

Instrumentación Harrington-Cun: Una alternativa en Cirugía del Raquis

Dr. Alberto Restrepo Betancourt*

Dr. Herman Freud Acuña**

INTRODUCCION

Para el tratamiento de diferentes patologías traumáticas o no de la columna lumbar y torácica, se han utilizado diversos sistemas de fijación con el fin de proporcionar estabilidad mecánica a ésta. Entre estos se hallan los sistemas con barras, sea de distracción de Harrington, o los de barras en "L" de Luque.

A fin de dar mayor estabilidad y resistencia al sistema, se adicionaron las amarras subliminares, introducidas por Luque en 1970. Estas tienen la desventaja que al pasar por debajo de la lámina y por ende por dentro del canal medular, se pueden presentar complicaciones neurológicas, principalmente en los niveles torácico y lumbar alto, donde éste es más estrecho; estas complicaciones pueden ser: lesión radicular, lesión medular, rupturas del saco dural, estrechez por fibrosis, etc.

Por lo tanto, es deseable la implementación de un sistema que ofrezca por lo menos similar rigidez y esté libre de las complicaciones antes mencionadas.

En el presente trabajo describimos el amarrado con alambre a través de la base de la apófisis espinosa, descrito inicialmente por Resina, modificado por Drummond en la Universidad de Wisconsin y también modificado por Beguirstain y Villas en la Clínica Universitaria de Navarra, España.

En nuestro medio, en el Hospital General Universitario de la Samaritana, la instrumentación que utilizamos es prácticamente igual a la utilizada en la Clínica Universitaria de Navarra (CUN), de allí el nombre con el que se la designa: Harri-CUN. Además le hemos hecho algunas pequeñas modificaciones.

Al tiempo, nos proponemos observar, con un estudio biomecánico, que la fortaleza del sistema efectuando el paso de los alambres a través de la base de la apófisis espinosa es tan confiable como cuando el paso de los alambres se realiza por debajo de las láminas. Y a su vez presentamos una serie de casos de pacientes intervenidos con esta técnica en el Hospital General Universitario de La Samaritana.

JUSTIFICACION

Se ha intervenido un grupo de pacientes con fracturas inestables de la columna toracolumbar, utilizando la instrumentación HARRI-CUN, en los que hemos observado buenos resultados y ausencia de complicaciones neurológicas; razón por la cual es importante para los autores comunicar esta experiencia y profundizar en el estudio de esta técnica.

HIPOTESIS

En este estudio no contamos con una verdadera hipótesis debido al diseño de éste, pero si pretendemos generar una.

"Los cerclajes por la base de las apófisis espinosas según la técnica de la Clínica Universitaria de Navarra (CUN) y con las modificaciones hechas en el Hospital General Universitario de La Samaritana, son por lo menos tan firmes y resistentes como los cerclajes sublaminares".

* Instructor de Ortopedia y Traumatología, Hospital General Universitario de La Samaritana.

** Instructor de Ortopedia y Traumatología, Hospital General Universitario de La Samaritana.

OBJETIVOS

1. Realizar una revisión clínica retrospectiva de los casos intervenidos en el Hospital General Universitario de La Samaritana por los coautores con cerclajes basiespinosos.
2. Introducción y descripción de una nueva técnica quirúrgica en el medio ortopédico nacional.
3. Diseñar una técnica de laboratorio con el fin de evaluar instrumentaciones del raquis.

MARCO TEORICO

Lo que podríamos considerar como la era moderna de las instrumentaciones raquídeas por vía posterior se inició en 1962 con los trabajos de Harrington^{22,23}.

El sistema de amarras subliminares fue introducido por Luque en 1973, producto de 5 años de estudios mecánicos y de la anatomía patológica de la columna^{32,33,34}; las utilizaba para dar mayor fijación a las barras que él mismo diseñó. Este tipo de instrumentación nació de la necesidad de desarrollar un método de fijación interna rígida para el tratamiento de deformidades espinales, siendo utilizada inicialmente en pacientes con escoliosis paralíticas, que carecían de recursos económicos suficientes, y en quienes mantener la corrección lograda por métodos ortopédicos convencionales era un problema clínico frecuente^{32,33}.

Luque afirma que:

1. La instrumentación segmentaria en la columna es un método efectivo de fijación interna rígida, con o sin artrodesis.
2. Al finalizar el procedimiento de alambrado, las fuerzas correctivas están distribuidas a lo largo de la curvatura en vez de estar concentradas en los extremos superior e inferior de ésta³⁵.
3. La corrección predeterminada de las deformidades vertebrales puede ser obtenida con liberación de estructuras blandas o por resección ósea.
4. El sistema está contraindicado en pacientes que necesitan más de 10 grados de corrección por encima de la máxima lograda en los Rx preoperatorios.
5. Nunca debe forzarse el paso del alambre por debajo de la lámina, para así prevenir daños neurológicos^{32,33}.

M.R. Zindrik y Cols.⁶¹ en estudios experimentales de especímenes tomados de cadáveres normales, determinaron en columnas torácicas (donde se presentan el mayor número de complicaciones neuroló-

gicas debido al menor diámetro del canal espinal) la profundidad de penetración del alambre durante su paso por debajo de la lámina; usaron tres formas distintas de doblado del alambre (una recta y dos con curvatura variable). Determinaron también la altura de la lámina, el espesor de esta y la distancia interlaminar en los diferentes segmentos torácicos. A su vez midieron el espacio epidural, o sea, el comprendido entre el ligamento amarillo o la cara anterior de la lámina y el saco dural.

La mayor lesión a las estructuras intraespinales probablemente ocurre en el momento del paso del alambre por debajo de la lámina. Varios factores influyen en la profundidad de penetración del alambre entre el canal espinal y son entre otros:

1. La experiencia del cirujano^{42,44,60,61}.
2. La anatomía ósea (la relación de los elementos posteriores varía de un nivel a otro).
3. La cantidad de tejidos blandos y lámina removidos antes del paso del alambre.
4. La configuración del alambre.
5. La geometría de la curvatura en el extremo del alambre.
6. La exacta localización de la línea media de la lámina durante el paso del alambre⁶⁰.

De esta manera se puede reducir la posibilidad de lesión neurológica. Estos estudios han permitido sugerir que:

1. El paso lateral del alambre debe ser evitado.
2. El radio de curvatura de un alambre semicircular debería ser por lo menos igual al ancho de la lámina.
3. La curva del alambre no debe ser mayor de 45 grados.
4. No es necesaria la remoción adicional del hueso de la lámina, de esta manera no se debilita esta, disminuyendo la posibilidad de fracaso de la instrumentación.
5. La remoción rutinaria de la apófisis espinosa facilita el procedimiento, al tener suficiente exposición durante el paso del alambre^{17,60}.
6. Mantener siempre el alambre traccionado y en contacto con la lámina; durante el paso de este por debajo de la lámina, así se evita que el alam-

bre golpee el saco dural y se devuelva el canal espinal.

7. Pasar siempre el alambre bajo la lámina en dirección caudal a cefálico.

En los estudios de D. Yngve y cols.⁶⁰, teniendo en cuenta estas sugerencias solo hubo 1.1.% de complicaciones neurológicas.

De acuerdo a los trabajos de C.F. Eberle¹¹, la instrumentación segmentaria de la columna sin artrodesis no controla efectivamente las curvas escolióticas paralíticas secundarias a poliomielitis en niños en crecimiento, observando en 15 de 16 pacientes valores angulares similares en las curvas a los observados antes de la instrumentación original. Pero sí se probó la teoría de Luque en el sentido de que el crecimiento longitudinal de la columna en este grupo de pacientes se preserva con su instrumentación.

Según Luque, la instrumentación de Harrington con amarrado segmentario no mantiene la corrección de las curvas escolióticas si no se realiza artrodesis e inmovilización externa al mismo tiempo³¹.

Monitoreo del canal espinal durante la instrumentación sublaminar

Debido al número creciente de publicaciones en las que se mencionan las complicaciones neurológicas luego de instrumentación posterior de columna, principalmente de distracción y/o amarrado sublaminar. Se diseñaron diferentes métodos con el fin de monitorizar la médula espinal durante la cirugía raquídea.

