



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES DE POSGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS MÉDICAS,
ODONTOLÓGICAS Y DE LA SALUD**

**“COSTO-EFECTIVIDAD DE DOS TÉCNICAS QUIRÚRGICAS PARA EL
TRATAMIENTO DE FRACTURAS TORACOLUMBARES POR
ESTALLAMIENTO”**

Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Médicas

PRESENTA:

EDGAR ABEL MARQUEZ GARCIA

TUTOR:

MIGUEL ANGEL VILLASIS KEEVER¹

CO-TUTORES:

**ARMANDO NEVAREZ SIDA²
PATRICIA CONSTANTINO CASAS²**

¹ Unidad de Investigación en Epidemiología Clínica, UMAE Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI, ² Unidad de Investigación en Economía de la Salud, Instituto Mexicano del Seguro Social



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE	PÁGINA
Dedicatoria y agradecimientos	1
Resumen	5
I. Introducción	8
II. Justificación	22
III. Enfoque del Estudio:	
• Planteamiento del Problema	23
• Objetivos	24
IV. Material y Métodos	
• Diseño de la Investigación	25
• Diseño de la Muestra	25
• Variables	26
• Descripción general del Estudio	29
• Evaluación de costos	31
• Análisis Estadístico	37
V. Consideraciones éticas	37
VI. Resultados	38
VII. Discusión.	48
VIII. Referencias bibliográficas	56

DEDICATORIAS

A MI MADRE

POR HABERME INCULCADO
VALORAR EL ESFUERZO PLASMADO
EN HECHOS

A MIS HERMANOS

POR DARME SU APOYO
INCONDICIONAL Y SER UNA
FIGURA ESPECIAL EN SUS CORAZONES

A TI BEATRIZ

POR COMPARTIR TODO ESE ESFUERZO, TIEMPO
Y HORAS DE DESVELO.
POR APOYARME EN SEGUIR ADELANTE
EN LOS TIEMPOS BUENOS Y MALOS.

A MIS HIJOS ANDRES Y DANNA

POR SER MI FUENTE DE INSPIRACIÓN Y
MI GRAN TESORO EN LA VIDA.

AGRADECIMIENTOS

A MI TUTOR M. C. MIGUEL ANGEL VILLASÍS KEEVER

POR SER MI PROFESOR INCONDICIONAL
Y TENERME SIEMPRE LA PACIENCIA QUE
SOLICITE.

A MIS COTUTORES:

A LA DRA NORMA CONSTANTINO Y A ARMANDO NEVAREZ SIDA

POR SU TIEMPO Y SU EXPERIENCIA
EN LA CONCLUSIÓN DE ESTA TESIS, ASI COMO
SU INTERES INCONDICIONAL.

A MIS PACIENTES

QUE ME DIERON LA OPORTUNIDAD
DE CONOCER DE ELLOS LA PATOLOGÍA DE COLUMNA

**A TODOS AQUELLOS COMPAÑEROS Y COLABORADORES
QUE ME DIERON DE ALGUNA MANERA
SU APOYO PARA MI FORMACIÓN Y
LA FINALIZACION DE MI TESIS.**

RESUMEN:

Las fracturas de columna vertebral ocupan 4.9% de la morbilidad, ocasionan discapacidad y, generalmente, ocurren en personas económicamente activas. Un tercio del total de fracturas de la columna corresponden a las toracolumbares; de éstas, la mayor parte suceden en región torácica o lumbar, y cerca del 40% se asocian con déficit neurológico. Las fracturas vertebrales se clasifican por el mecanismo de lesión en el momento; por ejemplo, la fractura por estallamiento se presenta cuando la fuerza se disipa en sentido vertical y choca con la plataforma vertebral, provocando que los fragmentos óseos se separen.

