

Tipos de clavos

Dres. JUAN R. PISTANI#, EDUARDO STEFANO*

Los clavos que se utilizan en fijadores externos son extremadamente variados y podríamos agruparlos para realizar un esbozo de clasificación, en principio, según diámetro.

Hablar de alambres de Kirschner y de clavos de Steinmann es prácticamente lo mismo; la única diferencia estriba en su diámetro, que para los primeros llega a los 2,5 mm y para los segundos nace en los 3 mm. Esto significa que cuando un clavo de Steinmann mide menos de 3 mm pasa a llamarse alambre de Kirschner³.

Salvo los utilizados en el método de Ilizarov, de 1,5, 1,8 y 2,0 mm, de punta trocar para hueso esponjoso y de punta bayoneta para cortical, casi todos los demás se utilizan roscados.

En cuanto a la disposición de la rosca, éstos pueden ser total o parcialmente roscados.

En los parcialmente roscados, la misma se puede hallar en uno de sus extremos o en la parte media. De serlo en la parte media, su filete debe sobresalir del diámetro del clavo, pues de lo contrario no habría posibilidad de hacer presa en tejido óseo, al ser el canal liso creado de igual magnitud que el diámetro mayor de la rosca.

Una rosca es un corte en espiral realizado en una varilla, que deja labrado un filete, por el cual el tornillo puede ser considerado como un plano inclinado arrollado en espiral. Por cada vuelta de tornillo se avanza la misma distancia. Las fuerzas paralelas al eje de la hélice engendran rozamientos

tan grandes que los elementos no pueden desenroscarse por sí mismos.

Por cada vuelta completa de tornillo, éste avanza la misma distancia.

Esto crea una máquina sencilla que, como los elevadores, las poleas y los planos inclinados, se puede utilizar para elevar grandes cargas y para sujetar materiales y mantenerlos en estado de compresión.

Toda rosca posee los siguientes elementos (Fig. 1):

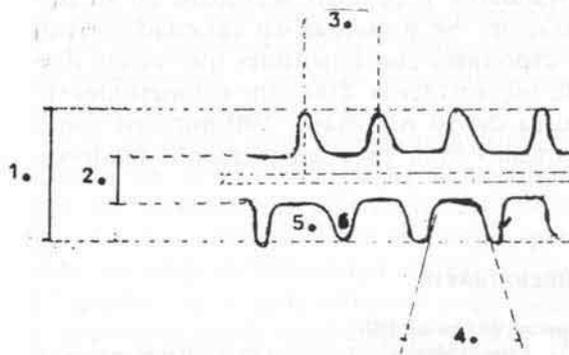


Fig. 1. 1: Diámetro mayor. 2: Diámetro menor o alma. 3: Paso. 4: Ángulo de rosca. 5: Área de rosca ósea. 6: Área de rosca de cada filete del tornillo.

Diámetro mayor: es el mayor diámetro de la rosca.

Diámetro menor o alma: es el menor diámetro de la rosca.

Paso: es la distancia que existe entre dos puntos correspondientes de dos filetes contiguos; realizada la medición paralela al eje del tornillo. El **paso de hélice** es la distancia que avanza el filete de una rosca en una vuelta.

* Salguero 1951, 40 "C", (1425) Buenos Aires, Argentina.

Médico Veterinario.

Angulo de rosca: es el ángulo incluido entre los flancos de un filete, medido en un plano axial.

Angulo de ataque: es la resultante de la descomposición de la fuerza perpendicular al perfil de la rosca, paralela al eje mayor del clavo o tornillo.

Filete del tornillo: cada uno de los dientes de su rosca.

Filete óseo: impronta labrada en el hueso por el filete del tornillo.

Area de rosca: superficie de cada uno de los anteriores.

Cada una de estas partes tiene una configuración definida, de acuerdo con la función que se le requiera. De hecho no es lo mismo una rosca para un gato mecánico, que eleva pesos con mínimo esfuerzo físi-

co, que la de un elevador de granos (chimango), que eleva gran cantidad de material liviano (rosca de Arquímedes), o la de un bulón de metal en que la rosca del tornillo y de la tuerca tienen como función la compresión.

Cuando la función de la rosca cambia, debe cambiar también su configuración. Es de hecho diferente la rosca de un tornillo que une metales idénticos, que la que solidariza metales de diferente grado de dureza, y más aún cuando hacen prehensión en otros materiales mucho más blandos, como por ejemplo madera o hueso.