Vauzelle y Stagnara⁵⁴ fueron los primeros en monitorizar la función de la vía motora central mediante la prueba del despertar. De acuerdo a estos autores, el test más obvio y mejor era la actividad motora voluntaria del paciente durante la anestesia. Se permitía al paciente llegar a un nivel anestésico lo suficientemente superficial como para que moviera sus extremidades. Si la actividad motora no reaparecía claramente, los implantes eran inmediatamente removidos.

Debido a los riesgos potenciales de esta técnica de monitoreo espinal, como son la extubación y la embolía gaseosa y a sus limitaciones (exploración burda de la función motora e inoperancia en cuanto al examen en enfermos paralíticos), se han empleado sistemas más sofisticados, como el estudio de los

potenciales evocados somatosensoriales (PES) tanto corticales como espinales, durante la cirugía.

Inicialmente se emplearon los PES corticales, descubiertos en 1947, pero progresivamente adquirieron más uso los PES espinales, debido a que los primeros eran afectados por los anestésicos inhalados (principalmente halogenados), por la frecuencia de estimulación, por las variaciones de la PCO₂ y por la presencia de trauma medular ya existente^{3,27}. Otra desventaja de los PES corticales era que requerían equipo más sofisticado y el establecimiento de valores normales para cada sistema; aún se requieren grandes investigaciones antes de que estas técnicas puedan llegar a ser estandarizados^{3,4,27,48}.

Según Kojima y cols²⁷ a pesar de los recientes avances, el monitoreo de la médula espinal por PES no ha sido ampliamente aceptado por varias razones:

1. La correlación entre los cambios registrados en los PES y las lesiones medulares permanece indeterminada aún.
2. La significancia pronóstica de los componentes de los PES tales como latencia, amplitud o frecuencia no han sido bien establecidas.
3. Una técnica compleja es requerida para colocar los electrodos, así este monitoreo no es aplicable a procedimientos rutinarios.

El uso de curarizantes durante la anestesia impide la detección correcta de potenciales motores evocados (PEM) mediante la estimulación de la vía motora central.

Los PEM presentan también otros problemas de acuerdo a Spielholz⁴⁸.

1. La conducción axonal puede continuar durante cierto tiempo tras la interrupción del aporte sanguíneo a un nervio.
2. El potencial evocado puede restaurarse temporalmente mientras ocurren fenómenos químicos que terminarán en daño permanente.

Sus ventajas son:

1. No deben atravesar sinapsis, por lo que se afectan menos que los PES con la anestesia.
2. La simplicidad del sistema motor, permite un monitoreo más amplio, incluso si son impredecibles las interferencias eléctricas del quirófano.

Se ha comprobado experimentalmente que existe una adecuada correlación clínico-electrofisiológica entre la lesión si la patogenia es la compresión o la contusión medular.

Por lo tanto el monitoreo de la vía motora central durante la cirugía es aconsejable, especialmente si se utilizan técnicas invasivas del canal raquídeo. Se espera por tanto que la estimulación magnética cortical o medular se halle más desarrollada, con equipos más simples, de menor tamaño y de fácil adquisición⁵⁴.

Estudios experimentales de Pampliega y Berguistain^{41,42} en corderos a quienes monitorizaron la vía piramidal mediante estimulación cortical, recogiendo los potenciales de acción en las extremidades posteriores en el momento en que se realizaba la instrumentación sublamina de Luque, permitieron observar un incremento en la latencia del potencial de acción motor con respecto al basal tras el paso del primer cerclaje y la desaparición del mismo al finalizar el paso de los cerclajes, existiendo una correlación directa de estas observaciones con los cambios anatomopatológicos (hematomas, focos hemorrágicos, gliosis y compresión medular).

Técnicas de Instrumentación a través del Proceso Espinoso

A pesar de las obvias ventajas de la técnica sublamina de Luque, el paso de los alambres ha sido asociado con complicaciones neurológicas, incluyendo radiculopatía, paraparesia y paraplejía^{2,17,31,32,36,41,42,44,45,58,60,61}.

El interés de la técnica propuesta radica en aprovechar las ventajas de la instrumentación segmentaria sin tener los riesgos del paso de los alambres por debajo de las láminas.

El uso de las apófisis espinosas para el paso de alambres no es una técnica nueva. Guadagni y Drummond desarrollan un método modificado que permite fijación a la base de las apófisis espinosas en cada nivel sin invadir el canal medular, manteniendo la corrección lograda, de una manera más eficaz a la técnica standard de Harrington, sin requerir de inmovilización postoperatoria, disminuyendo la estancia hospitalaria logrando una reincorporación más rápida a las actividades de la vida diaria¹⁹.

De acuerdo a observaciones hechas por Drummond, el espesor promedio de la base de apófisis espinosa con relación al espesor de la lámina es 2.2 veces mayor en las vértebras torácicas y 1.7 veces mayor en la región lumbar⁹.

La estabilidad de la instrumentación segmentaria por el proceso espinoso es proporcionada por dos barras, una sobre cada lado de la columna, las cuales son alambradas en cada nivel a la base del proceso espinoso. Un botón es colocado a ambos lados de cada proceso espinoso de la columna en los niveles a instrumentar.

Se realiza un orificio a través de la base de la apófisis espinosa, lo suficientemente ventral como para pasar por una buena presa ósea, pero lo suficientemente dorsal como para evitar la entrada al canal espinal. Los orificios en la cortical son iniciados por un punzón cortante recto y continuados por otros dos curvos. Al amarrar los alambres la tensión debe hacerse simétricamente para prevenir las fallas de fijación².

En estudios de laboratorio se ha demostrado que la base de la apófisis espinosa es 117% más fuerte que la lámina adyacente en la columna torácica y 73% más fuerte en la columna lumbar^{9,10}. Mediciones hechas sobre el Instron Universal Test Machine, han permitido determinar que el implante del botón aumenta la fortaleza en un 48% sobre el alambre solo⁹.

Evaluaciones con modelos simuladores de escoliosis han permitido observar que el sistema de alambrado por la base de la apófisis espinosa, soporta fuerzas compresivas tan bien, o mejor que la instrumentación segmentaria sublamina, que el sistema de Harrington de distracción solo y que el sistema de distracción de Harrington con alambrado sublamina^{9,10}.

MATERIAL Y METODOS

Se trata de un estudio descriptivo del tipo serie de casos.

En este trabajo se analizaron todos los pacientes tratados en el Hospital General Universitario de La Samaritana, a quienes presentando fracturas inestables del área toracolumbar se les halla realizado la instrumentación de HARRI-CUN, en el período comprendido entre Junio de 1989 y Enero de 1991.

La evaluación se realizó desde el punto de vista clínico y radiológico tanto en el pre y el post operatorio. Para esto se dispuso de un formulario de recolección de datos

Evaluación clínica

Se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: examen neurológico, dolor y actividad laboral.

1. EXAMEN NEUROLOGICO

Para su evaluación se utilizó la escala de Frankel la cual tiene en cuenta cinco graduaciones:

- A. Pérdida completa de la función motora y sensitiva por debajo del nivel de la lesión.
- B. Pérdida completa motora con algo de sensibilidad por debajo del nivel de la lesión.
- C. Pérdida motora parcial por debajo del nivel de la lesión, pero sin fuerza suficiente como para ser funcional.
- D. Pérdida motora parcial por debajo del nivel de la lesión, pero con fuerza suficiente para ser funcional.
- E. Sin déficit motor o sensitivo.

El parámetro que utilizamos como indicativo de mejoría en la evaluación postoperatoria fue el siguiente: ascender en una o más letras en la escala de Frankel, siempre y cuando el paciente no se halle en la letra A. Consideramos que un paciente empeoró neurológicamente cuando descendió en una o más letras en la escala de Frankel.

2. EVALUACION DEL DOLOR

Se utilizó la escala de F. Denis y cols.⁷ Se trata de una escala ascendente de acuerdo a la intensidad del dolor, que tiene en cuenta el requerimiento o no de analgésicos y la necesidad de modificar las actividades de la vida diaria y/o la laboral. Esta es la escala:

P1: Sin dolor

P2: Dolor mínimo ocasional el cual no requiere medicación.