El tratamiento quirúrgico clásico de las fracturas por estallamiento es mediante técnicas por vía anterior, lo cual permite descomprimir directamente los fragmentos de hueso, limitar el daño neurológico y reducir la fractura. Con esto se logra estabilidad mecánica superior, al darle soporte a la columna anterior. Sin embargo, con esta técnica existen problemas para el paciente y el cirujano, ya que se exponen estructuras tales como el pulmón, la vena cava y la aorta. Recientemente se han incorporado técnicas de abordaje menos invasivas, donde se realiza el mismo procedimiento por vía anterior, pero es más pequeño y con menos complicaciones que con la técnica habitual. Además, se pueden evitar complicaciones al darle soporte anterior a la columna lesionada, con la incorporación de cajas, mallas, espaciadores o sustitutos de cuerpo vertebral, que logran evitar un segundo abordaje y otras complicaciones.

En el servicio de cirugía de columna del Hospital de Traumatología “Dr. Victorio de la Fuente Narváez” se busca determinar si la técnica menos invasiva (llamada modificada) ofrece una mejor alternativa que la técnica habitual para el tratamiento de los pacientes con fracturas toracolumbares por estallamiento completas, tanto en el resultado clínico como en el costo económico.

OBJETIVO

Comparar la efectividad y costos de la técnica *habitual* vs. la técnica *modificada* para el tratamiento de los pacientes con fracturas toracolumbares por estallamiento completo

(FTEC) mediante la cuantificación del sangrado postoperatorio, el tiempo de estancia hospitalaria y las complicaciones postoperatorias mediatas.

PACIENTES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo para realizar una evaluación económica tipo costo-efectividad; se compararon dos grupos de tratamiento quirúrgico por fractura por estallamiento completa: uno mediante la técnica habitual (Grupo A) y el otro con la técnica modificada (Grupo B). Ambos grupos se parearon por edad, sexo, complicaciones agregadas y localización de la fractura.

Se incluyeron 14 pacientes por cada grupo, la medida de efectividad fue días de estancia hospitalaria evitados. Se costearon salarios de personal, tipo de implante, costos día cama y costo de tratamiento quirúrgico.

El análisis de los costos se realizó con un análisis incremental de costos y efectos, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$RCEI = \frac{\mu CT - \mu CC}{\mu ET - \mu EC}$$

donde,

μCT = costo de la nueva terapia

μCC = costo de la terapia control

μET = efectividad de la nueva terapia

μEC = efectividad de la terapia control

También se calculó la razón costo incremental, así como se realizó un análisis de sensibilidad probabilística con una representación gráfica por el modelo de Markov y simulación de Montecarlo.

RESULTADOS

En ambos grupos 71.4% fue del género masculino. Por el tipo de localización de la fractura, siete fueron de L2 (50%); cuatro de L1 (28.6%); dos de T11 (14.3%); y uno de T12 (7.1%).

El promedio de tiempo quirúrgico para el Grupo A fue 4.55 ± 0.73 h (intervalo 4 - 6 h), y para el Grupo B 2.6 ± 0.5 (intervalo 2 - 3), $p < 0.001$. La media de la cantidad de sangrado en el Grupo A fue 2644 ± 318.1 mL (intervalo 2000 - 3000) y en el grupo B de 1021.4 ± 424.5 mL (intervalo 100 - 1800), $p < 0.001$. En cuanto a los días de estancia hospitalaria, el promedio para el grupo A fue 21 ± 8.4 días (intervalo 10 - 35) y para el grupo B de 7 ± 1.5 días (intervalo 5 - 10), $p < 0.001$.

Con respecto a los costos, el costo promedio del personal para la cirugía del Grupo A fue de \$1,914 pesos ± 392 pesos, y para el Grupo B fue de \$1,083 ± 200 pesos. Mientras que el costo promedio de los implantes fue \$28,597.38 pesos y \$34,546.98, respectivamente. El costo promedio total por paciente para técnica habitual fue \$108,192 $\pm 19,306.00$ pesos y para la técnica modificada fue \$71,207 ± 5472.00 pesos.

