ない。この場合髓内釘下端の固定を行なうためには髓内釘の先端の一部を第 10 切断区の緻密な骨梁網に挿入してこの部の支持力を期待する必要がある。

著者の撮影条件のレ線影像にては骨標本で観察される骨梁は完全には描出されず、そのために骨髓腔は実際値より広く描出される。生体レ線像では更に 1.1 倍の拡大を示している点も臨床上注意を要すると思われる。

## 結 語

著者は日本人大腿骨に対する髓内釘の理想の形の決定と髓内釘法を行なうに当っての諸注意を見出さんために次の研究を行なった。

日本人成人屍体大腿骨 46 体につき、それぞれの大腿骨大転子長、大腿骨彎曲度をそれぞれ著者の定めた測定法にて計測し、同時に前額、矢状 2 方向単純レ線影像を作製し比較研究した。次に大腿骨を矢状面にて縦断し、骨髓腔、皮質の形態を観察した。一旦切断した各片を更に接着剤にて復原した後、10 切断区に横断してそれぞれの皮質、骨髓腔の厚さ、幅を計測し、別に昭和 29 年より昭和 33 年までの金沢大学整形外科学教室の大腿骨々折に対する髓内釘固定 (Küntschner) 38 症例

の臨床成績を検討し、その要因を比較検討して次の知見を得た。

1) Küntschner の説の如く骨皮質は 1 mm の厚さを残せば充分との意見に従えば、大腿骨髓内釘は平均して成人男子は太さ (直径) 20 mm, 女子は 17 mm まで使用可能である。

2) 大腿骨々幹部横径の最狭部は第 2 切断面矢状径に存在する。骨髓腔最狭部は第 4 切断面前額径に存在し、骨の最狭部とは部位の高さが一致しない。骨髓腔の Bohrung を企図し、骨横径最狭部の骨皮質の厚さを 1 mm 残すことを企てるならば第 2 切断面即ち比較的骨幹上端部の矢状径の幅より適切な Bohrung を選ぶ必要がある。Bohrung を行なわない髓内固定法を企図する時は骨髓腔最狭部である第 4 切断面前額の幅に適合する髓内釘を用いる必要がある。

3) 骨梁のレ線影像にての完全な描出は著者の行なった撮影条件では困難であり、骨梁の幅だけレ線影像骨髓腔の拡大を示した。また 1 標本の骨髓腔最狭部には半球状の骨梁の突出を認めたと、レ線影像にては識別困難であった。かかる例は Bohrung が必要なものと考えられる。

4) 大腿骨々折に対する髓内固定 38 臨床症例中、仮関節、遷延治癒を 8 例 21% 経験し、開放重複骨折 2 症例を除き他 6 例は髓内釘が細すぎたことが原因であった。

5) 撓屈性のない Bohrer を使用すれば、理論的に Bohrer の太さを零としても、第 7, 8 切断区で骨を穿孔することとなり、骨髓腔拡大を企図するならば必ず撓屈性のある Bohrer を使用する必要がある。

6) 髓内釘は 170° の彎曲度を有するものが望ましい。その際上方では 170° より彎曲を弱く、下 1/3 では 170° より比較的彎曲が強いものが望ましい。

7) 4 点固定は大腿骨々折に対する髓内固定法の原則である。骨折線が骨髓腔最狭部に存在し、髓内釘が骨髓腔最狭部を満すに充分なる太さのものを挿入し、且つ髓内釘の先端を第 10 切断区に刺入した時のみ Bohrung を行なわず、4 点固定とほぼ同様の条件を達成可能である。その他の骨折部位では必ず Bohrung を行なわない限り 4 点固定は達成できない。

8) 骨髓腔の形態より、Bohrung を行ない、直径 20 mm 髓内釘を挿入し得ても、第 8, 9 切断区にては骨髓腔を完全に髓内釘にて充填し得ない。即ち髓内釘下端部の固定を企図する場合には、髓内釘の下端を第 10 切断区に挿入し、緻密な骨梁網による支持力を期待する必要がある。