P3: Dolor moderado que requiere de medicación ocasional, pero no origina interrupción del trabajo o cambios significativos en las actividades de la vida diaria.

P4: Dolor de moderado a severo que requiere de medicación frecuente y origina ocasionales ausencias del trabajo o cambios significativos en las actividades de la vida diaria.

P5: Dolor constante e incapacitante, que requiere de medicación

3. EVALUACION DE LA CAPACIDAD LABORAL

Se utilizó igualmente la escala de F. Denis y cols.⁷

W1: retornar completamente a las actividades laborales previas (trabajo pesado).

W2: Capaz de retornar a las actividades laborales previas (trabajo sedentario) o retornar al trabajo pesado con algunas restricciones o modificaciones laborales.

W3: Incapaz de regresar a la actividad laboral previa, pero capaz de hacerlo todo el tiempo en un nuevo trabajo.

W4: Incapaz de retornar al trabajo previo de tiempo completo, pero puede hacerlo en forma parcial o con ausencias debido al dolor.

W5: Incapaz de trabajar.

Evaluación radiográfica

De acuerdo a la clasificación de las fracturas de la columna vertebral de F. Denis y cols.⁶ se determinó el tipo de lesión:

I. Fracturas por compresión: Esta es una fractura con compresión de la columna anterior. La columna media está intacta y actúa como un fulcro. Al estar indemne la columna media, ésta previene la subluxación o compresión de los elementos del saco dural e impide la retropulsión de fragmentos óseos dentro del canal espinal.

Características radiográficas: En la proyección lateral se observa altura normal en la cortical posterior del cuerpo vertebral (columna media intacta). No hay subluxación del cuerpo. La distancia interespinosa está aumentada en el segmento comprimido guardando proporción con la angulación a ese nivel. La proyección anteroposterior muestra acufiamiento lateral en las fracturas con compresión lateral.

Características en la TAC: Raramente se indica el TAC en ese tipo de fracturas. Pero cuando se realiza se observa: integridad de la columna media y la ausencia de fragmentos óseos dentro del canal espinal.

2. Fracturas por estallido: Esta fractura resulta de carga axial sobre las columnas anterior y media, originando fractura de una o ambas placas de la misma vértebra.

Características radiográficas: La proyección lateral demuestra fractura de la cortical posterior del cuerpo vertebral, pérdida en la altura del cuerpo vertebral en su aspecto posterior, retropulsión de frag-

mentos óseos dentro del canal espinal (falla por compresión de la columna media). La proyección anteroposterior demuestra el patognomónico incremento de la distancia interpedicular. Fractura vertical de la lámina, generalmente fractura en leño verde de la cortical anterior con la cortical posterior intacta.

Características en la TAC: El anillo anterior y posterior del cuerpo vertebral se encuentran fracturados. Los fragmentos óseos del cuerpo vertebral se encuentran dentro del canal espinal.

Clasificación de las fracturas por estallido: La mayoría de las fracturas por estallido comprometen una sola placa del cuerpo vertebral (superior generalmente), por esta razón existen cinco tipos:

- A. Fractura de ambas placas debido a carga axial pura.
- B. Fractura de la placa superior (esta es la más común).
- C. Fractura de la placa inferior, rara.
- D. Fractura por estallido y rotación, pudiendo interpretarse como una luxofractura.
- E. Fractura por estallido y flexión lateral.

3. Lesiones producidas por el cinturón de seguridad: Estas lesiones representan una falla de las columnas anterior y posterior bajo fuerzas de tensión originadas por flexión con su eje localizado en la columna anterior. Este tipo de lesión es inestable en flexión.

Características radiográficas: El signo patognomónico es el corte en el plano horizontal de las apófisis transversas y de los pedículos.

Características en la TAC: Puede no dar ninguna información adicional debido a que los cortes axiales son a menudo paralelos al plano de la lesión.

4. Luxofractura: Son las más inestables de todas las lesiones y representan una falla de las tres columnas bajo cargas de compresión, tensión, rotación y cizallamiento.

Características radiográficas: Su hallazgo patognomónico es la subluxación o la luxación observada en la proyección anteroposterior o lateral. Las múltiples fracturas costales, de apófisis transversas, o de un proceso articular pueden sugerir este tipo de lesión.

Clasificación de las luxofracturas: Hay tres mecanismos en las luxofracturas:

- Luxofractura por flexión-rotación.
- Luxofractura por cizallamiento.
- Luxofractura por flexión-distracción.

En la proyección anteroposterior se determinó si existía o no incremento en la distancia interpedicular en la vértebra lesionada.

Para realizar esta medida se utilizó el siguiente sistema: se trazó una línea por el eje vertical de cada pedículo tanto de la vértebra lesionada como de las vértebras sanas inmediatamente por encima y por debajo a la fracturada, se sacó un promedio a las medidas halladas en las dos vértebras sanas, determinándose así el valor normal para la distancia interpedicular de la vértebra fracturada; si este valor era inferior o igual al hallado en la vértebra lesionada, se confirmaba entonces que no existía aumento en la distancia interpedicular y si el valor era superior al hallado en la vértebra fracturada determinamos aumento de la distancia interpedicular.

En la proyección lateral determinamos la protrusión o no del cuerpo vertebral hacia el canal espinal.

Para realizar esta medida se trazó una línea vertical sobre la cortical posterior de la vértebra fracturada y otra línea vertical sobre la cortical protruida hacia el canal. Se midió la distancia en milímetros entre estas dos líneas; de este valor se obtuvo la proporción que le corresponde con la medida total del plato inferior del cuerpo vertebral, determinando así el porcentaje de ocupación radiográfica del canal espinal.

Sabemos que la manera más precisa de conocer si existe o no ocupación del canal espinal por fragmentos óseos y la magnitud de ésta es por tomografía axial computarizada (TAC)^{30,50},

Igualmente en la proyección lateral determinamos la magnitud de la cifosis local por el método de Coob, ampliamente conocido.

También en la proyección lateral se determinó el porcentaje de acuñaamiento de la o de las vértebras fracturadas.

Para este fin se midió la altura de la cortical anterior de la vértebra fracturada, así como la de sus vecinas inmediatamente por encima y por debajo. Se determinó el valor promedio normal para la vértebra lesionada. Luego el valor hallado al medir la altura de

la vértebra fracturada se expresó en porcentaje, si este era inferior al 100% del valor normal para dicha vértebra, se consideró que existía acuñaamiento.

Como otros métodos diagnósticos diferentes al radiológico se tuvieron en cuenta los siguientes: Tomografía Lineal, Tomografía Axial Computarizada (TAC) y la Resonancia Magnética Nuclear.

No se valoró la calidad de las masas de fusión ni la movilidad de los segmentos incluidos en la fusión.

Para el análisis de los resultados se tuvieron en cuenta también los siguientes factores:

1. Ocupación.
2. Procedencia.
3. Edad.
4. Fecha de la lesión.
5. Tipo de traumatismo.
6. Tiempo transcurrido entre el trauma y el ingreso al Hospital.
7. Presencia de lesiones asociadas.
8. Tiempo transcurrido entre la admisión al Hospital y la fecha de la cirugía.
9. Hallazgos intraoperatorios.
10. Complicaciones intra y postoperatorias inmediatas y tardías.

Técnica quirúrgica HARRI-CUN

En todos los pacientes se utilizó la misma técnica quirúrgica, realizada siempre por uno o por los dos coautores. Igualmente en todos se usó el mismo tipo de instrumentación (HARRI-CUN).

La colocación del paciente, así como el abordaje, son exactamente los mismos que se efectúan para cualquier instrumentación posterior de la columna toraco lumbar.

Una vez expuestas las apófisis espinosas, láminas y facetas articulares, mediante disección subperióstica, de los niveles que se van a instrumentar, se procede a la colocación de los ganchos de anclaje de la instrumentación de Harrington, también de manera convencional.