Las roscas se fueron diferenciando según dos parámetros definidos: **de acuerdo a la función que cumplen, o al material donde son colocados los tornillos** (Fig. 2).

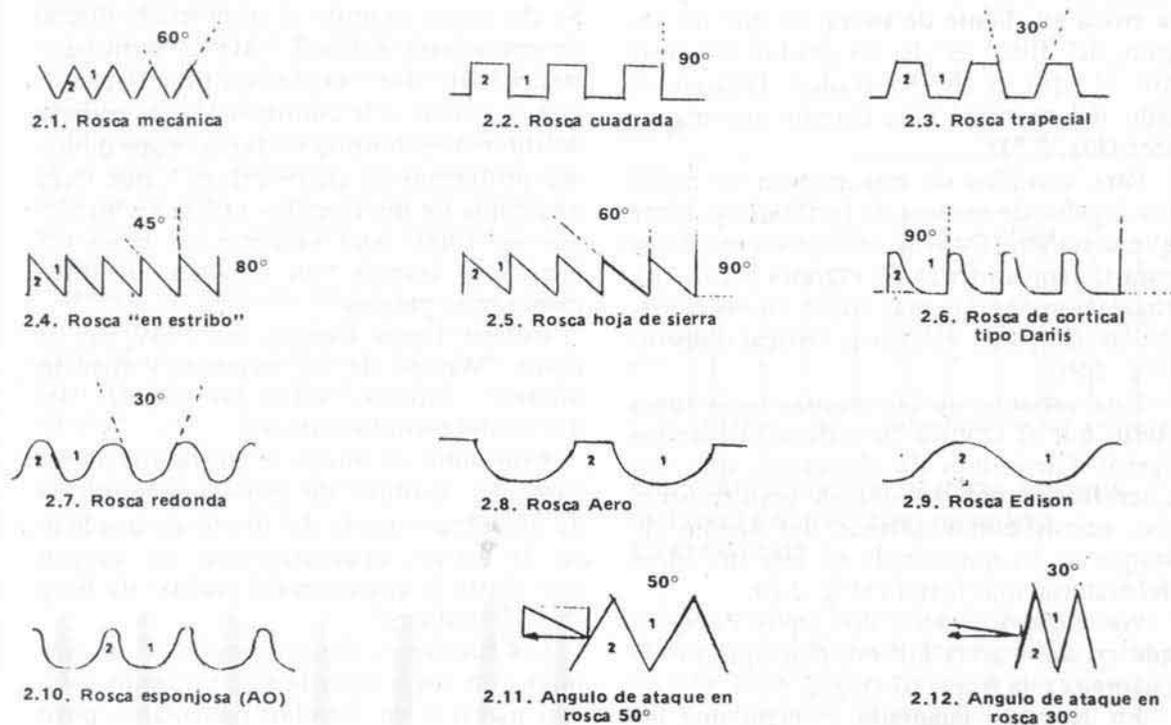


Fig. 2. 1: Area de rosca ósea. 2: Area de rosca del tronillo.

En las roscas mecánicas observamos que para cada filete del tornillo existe el mismo filete en la tuerca pues son del mismo material y se reparten equitativamente la fun-

ción. Los filetes son triángulos equiláteros (Fig. 2.1).

En general se eliminan los ángulos agudos, a fin de no tener que lograr roscas ab-

solamente perfectas. Existen con ángulos de rosca de 60 grados, y de 55, como por ejemplo la de Whitworth.

Cambiando la función, independientemente del material, cambia la configuración de los filetes. Para grandes esfuerzos en un solo sentido existe la **rosca en estribo**. El perfil de uno de los lados del filete es a 90 grados, mientras que el restante lo es a 45 grados. Obsérvese que se sigue respetando el tamaño de las áreas correspondientes a ambas roscas por realizarse en materiales similares (Fig. 2.4).

Cuando el material del tornillo es más resistente que el de la rosca hembra, aumentamos el área de los filetes de esta última. Dichas áreas van a estar en relación inversa a la resistencia mecánica que ejercen uno y otro material. Es decir que de esta forma se equilibra la resistencia a la rotura de ambos filetes. Este es el caso de la **rosca en diente de sierra**, en que un ángulo del filete es de 90 grados mientras que el otro es de 30 grados. Dejando el lado del material más blando una mayor área (Fig. 2.5).

Para tornillos de movimiento se pulen los ángulos de manera de facilitarlos y evitar que se traben. Estos se utilizan en mecánica para el acoplamiento de vagones y con una angulación mucho más suave en las roscas de las lámparas eléctricas (**roscas Edison**) (Fig. 2.9).