おわりに御指導御校閲を賜りました高瀬武平教授, 本研究の機会を与えて下さいました石丸士郎名誉教授, 山田致知教授, 終始御懇篤なる御教示をいただいた野村進助教授に深く感謝いたします。

### 文 献

- 1) Küntscher, G. : Klin. Wschr., 19, 6 (1940).
- 2) Küntscher, G. : Klin. Wschr., 19, 833 (1940).
- 3) Martin, R. : Lehrbuch der Anthropologie, 2 auf., 2, p. 1037, Jena, Verlag von Gustav Fischer, 1928.
- 4) Grunewald, J. : Z. Morphol. Anthropol., 14, 273 (1916).
- 5) 平井 隆・田幡文夫 : 人類学雑誌, 43-1, 附録 2, 3 (1928).
- 6) 砂田外次 : 金沢解剖業績, 2, 48 (1931).
- 3, 68 (1931).
- 4, 11 (1931).
- 7) 関 正次 : 解剖誌, 25, 98 (1950).
- 8) Hamilton, W. J. : Textbook of Human Anatomy, p 221, London, Macmilland & Co Ltd, New York, St Martin's Press, 1956.
- 9) Piersol, G. A. : Human Anatomy, 5 auf., p 352, Philadelphia & London, J. B. Lippincott Co., 1916.
- 10) 和田国友 : 日整会誌, 3, 18, 187 (1928).
- 11) 甲斐将明 : 日整会誌, 12, 389 (1937).
- 12) Böhler, L. : Die Technik der Knochenbruchbehandlung im Frieden und im Kriege, 9-Hauf, 3B. p 1640, Verlag Wilhelm Maudrich, Wien, 1945.
- 13) Küntscher, G. : Z. Chirurg., 68, 857 (1941).
- 14) Küntscher, G. : Chirurg., 25, 209 (1954).
- 15) Küntscher, G. : Z. Orth. Grenz., 87, 225 (1956).
- 16) Küntscher, G. : J. B. J. S., 40-A, 17 (1958).
- 17) Küntscher, G. : Chirurg., 30, 28 (1959).
- 18) König, P. : Arch. Orth. u. Unfall-Chir., 48, 641 (1957).
- 19) Maatz, R. : Ht. Unfallheil., 40, 32 (1951).
- 20) Maatz, R. : Z. Orth. Grenz., 80, 643 (1951).
- 21) 宮城成圭 : 手術, 4, 352 (1950).
- 22) 宮城成圭 : 整形外科, 4, 263 (1953).
- 26) 水野祥太郎 : 手術, 2, 245 (1948).
- 24) 津下健哉 : 外科, 15, 781 (1953).

### A b s t r a c t

In order to decide the ideal form of the intramedullary nail for the osteosynthesis of Japanese adult femur fracture by means of Küntscher's nailing, 46 adult femurs were examined morphologically and roentgenologically. And follow-up studies of 38 femur-fractures which were treated by marrow-nailing were investigated.

The results obtained were as follows.

1. Intramedullary nail for male femur can be used up to 20 mm diameter and 17 mm for female on the average.
2. In case of 10 horizontal sections of femur diaphyse, the narrowest part exists at the second segment, but the narrowest part of intramedullary canal exists at the fourth segment.
3. The complete shadow of spongiosa cannot be discussed roentgenographically.
4. Ideal curvature of the intramedullary nail is 170 degrees.
5. Of 38 cases of femur fracture that were treated by medullary fixation, as for 8 cases (21%) pseudarthrosis or delayed union, were proved and as for 6 cases of 8, the nails were found too small in diameter.
6. Using a non-flexible reamer threatens to involve the danger of thrust through the bone cortex.
7. Principle of intramedullary fixation of femur fracture is four points fixation.
8. In case of one-third of femur fractures, even if the intramedullary canal is carried out by reaming, intramedullary nail cannot fill enough intramedullary canal.

The tip of an intramedullary nail needs inserting into the tenth segment of femur in expectation of fixation of the distal end.