Con los ganchos en posición, se procede mediante una pinza de campo a perforar las corticales laterales de la base de las apófisis espinosas en el centro de estas. Es importante en este punto el efectuar los agujeros con la pinza perpendicular al eje del raquis, para evitar que uno de los agujeros quede situado más cefálico que el otro; así mismo, es de capital importancia el perforarlos lo más en la base posible

A continuación, con un ángulo aproximado de 30° con respecto a la horizontal, se realizan perforaciones con una broca de 2.7 mms. Esta inclinación permite aprovechar el máximo posible de espesor basiespinoso, evitando al mismo tiempo la penetración en el canal medular. Con las pinzas de campo, se regulariza el trayecto de la perforación.

Una vez perforados los agujeros, se introduce en estos alambre de Luque de 1.25 mms doble. Para esto es necesario moldear el alambre de tal manera que el paso sea suave.

Después de pasados a través de las apófisis espinosas los alambres y de efectuada la decorticación de la manera usual en los niveles deseados, se procede a la colocación de los tallos de Harrington, los cuales se colocan sobre esos alambres.

Con los tallos colocados, se efectúan las maniobras necesarias de distracción o compresión. Hecho esto, se realiza una nueva perforación sobre la apófisis espinosa, lo más anterior posible, valiéndose de la pinza de campo y la broca de 2.7 mms. Estos agujeros son paralelos al plano horizontal. Acto seguido se pasa un extremo del alambre a través del agujero, repitiéndose este gesto en todos los niveles.

Por último se unen los dos extremos libres del alambre y se cierra el cerclaje, iniciándose de los extremos superior e inferior de la instrumentación hacia el centro. Esto es especialmente importante en la cirugía de escoliosis.

Se colocan los injertos, el drenaje y se cierra por planos. En ningún paciente se utilizó injerto de banco.

El paciente debe salir siempre con un corsé de triple apoyo, el cual puede retirarse por cortos períodos.

Los controles clínicos y radiológicos indicados en estos pacientes son los siguientes:

- Control clínico y retiro de puntos a los 15 días.
- Control clínico y radiológico al mes.
- Control clínico y radiológico a los 2 meses.
- Control clínico y radiológico a los 3 meses.
- Control clínico y radiológico a los 6 meses, cuando se decide retirar o no el corsé.

Estudio biomecánico

Se utilizaron para las pruebas experimentales columnas vertebrales frescas de cerdo debido a la seme-

anza con las humanas. Estas fueron adquiridas en un frigorífico de la ciudad. Se conservaron intactos los ligamentos longitudinales anterior y posterior, y las articulaciones facetarias con sus ligamentos.

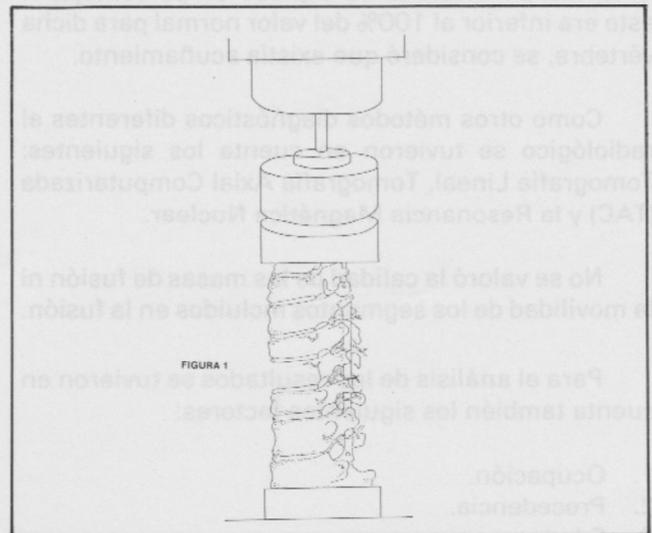
Se seleccionaron segmentos de columna siempre dejando una vértebra libre sin instrumentar en los extremos superior e inferior de éste. De igual manera en todos los casos se realizó el montaje de los dos sistemas (Harrington, Luque y Harri-CUN), de acuerdo a la técnica quirúrgica ya mencionada. A las columnas se les creó un defecto anterior en una vértebra, resecaando la columna anterior y parte de la media, con el fin de reproducir una gran inestabilidad. Entre las pruebas se mantuvieron las columnas en refrigerador, pero evitando congelarlas para no alterar la resistencia de los diferentes elementos biológicos e inertes.

Estas pruebas se realizaron gracias a la colaboración del Ingeniero Mecánico Miguel Prieto y del señor Gonzalo Triviño, Técnico Jefe del Laboratorio de Poliuretanos de la compañía DOW Química de Colombia S.A.

El principal objetivo de estas pruebas era tratar de estandarizar un método de laboratorio con el fin de realizar mediciones de la resistencia que ofrecen estos dos sistemas a las deformaciones producidas por cargas de compresión axial, flexión y extensión. Estas últimas combinan cargas de compresión-flexión y compresión-extensión respectivamente.

Para la medición de la magnitud de la compresión y de la resistencia ofrecida por los dos tipos de instrumentaciones; una máquina de pruebas universales Sintech 2000 2W, con una celda con capacidad de carga de 1.000 libras. El plato superior, móvil durante la compresión, se desplazó siempre a una velocidad de 10 libras/segundo. La máquina se hallaba calibrada y conectada a un computador IBM Personal System 2 Model 55 SX, permitiéndose así la programación y medición de las pruebas. Para el registro se utilizó una impresora Epson (ver figura 1).

Cada una de las pruebas se realizó bajo idénticas condiciones. Para las pruebas en compresión axial pura, el plato superior era apoyado en la totalidad del cuerpo vertebral. Para las pruebas de flexión y extensión, las cuales combinaban fuerzas de compresión-flexión y compresión-extensión, se colocó un plato de menor diámetro apoyado en la parte anterior del cuerpo, reproduciendo una carga en flexión y en la parte posterior de este reproduciendo una carga en extensión.



RESULTADOS

Desde mayo de 1989 hasta Enero de 1991 se han intervenido 12 pacientes en el Hospital General Universitario de La Samaritana.

Hallamos que de los 12 pacientes, 10 eran de sexo masculino y 2 de sexo femenino. El promedio de edad fue de 36.9 años, con edad mínima de 17 y máxima de 65 años.

Ocho (8) pacientes eran agricultores, dos (2) de vida sedentaria y los otros 2 amas de casa; ocho (8) pacientes habían sido remitidos a Hospitales Locales de municipios de Cundinamarca y cuatro (4) procedían de Bogotá.

El tipo de trauma, ver cuadro 1, puede discriminarse de la siguiente manera:

CUADRO 1

Tipo de Trauma	Nº Ptes.	%
Caída de altura	7	58.3
Accidente automovilístico	3	25
Otros	2	16.7

El tiempo mínimo transcurrido entre la lesión y la admisión al Hospital fue de 0 horas, (el paciente se hallaba hospitalizado cuando ocurrió la lesión) y el máximo fue de 16 días, (el paciente se encontraba hospitalizado en otra institución), para un promedio de 2.9 días.

Cuatro (4) pacientes (33.3%), presentaron lesiones asociadas; dos (2) tuvieron trauma craneoencefálico, uno (1) fractura del peroné y el otro fractura del fémur que requirió osteosíntesis con clavo-placa de 95°.

Examen neurológico: seis (6) pacientes se encontraron neurológicamente normales en el preoperatorio y continuaron sin lesión neurológica en el postoperatorio. Los otros 6 presentaron lesión medular y su evolución en el postoperatorio se resume en el cuadro 2.

CUADRO 2

Escala de Frankel		Nº Ptes.	%
Preoper.	Postoper.		
E	E	6	50
A	A	2	16.5
C	D	2	16.5
C	E	1	8.5
D	E	1	8.5

Se observa que todos los pacientes con compromiso neurológico susceptible de mejorar, lo hicieron, ninguno de los pacientes que en el preoperatorio se hallaron neurológicamente normales, empeoró en el postoperatorio.

Evaluación radiológica: los diagnósticos de acuerdo a la clasificación de Denis⁶ son los siguientes, cuadro 3.