Una variante de las mismas es la **rosca Aero**, que se emplea en materiales blandos ligeros (aleaciones de aluminio), que van a ser fijados por tornillos de gran resistencia; vemos cómo además del ángulo de ataque se ha aumentado el área del filete del material más blando (Fig. 2.8).

Por último existen dos tipos de rosca que creemos sería útil estudiar, que son la cuadrada y la trapecial (Fig. 2.2 y 2.3).

En la **rosca cuadrada** se evita que los perfiles ejerzan presiones radiales, obteniendo la misma resistencia en uno y otro sentido, es decir, al empuje y a la tracción.

La **rosca trapecial** tiene forma de V trunca invertida y se utiliza en mecanismos donde los esfuerzos se realizan en ambos sentidos, de una misma dirección.

Roscas para hueso

Rever la historia del diseño de los clavos utilizados en los fijadores externos es realmente interesante. El profesor Albin Lambotte, de la antigua Antuerpia, hoy Amberes, Bélgica¹², fue quien diseñó el primer medio clavo, de un diámetro de 6,5 mm, con una punta roscada en forma de flecha que trababa una sola cortical.

El pionero en la fijación bicortical fue Hoffman, quien diseñó un clavo autorroscante de 4 mm de diámetro que trababa ambas cortezas⁷.

Otra variante, el hoy clavo tipo Ellis, es decir, roscado sólo en la cortical alejada, fue diseñado por los hermanos Judet⁸.

Los tornillos son los implantes ortopédicos más comúnmente utilizados en ortopedia y traumatología y, según acusan algunos autores, su utilización histórica distó mucho de cumplir con reglas científicas⁵. Se da como ejemplo el muy usado diseño de rosca para cortical "AO" ("Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen"), que se refiere a la coordinación de trabajo de diferentes hospitales suizos para dilucidar problemas de osteosíntesis³, que sería una copia de los tornillos utilizados alrededor de 1900, para asegurar los rieles del ferrocarril francés, sin ninguna investigación o tests previos⁵.

Robert Danis (belga), en 1949, en su texto "Manejo de las fracturas y fijación interna", informa sobre las virtudes del diseño del tornillo cortical².

Asimismo, el ancho y profundidad del paso del tornillo de esponjosa surgirían de una idea copiada del diseño de una hélice de barco, aparentemente sin ningún test, hasta la aparición del trabajo de Krag y colaboradores⁹.

Las funciones de compresión de un tornillo con rosca tipo Danis, utilizado solo, con placas o en tornillos maleolares, poco tienen que ver con las funciones que cumplen los clavos roscados de un fijador externo, de sujeción, ya sea a hueso cortical, como así también a hueso esponjoso.

La idea que no varía es que las superficies de las áreas de los filetes de las roscas de los clavos y hueso deben estar en relación inversa a la resistencia mecánica que ejercen uno y otro material y que invaria-

blemente debe ser mayor en el hueso que en el metal, y asimismo en el hueso esponjoso que en el cortical.

Tradicionalmente los estudios de los implantes ortopédicos roscados, en cuanto a su rigidez y eficiencia, se realizaron mediante la medición de su resistencia a la fuerza axial de extracción en un solo sentido⁵. La fuerza de extracción uniaxial no evalúa la performance de los clavos de los fijadores en el sentido opuesto, ni a la flexión, torsión y desplazamiento tal cual se presentan *in vivo*.

El segundo inconveniente es que muchos de los estudios que se vienen realizando son efectuados sobre hueso muerto, por lo que no tienen en cuenta la reacción ósea inmediata y mediata que cada tipo de colocación o de diseño puede provocar sobre el hueso vivo, que actuará siguiendo las leyes que biomecánicamente correspondan (Leyes de Wolf)¹³.

La integridad de la interfase clavo-hueso es el sitio crítico en la estabilidad de los sistemas de fijación externa.

Los clavos de fijación externa colocados en el hueso se aflojan frecuentemente después de un tiempo, resultando en la falla de la fijación y en aumento del riesgo de infección⁴.