El análisis de costo incremental y razón costo incremental realizado señaló lo siguiente:

$$RCEI = \frac{\mu_{CT} - \mu_{CC}}{\mu_{ET} - \mu_{EC}} = \frac{108192 - 71207}{21 - 7} = \frac{36985}{14} = 2642$$

CONCLUSIONES

Para los pacientes con fracturas toracolumbares por estallamiento, la técnica modificada tiene mejores resultados clínicos (menor cantidad de sangrado, complicaciones y días de estancia) y menor costo que la técnica modificada, por lo que la primera alternativa es más costo-efectiva. Esta información deberá ser de utilidad para la toma de decisiones, tanto para los clínicos como para las Instituciones.

INTRODUCCIÓN

Aspectos epidemiológicos de las fracturas vertebrales

En México los accidentes son la séptima causa de muerte después de las enfermedades del corazón, la diabetes, cáncer, enfermedades cerebrovasculares, hepáticas y las pulmonares obstructivas crónicas. En México, 1,219 accidentes ocurren cada 24 horas, 50.8 cada hora o 1.68 cada dos minutos. Las fracturas en general ocupan el 4.9% de la morbilidad en México; mientras que en Estados Unidos de Norteamérica se registran alrededor de 30,000 fracturas vertebrales al año y, de ellas, alrededor de 8,000 afectan a la médula espinal.¹

Las fracturas de columna son una de las patologías más serias que afectan a los humanos. Constituyen una de las causas mayores de discapacidad ya que ocurren en personas económicamente activas en edades que van desde los 18 a 65 años.²

Dentro de las fracturas de columna, las toracolumbares representan un tercio del total. Entre el 60 y 70% de las fracturas de columna torácica y lumbar ocurren en la unión toracolumbar (T12 a L2) y cerca de 40% de esas fracturas están asociadas con diferentes grados de déficit neurológico.³

En el Hospital de Traumatología “Dr. Victorio de la Fuente Narváez” (HTVFN) en el año 2000 se presentaron 352 lesiones de columna; el 58% correspondió a fracturas toracolumbares, de las cuales el 19% fue fracturas por estallamiento incompleto y el 10% fracturas por estallamiento completo.⁴ Por otro lado, en una muestra de seis meses tomada del HTVFN en 1993 se identificó que de 105 pacientes que ingresaron a la unidad de choque, en el 30.2% el mecanismo de lesión había sido caída de altura y por tuvieron fracturas vertebrales, correlacionado con que la mayoría de las fracturas por estallamiento vertebral ocurren por este mecanismo.

Las fracturas toracolumbares por estallamiento inestables son lesiones usualmente producidas por una alta energía por lo tienen un cuadro clínico diverso. Entre los signos y síntomas que se presentan, existe dolor localizado en el área afectada de la columna además de hipersensibilidad, puede o no ocurrir afección neurológica con paraplejia o alteración esfinteriana. Existen comúnmente lesiones agregadas a la fractura toracolumbar debido a las fuerzas del trauma y su rápida desaceleración. El neumotórax, hemotórax, fracturas

costales, disrupción bronquial, contusión pulmonar y miocárdica, rupturas diafragmáticas son también lesiones comunes.⁵

Tratamiento de las fracturas de columna por estallamiento

El primer tratamiento que se ofreció a los pacientes con fracturas de columna por estallamiento fue el reposo prolongado y la colocación de un corsé de yeso en hiperextensión. Sin embargo, la progresión de la curva cifótica cuando tenían afectación del 50% de colapso vertebral llevaba a complicaciones, tales como neumonía y escaras por decúbito en el 37%, con lo cual la mortalidad llegaba al 90%. En los casos de tratamiento exitoso, sólo se lograba la corrección de la fractura a largo plazo cuando la pérdida de la altura vertebral era menor del 40%, cuando la angulación era menor de 20° y cuando el paciente estaba neurológicamente íntegro.⁶