CUADRO 3

Diagnóstico	Nº	%
	Ptes.	
Fractura por estallido	7	58.2
Luxofractura	4	33.2
Fractura por acuñamiento	2	16.6

El nivel L1-L3 fue el más frecuentemente comprometido y en la unión toracolumbar ocurrieron el 50% de las lesiones.

La distancia interpedicular se encontró aumentada en el 84.6% de las vértebras traumatizadas; el valor promedio en el preoperatorio fue de 36.6 mms y en el postoperatorio de 33.5 mms. Sólo en 5 vértebras esta distancia disminuyó, en las otras 7 permaneció

elevado. En todas las fracturas por estallido se encontró aumentada.

El valor promedio de la cifosis local en el preoperatorio fue de 19.8 grados, oscilando entre 5 y 36. En el postoperatorio el valor promedio alcanzado para la lordosis local en la región lumbar fue de 5.8 grados y de la cifosis local en el área torácica de 11 grados.

La pérdida de altura promedio en el preoperatorio fue de 36.2%, oscilando entre el 20 y el 56%. En el postoperatorio el valor promedio alcanzado fue de 19.6%, oscilando entre 0 y 50%; sólo en 3 vértebras se recuperó en su totalidad la altura normal.

La ocupación promedio del canal en el preoperatorio fue de 11.2% oscilando entre el 0 y el 17.5%. En el postoperatorio el valor promedio fue de 1.8%, oscilando entre 0 y el 8%. En 11 pacientes no quedó ocupación residual.

Evaluación quirúrgica: El tiempo promedio transcurrido entre el trauma y la cirugía fue de 11.7 días, oscilando entre 1 y 38 días. El paciente que tuvo la demora de 38 días para la intervención por vía posterior, requirió primero una descompresión por vía anterior, la cual se realizó a las 24 horas del ingreso.

Los hallazgos intraoperatorios fueron los siguientes: en 4 pacientes fractura de la apófisis espinosa del nivel comprometido, en 1 subluxación de L2-L3, en 1 luxación de T11-T12, en 1 ruptura del ligamento interespinoso y en 1 sección medular total.

En ningún paciente se utilizó injerto de banco óseo. En 7 se prepararon en forma de "chips" y en 5 de pasta ósea. No se valoró la calidad de la masa de fusión ni la consolidación o no de esta.

El número de niveles instrumentados osciló entre cinco y siete.

En 11 pacientes se colocaron 4 cerclajes basiespinosos y en uno sólo 3, debido a que presentaba una fractura completa del arco posterior; esta circunstancia no ha influido negativamente en su evolución posterior.

Las complicaciones intraoperatorias fueron dos (2) (17% de los pacientes). En uno (1) se produjo accidentalmente la fractura bilateral de las facetas inferiores de T5, determinando que la instrumentación fuera subida un nivel y en uno (1) ruptura del saco dural, la cual fue saturada sin complicaciones adicionales.

Las complicaciones inmediatas fueron tres (3) (25% de los pacientes). En dos (2) se presentó infección urinaria y en uno (1) infección superficial de la herida, las cuales fueron controladas con antibióticos y curaciones.

Durante el seguimiento se han realizado las siguientes observaciones: dos (2) pacientes que se hallaban en el grupo A de Frankel en el postoperatorio y dos (2) en el grupo E no regresaron a control luego de ser dados de alta y no pudieron ser localizados para analizar su estado actual. Los otros ocho (8) pacientes acudieron a los controles y se les pudo valorar clínica y radiológicamente con el fin de realizar este informe preliminar. Su estado actual es el siguiente:

No se ha presentado deterioro neurológico en ninguno de estos ocho (8) pacientes; el examen es similar al que se consignó en el postoperatorio inmediato.

Cinco (5) pacientes se hallan libres de dolor (P1); uno (1) presenta dolor mínimo ocasional el cual no requiere medicación (P2); dos (2) presentan dolor moderado que requiere de medicación ocasional (P3), pero no ocasiona interrupción del trabajo o cambios significativos en las actividades de la vida diaria.

Cuatro (4) pacientes desde el punto de vista laboral se hallan nuevamente en su trabajo previo (W1); dos (2) han retornado a las actividades laborales previas (sedentario) o han retornado al trabajo pesado con algunas restricciones, con algunas modificaciones laborales (W2); un (1) paciente es incapaz de trabajar en su actividad previa, pero si puede hacerlo todo el tiempo en nueva actividad (W3); otro paciente no ha regresado al trabajo previo, pero lo hace en uno nuevo, del que se ausenta por dolor (W4).

El promedio de pérdida de corrección de la cifosis local fue de 4 grados, oscilando entre 0 y 7. No hay aumento en la ocupación del canal espinal.

No existe ruptura de ningún alambre, barra o desanclaje de ganchos, que sugieran pseudoartrosis.

Resultados del estudio experimental

Es necesario aclarar que los valores máximos observados son aquellos obtenidos hasta el momento en que el equipo de medición detecta una falla súbita en cualquiera de los componentes del sistema sin llegar a su ruptura. Esta falla siempre se presentó en la columna ósea y no en los implantes.

Compresión axial pura: observamos que el sistema de HARRI-CUN soporta cargas hasta 289.7 lbs y el HARRI-LUQUE hasta 354.6 lbs.

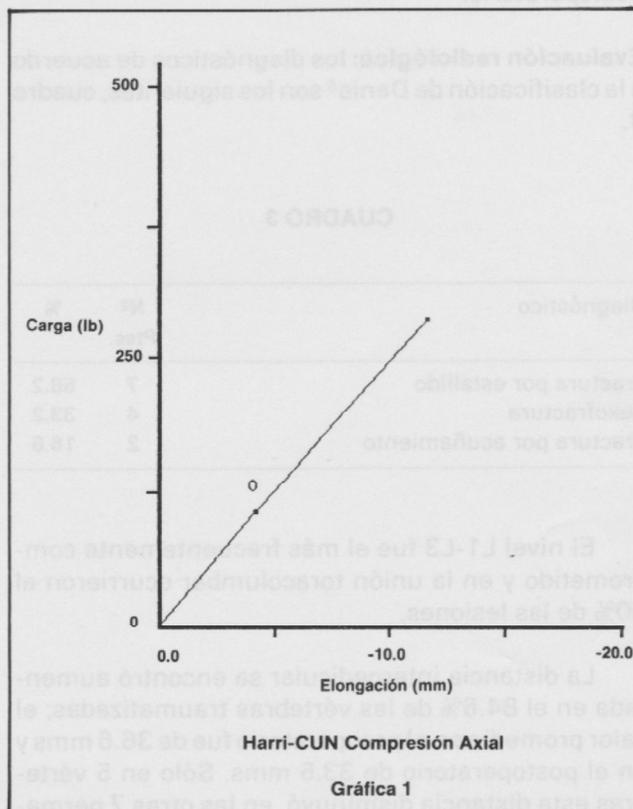
Compresión con flexión: en esta prueba el sistema HARRI-CUN soportó cargas hasta 263.7 lbs., (ver gráfica N° 2) presentando una declinación en la curva cuando se alcanzaron las 200 lbs. con una rápida recuperación del sistema, logrando la cifra tope ya citada. Por su parte, el HARRI-LUQUE soportó hasta 289 lbs. (ver gráfica 5).