Halsey⁵, en Vermont, trabajó sobre hueso esponjoso muerto, con gran parte de los clavos roscados que en la actualidad se utilizan comercialmente, y concluyó que la variable que tiene mayor influencia en la resistencia de las roscas a la extracción por tracción es la profundidad de la rosca,

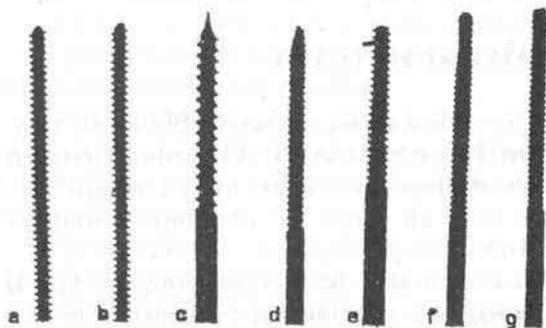


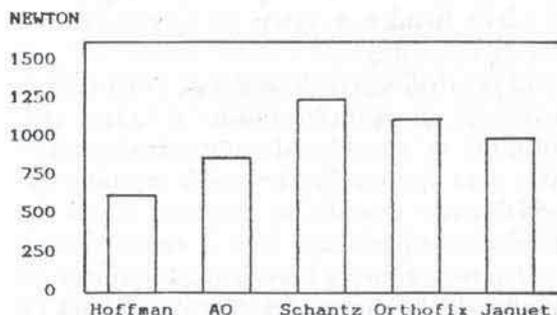
Fig. 3. a) Rosca en "V", b) Estribo, c) Schantz, d) AO, e) Orthofix, f) Hoffmann, g) Jaquet.

es decir que una gran diferencia entre el diámetro mayor y el menor asegura una fijación adecuada más que ningún otro parámetro (ver Fig. 3 y Tablas 1 y 2).

TABLA 1
CARACTERISTICAS DE LOS CLAVOS
COMERCIALES⁵

Clavos	Mayor	Menor	Paso	Perfil
Hoffmann	5,0	4,0	1,5	V trunca
AO	5,0	4,0	1,7	Estribo
Orthofix	0,0-5,0	4,5-3,5	1,8	V
Schantz	6,0	4,0	2,7	V trunca
Jaquet	5,0	4,0	1,5	Sinusoidal

TABLA 2
RESISTENCIA A LA EXTRACCION⁵



RELACION ENTRE OSTEOLISIS, PRESION DE PENETRACION, TIPO DE PUNTA Y VELOCIDAD

Independientemente del fijador externo utilizado, la falla más frecuente es la falta de estabilidad de los clavos. Esta es causada por un aumento de reabsorción ósea inducida por la acción térmica del proceso de perforación. Por ello, es que desde hace varios años venimos investigando las variables que afectan al mismo.

La **velocidad de perforación** debe rondar las 350 rpm, dado que bajas velocidades producen mínimos cambios térmicos. Si bien Mattheus e Hirsch¹¹ encontraron, al perforar el hueso cortical humano, que

el aumento de la velocidad de rotación no aumenta significativamente la temperatura máxima alcanzada, el tiempo en que ésta permanece elevada sobre los 50 grados es mayor.

Los mismos autores determinaron que el **incremento en la presión aplicada** al taladro provoca temperaturas máximas más bajas y períodos de elevación térmica más cortos. Esto se explica considerando que el instrumento avanza más rápidamente y completa el orificio con un menor número de revoluciones.

Hobkirk⁵ nota un alto grado de variabilidad en el modo en que diferentes operadores realizan las perforaciones. Estos trabajan por lo menos de tres maneras diferentes: presión extrema y rápida perforación, presión mediana y constante y presión moderada intermitente.

La utilización de **taladros manuales** no mejora demasiado la performance en la realización del orificio, toda vez que si bien la temperatura podría disminuir, los movimientos laterales que se le imprimen al clavo tienden a variar su forma (de redonda a ovoidea)¹.

El *pre-drilling* (realización de perforación previa de un diámetro similar al "alma" del tornillo) es considerado un método efectivo para limitar la elevación térmica, especialmente cuando se emplean clavos de diámetros superiores a los 3,2 mm.

Diversos autores han demostrado que el **diseño de la punta del clavo o clavija** es la variable de mayor influencia. Mattheus y Green¹⁰ evaluaron cinco tipos de puntas de clavos de 3,9 mm de diámetro (punta trocar, punta diamante, punta de tipo Hoffmann, *half-drill* y *half-drill* modificada) (Fig. 4).

Como resultado de la investigación, concluyeron que **las dos primeras** producen las más altas temperaturas máximas y que más perduran; éstas no poseen áreas para la eliminación de fragmentos y chips, que quedarían atrapados entre el clavo y pared del orificio, incrementando la resistencia a la fricción y por lo tanto la temperatura.