En vista de la poca frecuencia de éxito, en la década de los 70's se inició el tratamiento quirúrgico con la técnica de abordaje vía posterior y con la colocación del primer sistema de fijación. Esta técnica incluía, además del abordaje posterior, una fusión con un sistema de instrumentación (barras de Harrington) que indirectamente se creía que al darle tracción a las barras permitía la restauración de la altura vertebral del nivel lesionado, reducción de la cifosis en forma temporal y la descompresión del canal medular.^{7,8} Sin embargo, cuando existían fragmentos retropulsados hacia el conducto, los resultados eran malos ya que no brindaban una descompresión exacta del conducto medular, lo cual ocasionaba mayor invasión al conducto medular en alrededor del 20%. Además, al fijar dos niveles por abajo y tres niveles por arriba del cuerpo vertebral lesionado había frecuentemente síndrome de espalda plana. Con este procedimiento en ningún caso la vértebra colapsada recuperaba el soporte de la columna.⁹

La falta de buenos resultados del tratamiento quirúrgico por vía posterior llevó a la implementación de técnicas por vía anterior que permitían descomprimir directamente los fragmentos de hueso, limitar el daño neurológico y reducir anatómicamente la fractura para lograr una estabilidad mecánica superior, al darle soporte a la columna anterior.^{7,10} Pero algunos aspectos relacionados con la seguridad por la exposición de estructuras vitales como el pulmón, vena cava y aorta hacían poner en duda su utilidad.

Los abordajes anteriores se conocen desde 1956 cuando Hodgson y Stock ¹¹ drenaron un absceso tuberculoso mediante un abordaje anterolateral. Este abordaje se usó también en los años 50's para la fusión anterior de la escoliosis por Wenger.⁸

El abordaje retroperitoneal amplio (el cual es el *tratamiento habitual*) para la descompresión y estabilización de la columna en fracturas toracolumbares no recientes, acompañado con una deformidad cifótica y con compromiso del conducto medular, fue desarrollado por Bohlman y colaboradores en el año 1975.¹² Estos autores observaron una notable mejoría de los problemas neurológicos con la descompresión anterior. Sin embargo, este procedimiento tiene desventajas: mayor tiempo quirúrgico, de sangrado y de tiempo de estancia hospitalaria; además, cuando se abre la cavidad pleural s necesario la colocación de sondas.

Cuando se inició el tratamiento quirúrgico de las fracturas por estallamiento se utilizaban métodos que recomendaban fijación anterior y posterior, lo cual implica dos vías de abordaje y dos cirugías del segmento lesionado. Por lo anterior, en el año 2000 todavía se recomendaba el abordaje anterior para reducir la morbilidad del procedimiento con dos cirugías. A pesar de estas ventajas, cuando se realiza el procedimiento para la reducción de la fractura, es necesario realizar una segunda cirugía para la toma del injerto óseo cuando se pretende restituir la altura vertebral.¹³

Actualmente las fracturas por estallamiento completo se resuelven mediante un abordaje retroperitoneal amplio (20 centímetros), siempre y cuando exista: 1) más del 50% de pérdida de la altura vertebral, 2) cifos mayor de 20°, 3) invasión mayor de 50% del conducto medular y, 4) lesión neurológica incompleta ^{8,14,15} o por acortamiento vertebral por un abordaje posterior ^{85,86}

La cirugía de columna ha tenido un gran avance por al advenimiento de la cirugía mínima invasiva. Con esta técnica se trata de evitar las complicaciones de los procedimientos antes descritos. Desde que Wickhman y Fitzpatrick acuñaron el término en 1990,¹⁶ se ha hablado de la reducción del trauma quirúrgico para beneficio del paciente ya que existe disminución del dolor y menor discapacidad. Una cirugía de columna con la técnica menos invasiva se caracteriza por una incisión más pequeña (ocho centímetros como máximo) y la visión directa del procedimiento. Esto último se logra mediante la iluminación óptima al utilizar

un retractor conocido como Synframe, el cual consiste en un anillo estable que se fija con dos brazos sobre la mesa de cirugía, que permite un acceso sobre los 360 grados del anillo.