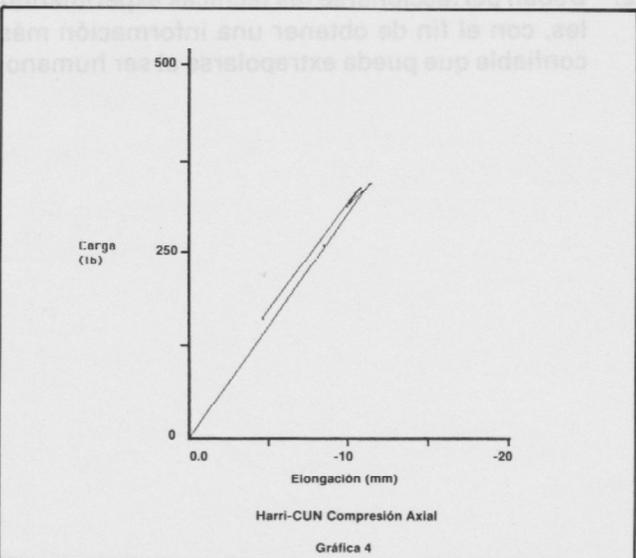
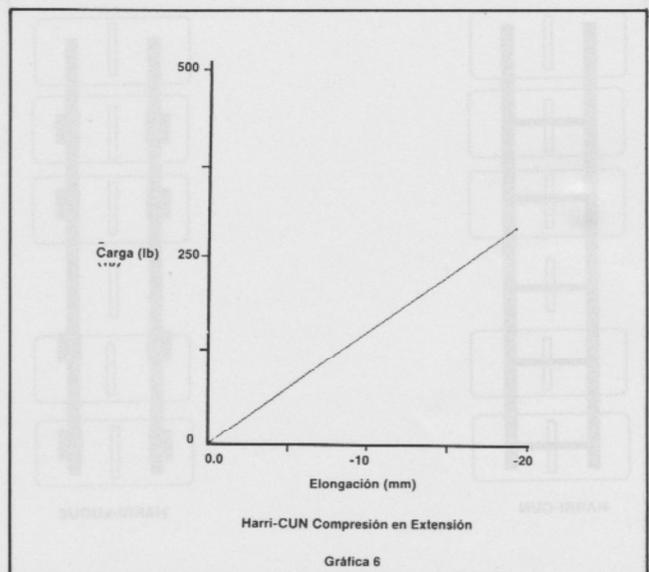
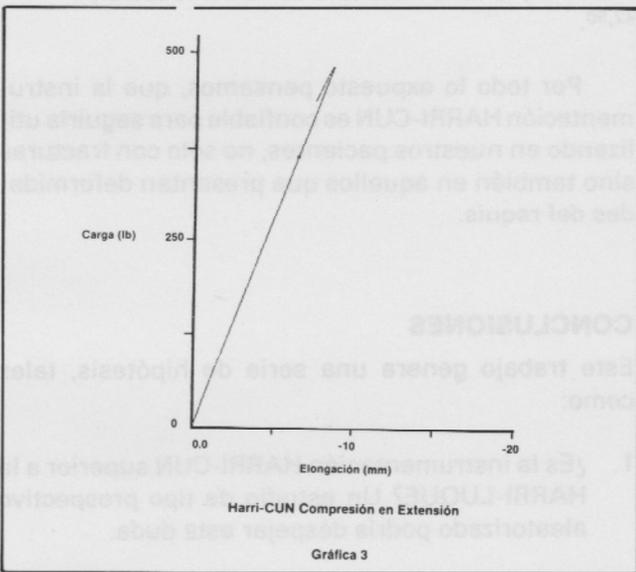
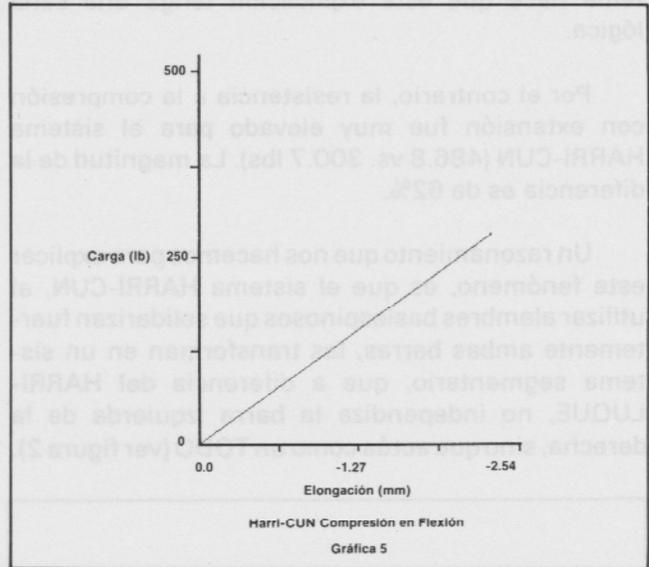
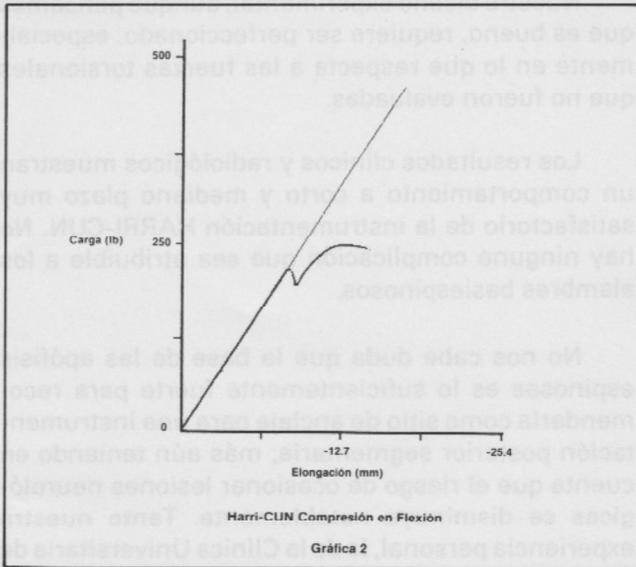
Compresión con extensión: aquí, los valores para el sistema de HARRI-CUN fueron superiores al HARRI-LUQUE soportando 486.8 lbs (ver gráfica 3) y 300.7 lbs respectivamente (ver gráfica 6).

CUADRO 4

Resumen Pruebas Biomecánicas

Prueba	Harrin-Cun (Carga Lbs)	Harri-Luque (Carga)
Compresión	289.7	354.6
Flexión	263.7	289
Extensión	486.8	300.7





DISCUSION

Los resultados observados en las diferentes pruebas a las que se sometieron los especímenes evidencian una ligera superioridad del sistema HARRI-LUQUE para la compresión axial pura (354.6 y 289.7 lbs.) y compresión con flexión (289 y 263.7 lbs).

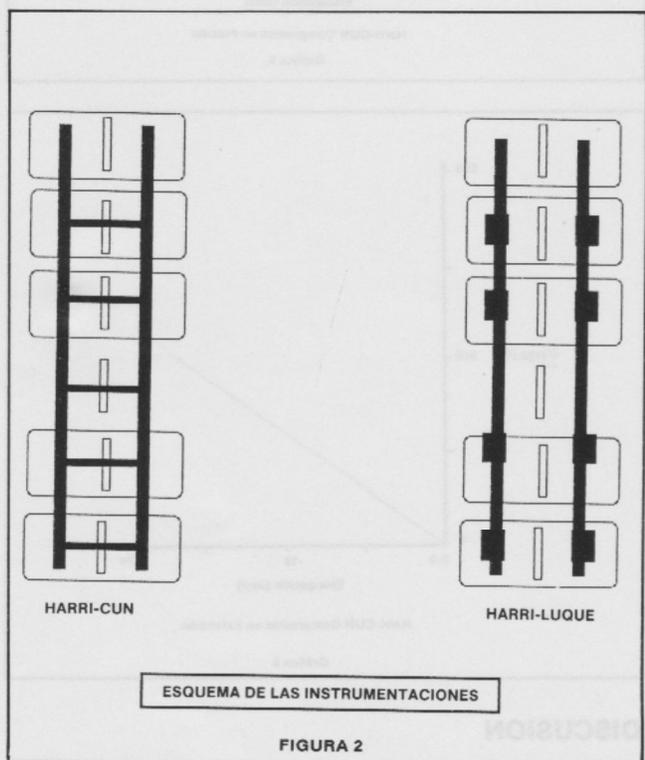
Consideramos que las diferencias observadas entre los dos sistemas aunque favorecen ligeramente al sistema HARRI-LUQUE, no son de significancia.

Además, la pérdida temporal de resistencia en la prueba de compresión con flexión del sistema HARRI-CUN, parece relacionarse con el ajuste de uno o varios de los ganchos, aunque no podemos comprobarlo. Sin embargo la rápida recuperación del sis-

tema hace que esta explicación tenga una sana lógica.