Las **tipo Hoffmann** poseen filos cortantes más largos y regiones planas más grandes que las anteriores, por lo que habría más espacio para el almacenamiento de

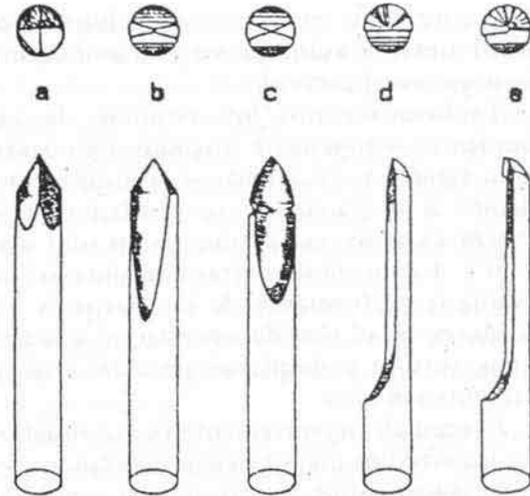


Fig. 4. a) Punta trocar. b) Punta espada. c) Punta tipo Hoffmann. d) *Half-drill*. e) *Half-drill* modificada.

los chips.

Las **half-drill** y **half-drill modificada**, por poseer grandes zonas de derivación, producen menor elevación térmica y de menor duración. Para estas dos últimas las temperaturas máximas promedio rara vez excedieron los 55 grados.

Para limitar la producción de calor se emplearon algunos procedimientos de enfriamiento que resultaron efectivos; entre ellos podemos nombrar: spray de aire-agua, flujos de aire, irrigaciones del lugar de perforación con soluciones, enfriamiento con gasa embebida en soluciones refrigeradas, etc.

En próximas investigaciones evaluaremos el efecto del enfriamiento previo de los clavos.

MATERIAL EMPLEADO

Se utiliza el acero inoxidable en su aleación 316 norma AISI. El mismo tiene en su constitución cromo, níquel y molibdeno, con un tenor de carbono de 0,06 a 0,10%.

La variedad de esta aleación, la 316 L (Low), posee un menor porcentual de carbono, de alrededor del 0,03%³.

Cualquier ortopedista o traumatólogo que se haya encontrado ante la necesidad

de cortar clavos de diámetros similares y presumiblemente compuestos por los mismos materiales, habrá notado las disímiles dificultades que se presentan al realizarlo.

Esto puede obedecer a por lo menos dos factores:

- Falta de responsabilidad comercial, al no poseer número de serie ni marca que lo identifique (cabe la posibilidad de que esté fabricado con aleaciones inadecuadas).

- Dificultad que enfrentan los fabricantes en encontrar aceros 316 L de similar dureza, dado que al no existir, al menos en nuestro país, normatización en el trafilado, se hace casi imposible la estandarización de esta propiedad.

Quienes realizamos comprobaciones biomecánicas de las diferentes propiedades de cada fijador externo sufrimos las consecuencias de ello (ejemplo: la imposibilidad de poder establecer el origen de los cambios producidos durante el transcurso de la investigación).

Un ejemplo más puntual lo encontramos en las dificultades que se nos presentan al tratar de medir la dinamización que entrega cada tutor, independientemente de la que se debe a los clavos. Si estuviera estandarizada su flexibilidad, podríamos separar la debida a los clavos de la correspondiente al fijador.

Actualmente se comercializa una amplísima variedad en diseños de clavos, incluso aquellos con las siguientes características de mala calidad:

- Pasos imposibles de ser utilizados lógicamente ni en el hueso de mayor dureza (paso de rosca mecánica).

- Perfiles con ángulo de ataque de 90 grados, únicamente útiles para tornillos que ejercen presiones en un solo sentido, y no para clavos de fijadores externos, cuya función es totalmente diferente.

- Diámetros internos (alma) distintos, pero en los que sin ningún rigor científico, el *pre-drilling* se realiza con mechas del mismo diámetro.

- Longitudes de rosca de las más variadas, desde clavos tipo Ellis, que roscan en una sola cortical, hasta roscas que llegan a representar el 50% de la longitud total del clavo y sobresalen holgadamente de la herida.

Por esto, creemos necesario ayudar al médico a capacitarse para realizar su elección, de acuerdo a los parámetros que él estime convenientes para el beneficio del paciente.

En cierta ocasión se quejaba un discípulo a su maestro: "Siempre nos cuentas historias pero nunca nos revelas sus significado".

El maestro replicó: "¿Te gustaría que alguien te ofreciera fruta y la masticara antes de dártela?"

Nadie puede descubrir tu propio significado en tu lugar. Ni siquiera tu maestro.

(Anthony de Mello: El canto del pájaro".
Come tú mismo la fruta)

ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA SELECCION DE CLAVOS Y TORNILLOS PARA TUTORES EXTERNOS

Ilizarov

- Diámetro: 1,5, 1,8 y 2,0 mm.

- Punta:

- Trocar: Hueso esponjoso.

- Bayoneta: Hueso cortical.

- Evaluar la flexibilidad (debe ser elástico).

- Constatar el afilado de la punta (variable más importante).

- Con o sin oliva de apoyo.

Monolaterales

- Evaluar confiabilidad de materia prima de elaboración (seriedad del proveedor).

- En caso de corticales muy gruesas: necesidad de clavos autorroscantes (hasta 4 mm de diámetro) o *pre-drilling* obligatorio (más de 4 mm de diámetro).

- En caso de *pre-drilling*, controlar coincidencia del diámetro de la mecha con el del alma de la rosca y estado del filo. Controlar procedencia de la mecha, el material debe ser de la aleación 316 L (en caso de ruptura interna puede permanecer).

- Adecuar la interferencia de la rosca (diferencia de diámetros mayor y menor) y su paso al tipo y estado del hueso (desuso prolongado, clavos con rosca de esponjosa).

- Adecuar el diámetro del clavo al diámetro del hueso a fijar (no debe superar el 20-30% del mismo).

- Adecuar el largo de la zona roscada al

diámetro del hueso, evitando en lo posible que las espiras sobresalgan de piel (menor riesgo de infección).

— Evaluar las ventajas o desventajas de formato cilíndrico o cónico de la rosca; estos últimos exigen más perfección en la colocación (intensificador de imágenes) pues no pueden retrocederse, pero facilitan su extracción (la primera vuelta libera la presión ósea sobre el clavo).

— Los trabajos nombrados en la bibliografía marcan como ventaja de los clavos cónicos que se encuentran en el mercado su gran interferencia y amplio paso de rosca.

— La colocación convergente o divergente de los clavos tiene como ventaja aumentar la rigidez del sistema, por lo menos en el plano de los clavos.

BIBLIOGRAFIA

1. Boyne PJ: Histologic response of bone to sectioning by high speed rotary instruments. *J Dent Res* 45 (2): 270-276, 1966.
2. Danis R: *Theorie et Pratique de l'Osteosynthese*. Masson, Paris, 1949; pp 75-86.
3. Fabroni R, Cevallos EM, Ramos Vértiz JR: Cirugía de las fracturas y de los reemplazos osteoarticulares. Editorial Reflejos, 1977; pp 283-299.
4. Hagmann S: Vergleichende Untersuchungen über die reaktive Knochenbildung nach intrafemoraler Implantation von Metallschrauben bei der Ratte. *Acta Anatomica* 64: 311, 1966.
5. Halsey D, Fleming B, Pope MH et al: External fixator pin design. *Clin Orthop Rel Res* 278: 305-312, 1992.
6. Hobkirk JA, Rusiniak K: Investigation of variable factors in drilling bone. *J Oral Surg* 35 (12): 968-977, 1977.
7. Hoffmann R: Rotules a os pour la resolution dirige non sanglante, des fractures (osteotaxis). *Helv Med Alta* 5: 844, 1948.
8. Judet J: Le traitement des fractures ouvertes des os longs des membres: nouveaux procedures des contentions. *Concours Med* 19: 847, 1941.
9. Krag MH, Beynon BD, Pope MH et al: An internal fixator for posterior application to short segments of the thoracic lumbar or lumbosacral spine: design and testing. *Clin Orthop* 203: 75, 1986.
10. Matthews L, Green C: The thermal effects of skeletal fixation. Pin insertion in bone. *J Bone Jt Surg* 66-A (7): 1077-1083, 1984.
11. Matthes L, Hirsch C: Temperature measured in human cortical bone when drilling. *J Bone Jt Surg* 54-A: 297-308, 1972.
12. Seligson D, Donald GD, Stanwyck TS et al: Consideration of pin diameter and insertion technique for external fixation in diaphyseal bone. *Acta Orthop Belg* 50: 441, 1984.
13. Wagner H: Die Einbettung von metallschrauben in knochen und die Heilung fürange des Knochengewehes unter dem Einfluss der stabilen Osteosynthese. *Langenbecks Arch Chir* 305-338, 1963.