Por el contrario, la resistencia a la compresión con extensión fue muy elevado para el sistema HARRI-CUN (486.8 vs. 300.7 lbs). La magnitud de la diferencia es de 62%.

Un razonamiento que nos hacemos para explicar este fenómeno, es que el sistema HARRI-CUN, al utilizar alambres basiespinosos que solidarizan fuertemente ambas barras, las transforman en un sistema segmentario, que a diferencia del HARRI-LUQUE, no independiza la barra izquierda de la derecha, sino que actúa como un TODO (ver figura 2).



Nuestro diseño experimental, aunque pensamos que es bueno, requiere ser perfeccionado, especialmente en lo que respecta a las fuerzas torsionales que no fueron evaluadas.

Los resultados clínicos y radiológicos muestran un comportamiento a corto y mediano plazo muy satisfactorio de la instrumentación HARRI-CUN. No hay ninguna complicación que sea atribuible a los alambres basiespinosos.

No nos cabe duda que la base de las apófisis espinosas es lo suficientemente fuerte para recomendarla como sitio de anclaje para una instrumentación posterior segmentaria; más aún teniendo en cuenta que el riesgo de ocasionar lesiones neurológicas se disminuye notablemente. Tanto nuestra experiencia personal, la de la Clínica Universitaria de Navarra y la de la literatura así lo demuestran^{2,9,10,16,42,50}.

Por todo lo expuesto pensamos, que la instrumentación HARRI-CUN es confiable para seguirla utilizando en nuestros pacientes, no sólo con fracturas sino también en aquellos que presentan deformidades del raquis.

CONCLUSIONES

Este trabajo genera una serie de hipótesis, tales como:

1. ¿Es la instrumentación HARRI-CUN superior a la HARRI-LUQUE? Un estudio de tipo prospectivo aleatorizado podría despejar esta duda.
2. Deben perfeccionarse las técnicas experimentales, con el fin de obtener una información más confiable que pueda extrapolarse al ser humano.

**FORMULARIO DE RECOLECCION DE DATOS PARA FRACTURAS
DE LA COLUMNA VERTEBRAL**

I. IDENTIFICACION

Nombre: _____ Sexo: _____
 Edad: _____ H.C. N° _____
 RX _____ Procedencia _____
 Dirección y Tel.: _____ Fecha de Elaboración: _____
 Institucional: _____ Pensión: _____ Particular:
 Caprecundi:
 ISS:

Tiempo entre la lesión y la admisión al hospital: _____

II. TRAUMA

Fecha de la lesión: _____
 Tipo de trauma: _____ Accidente automovilístico:
 Caída de altura:
 Otros:

III. ESTADO NEUROLOGICO

Compromiso neurológico: Si: No:
 Nivel sensitivo medular: _____
 Shock medular: Si: No:
 Duración del shock medular: _____

Valor esfinteriana:

	Preoperatorio		Postoperatorio	
Pérdida del tono del esfínter anal:	Si: <input type="checkbox"/>	No: <input type="checkbox"/>	Si: <input type="checkbox"/>	No: <input type="checkbox"/>
Hipoestesia o anestesia anal:	Si: <input type="checkbox"/>	No: <input type="checkbox"/>	Si: <input type="checkbox"/>	No: <input type="checkbox"/>
Disfunción miccional:	Si: <input type="checkbox"/>	No: <input type="checkbox"/>	Si: <input type="checkbox"/>	No: <input type="checkbox"/>

Clasificación en la escala de Frankel:

	Preoperatorio	Postoperatorio
A		
B		
C		
D		
E		

**HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO DE LA SAMARITANA
SERVICIO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA**

Hallazgos:

Fractura de la lámina:
 Lesión del disco:
 Lesión medular:

Fractura de la Ap. espinosa:
 Lesión dural:
 Otros:

VII. INSTRUMENTACION

Tipo:

Número de niveles instrumentados:
 Número de cerclajes:

VIII. COMPLICACIONES

Intraoperatorias:

Fractura del pedículo:
 Fractura de la ap. espinosa:
 Lesión dural:

Fractura de la lámina:
 Lesión radicular:
 Otras:

Inmediatas:

Deterioro neurológico:
 Infección: Si: No:

Superficial:
 Profunda:

Fistula de L.C.R.:
 Hematoma:
 Otras:

Tardías:

Infección: Si: No:
 Ruptura de material: Alambre:

Barras: Falla de anclaje del gancho:
 Pseudoartrosis: Estenosis:
 Otras:

IX. INMOVILIZACION EXTERNA

Corsé: Si: No:

Otra: Si: No:

Tipo: Tiempo de uso:

Tipo: Tiempo de uso:

**HOSPITAL GENERAL UNIVERSITARIO DE LA SAMARITANA
SERVICIO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGIA**

X. SEGUIMIENTO:

Fecha:				
Evaluación neurológica:				
Frankel				
A				
B				
C				
D				
E				
Evaluación del dolor:				
P1				
P2				
P3				
P4				
P5				
Evaluación laboral:				
W1				
W2				
W3				
W4				
W5				
Evaluación radiológica:				
Cifosis:				
Pérdida de altura:				

BIBLIOGRAFIA

1. Angtuago, E.; Binet, E.: Radiology of thoracic and lumbar fractures. *Clin. Orthop.*, 189: 43-57, 1984.
2. Beguiristain, J.L.: Instrumentación del raquis con tallos de Harrington "anillados" asociado a cerclajes basiespinosos o sublaminares: Informe preliminar. Selección de trabajos científicos del Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra. Pamplona, España, 49-50, 1988.
3. Brown, R.; Nash, C. Jr.: Current status of spinal cord monitoring. *Spine*, 4: 466-470, 1979.
4. Brown, R.; Nash, C. Jr.; Berilla, J.; Amaddio, M.: Cortical evoked potential monitoring: A system for intraoperative monitoring of spinal cord function. *Spine*, 9: 256-261, 1984.
5. Bryant, C.; Sullivan, A.: Management of thoracic and lumbar spine fractures with Harrington distraction rods supplemented with segmental wiring. *Spine*, 8: 532-537, 1983.
6. Dennis, F.: Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma. *Clin. Orthop.*, 189: 65-76, 1984.
7. Dennis, F.; Armstrong, G.; Searls, K.; Matta, L.: Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit: a comparison between operative and nonoperative treatment. *Clin. Orthop.*, 189: 142-149, 1984.
8. DeWald, R.: Burst fractures of the thoracic and lumbar spine. *Clon. Orthop.*, 189: 150-161, 1984.
9. Drummond, D.; Guadagni, J.; Keene, J.; Breed, A.; Narechania, R.: Interspinous process segmental spinal instrumentation. *J. Pediatr. Orthop.*, 4: 397-404, 1984.
10. Drummond, D.: Harrington instrumentation with spinous process wiring for idiopathic scoliosis. *Orthop. Clin. North Am.*, 19: 281-289, 1988.
11. Eberle, C.: Failure of fixation after segmental spinal instrumentation without arthrodesis in the management of paralytic scoliosis. *J. Bone and Joint Surg.*, 70A: 696-703, 1988.
12. Eisenstein, S.: Lumbar vertebral canal morphometry for computerized tomography in spinal stenosis. *Spine.*, 8: 187-191, 1983.
13. Fergusson, R.; Tencer, A.; Woodward, P.; Allen, B.: Biomechanical comparison of spinal fractures models and the stabilizing effects of posterior instrumentations. *Spine*, 13: 453-460, 1988.
14. Fergusson, R.; Allen, B.: A mechanistic classification of thoracolumbar spine fractures. *Clin. Orthop.*, 189: 77-88, 1984.
15. Fidler, M.: Posterior instrumentation of the spine: an experimental comparison of various possible techniques. *Spine*, 11: 367-372, 1986.
16. Ganosa, C.; Villas, C.; Beguiristain, J.L.: Instrumentación del raquis con tallos anillados: estudio de los problemas técnicos. Selección de trabajos científicos del Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra. Pamplona, España, 69-70, 1988.
17. Goll, S.; Balderston, R.; Stambough, J.; Booth, R.; Cohn, J.; Pickens, G.: Depth of intraspinal wire penetration during passage of sublamina wires. *Spine.*, 13: 503-509, 1988.
18. Gozna, E.; Harrington, I.: Biomechanical of musculoskeletal injury, Baltimore/London, Williams & Wilkins, 1982.
19. Guadagni, J.; Drummond, D.; Breed, A.: Improved postoperative course following modified segmental instrumentation and posterior spinal fusion for idiopathic scoliosis. *J. Pediatr. Orthop.*, 4: 405-408, 1984.
20. Guadagni, J.; Drummond, D.: Strength of surgical wire fixation, a laboratory study. *Clin. Orthop.*, 209: 176-181, 1986.
21. Gurr, K.; McAfee, P.: Cotrel-Dubouset instrumentation in adults: A preliminary report. *Spine*, 13: 510-519, 1988.
22. Harrington, P.: The natural history and development of Harrington instrumentation. *Clin. Orthop.* 93: 110-112, 1973.
23. Harrington, P.; Dickson, J.: An eleven years clinical investigation of Harrington instrumentation. A preliminary report on 578 cases. *Clin. Orthop.* 93: 113-130, 1973.
24. Hennekens, H.; Buring, J.: Epidemiology in medicine. Boston/Toronto, Little-Brown and Co. 1987.
25. Keene, J.: Radiographic evaluation of thoracolumbar fractures. *Clin. Orthop.*, 189: 58-64, 1984.
26. Kojima, Y.; Yamamoto, T.; Ogino, H.; Okada, K.; Ono, K.: Evoked spinal potentials as a monitor of spinal cord viability. *Spine.*, 4: 471-477, 1979.
27. Krag, M.; Beynon, B.; Hope, M.; Frymoyer, J.; Haygh, L.: Instrumentation of the thoracic, lumbar, or lumbosacral spine: Design and test. *Clin. Orthop.* 203: 75-86, 1986.
28. Lee, C.; Langrana, N.: Lumbosacral spinal fusion: A biomechanical study. *Spine*, 9: 574-581, 1984.
29. Lindahl, S.; Willen, J.; Irstam, L.: Computed tomography of bone fragments in the spinal canal: an experimental study. *Spine.*, 8: 181-185, 1983.
30. Luque, E.; Zimmer Corporation, Warsaw, Indiana, USA: Corrección segmental de la columna. Abril de 1981.
31. Luque, E.: Segmental spine instrumentation for correction of scoliosis. *Clin., Orthop.*, 163: 192-198, 1982.
32. Luque, E.: Paralytic scoliosis in growing children. *Clin. Orthop.*, 163: 202-209, 1982.

33. Luque, E.: Introduction to symposium: The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine.*, 7: 256-259, 1982.
34. Luque, E.; Cassis, N.; Ramírez-Wiella, G.: Segmental spinal instrumentation in the treatment of fractures of the thoracolumbar spine. *Spine.*, 7: 312-317, 1982.
35. MacEwen, G.; Bunell, W.; Sriram, K.: Acute neurologic complications in the treatment of scoliosis. *J. Bone and Joint Surg.*, 57A: 404-408, 1975.
36. McAfee, P.; Yuan, H.; Lasda, N.: The unstable burst fracture. *Spine*, 7: 365-373, 1982.
37. McEvoy, R.; Bradford, D.: The management of burst fractures of the thoracic and lumbar spine: experience in 53 patients. *Spine.*, 10: 631-637, 1985.
38. Munson, G.; Satterlee, C.; Hammond, S.; Betten, R.; Gaines, R.: Experimental evaluation of Harrington rod fixation supplemented with sublaminar wires in stabilizing thoracolumbar fracture-dislocation. *Clin. Orthop.*, 189: 97-102, 1984.
39. Ogilvie, J.; Schendel, M.: Comparison of lumbosacral fixation devices. *Clin. Orthop.*, 203: 120-125, 1986.
40. Pampliega, T.; Beguiristain, J.: Complicaciones neurológicas de la técnica de Luque. Selección de trabajos científicos del Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra. Pamplona, España, 21-23, 1988.
41. Pampliega, T.; Beguiristain, J.: Son inevitables las complicaciones neurológicas con los cerclajes sublaminares? *Rev. Española de Ortop. y Traum.*, 34: 433-437, 1990.
42. Panjabi, M.; Goel, V.; Takata, K.: Physiologic strains in the lumbar spinal ligaments: an in vitro biomechanical study. *Spine*, 7: 192-203, 1982.
43. Rossier, A.; Cochran, T.: The treatment of spinal fractures with Harrington compression rods and segmental sublaminar wiring: A dangerous combination. *Spine*, 9: 196-199, 1984.
44. Schrader, W.; Bethem, D.; Scerbin, W.: The cronical effects of sublaminar wires. *Spine.*, 13: 499-502, 1988.
45. Schultz, A.; Andersson, G.; Ortengren, R.; Bjork, R.; Nordin, M.: Analysis and quantitative myoelectric measurements of loads on the lumbar spine when holding weights in standing postures. *Spine*, 7: 390-397, 1982.
46. Silverman, B.; Greenberg, P.: Idiopathic scoliosis and posterior spine fusion with Harrington rods and sublaminar wiring. *Orthop. Clin. North. Am.*, 19: 269-279, 1988.
47. Spielholz, N.; Benjamin, M.; Engler, G.; Ransohoff, J.: Somatosensory evoked potentials during decompression and stabilization of the spine: methods and findings. *Spine.*, 4: 500-505, 1979.
48. Sponseller, P.; Whiffen, J.; Drummond, D.: Interspinous process segmental spinal instrumentation for scoliosis in cerebral palsy. *J. Pediatr. Orthop.*, 6: 559-563, 1986.
49. Stauffer, E.: What is the latest and what is the best in spinal instrumentation for fractures. Instructional Course AAOS, leído en el LVI Meeting de la AAOS, 1989.
50. Steffee, A.; Biscup, R.; Sitkowski, D.: Segmental spinal plates with pedicle screw fixation: a new internal fixation device for disorders of the lumbar and thoracolumbar spine. *Clin. Orthop.*, 203: 45-53, 1986.
51. Steffee, A.; Sitkowski, D.: Posterior lumbar interbody fusion and plates. *Clin. Orthop.*, 227: 99-102, 1988.
52. Thurston, A.; Harris, J.: Normal kinematics of the lumbar spine and pelvis. *Spine*, 8: 189-205, 1983.
53. Vauzelle, C.; Stagnara, P.; Jouvinroux, P.: Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin. Orthop.*, 93: 173-178, 1973.
54. Veloz, E.; Villas, C.; Beguiristain, J.L.: Revisión de pacientes con instrumentación CUN en cirugía del raquis. Selección de trabajos científicos del Departamento de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra. Pamplona, España, 84-85, 1988.
55. Wenger, D.; Carollo, J.: The mechanics of thoracolumbar fractures stabilized by segmental fixation. *Clin. Orthop.*, 189: 89-96, 1984.
56. White, A.; Panjabi, M.: The basic kinematics of the human spine: a review of past and current knowledge. *Spine*, 3: 12-20, 1978.
57. Wilber, G.; Thompson, G.; Shaffer, J.; Brown, R.; Nash, C.: Postoperative neurological deficits in segmental spinal instrumentation: a study using spinal cord monitoring. *J. Bone and Joint Surg.* 66A: 1178-1187, 1984.
58. Yang, S.; Langrana, N.; Lee, C.: Biomechanics of lumbosacral spinal fusion in combined compression-torsion loads. *Spine*, 11: 937-941, 1986.
59. Yngve, D.; Burke, S.; Price, C.; Riddick, M.: Sublaminar wiring: technique. *J. Pediatric Orthop.*, 6: 605-608, 1986.
60. Zindrick, M.; Knigh, G.; Bunch, W.; Miller, M.; Butler, D.; Lorenz, M.; Behal, R.: Factors influencing the penetration of wires into the neural canal during segmental wiring. *J. Bone and Joint Surg.*, 71A: 742-750, 1989.