Mühlbauer y col.¹⁷ reportaron su experiencia en cinco pacientes donde se realizó cirugía por vía anterior; en cuatro pacientes se uso para el tratamiento de fracturas lumbares por estallamiento y en un paciente con tumor de próstata. En todos los casos se realizó una incisión de 5 cm, corporectomías lumbares, colocación de mallas y la fijación con placas y tornillos. Estos autores utilizaron el sistema Miaspas para la retracción, el cual ofrece una adecuada iluminación y visibilidad para el cirujano. En su reporte indican que hubo una excelente visibilidad en el área quirúrgica, que el tiempo quirúrgico promedio fue de seis horas, un sangrado promedio de 1,120 mL, que se logró la descompresión total del canal medular y, al parecer, lograron buenos resultados funcionales y de fusión. En contraste, en la cirugía por la técnica habitual, es decir, abordaje anterior amplio, se ha observado que tanto el tiempo quirúrgico (nueve horas en promedio) como el sangrado (2,400 mL en promedio) son mayores.¹⁸ En este último tipo de abordaje quirúrgico, el tiempo de estancia posoperatoria ha sido de 13 días en promedio, y hasta el momento se desconoce el tiempo de estancia hospitalaria con el abordaje anterior.

En un reporte preliminar realizado por M. Aebi y T. Steffen se evaluaron 250 cirugías posteriores y 100 cirugías anteriores de columna toracolumbar utilizando el retractor Synframe. En este estudio se describe que hubo buena visualización del campo quirúrgico y que sólo se presentó una complicación, que al parecer no tuvo relación con el uso de este sistema. En esta publicación no se define el tipo de lesiones de los pacientes, ni la comparación de resultados de acuerdo con el tipo de abordaje quirúrgico.¹⁹

En otro estudio descriptivo por Payer M y Sottas C se evaluaron los resultados de 37 pacientes utilizando un abordaje menos invasivo para la reconstrucción del cuerpo vertebral secundario a fracturas o tumores, auxiliándose del retractor Synframe. El tiempo promedio de cirugía fue de 181 minutos, con sangrado promedio de 632 mL, así como mejoría del dolor a los 6, 12 y 24 meses. Se señalan seis complicaciones transitorias, pero no se especifica en qué consistieron. Los autores comentan que es una excelente alternativa para procedimientos toracoscópicos y laparoscópicos, evitando la curva de aprendizaje, así como las dificultades técnicas y otros procedimientos costosos.²⁰

Por otro lado, es conveniente mencionar que para la reducción anatómica de la fractura se requiere la restitución al 100% de la altura para que la vértebra sea capaz de soportar la carga. Se conocen diversos materiales que se utilizan para lograrlo, como la porcelana, la malla de titanio,^{17,21,22} y el injerto peroné, costilla y de cresta ilíaca. Estas tres últimas requieren un segundo abordaje para la toma del injerto produciéndose mayor sangrado, tiempo quirúrgico y dolor para el paciente. Por lo general, el injerto se utiliza cuando se lleva al cabo la técnica habitual.²³

En vista de las complicaciones mencionadas, se empezó a utilizar una caja de titanio diseñada para recuperar la altura vertebral, para evitar las complicaciones de un segundo abordaje quirúrgico. La caja de titanio, llamada comercialmente Synex, consiste en un cilindro metálico que se adosa perfectamente a las plataformas vertebrales, de acuerdo con el tamaño que se requiera. Se puede utilizar en ambas técnicas, sin embargo su uso está limitado a la técnica menos invasiva. Sus indicaciones son: fracturas o luxaciones con daño a la columna anterior, cifos postraumático y tumores de la columna toracolumbar. Existen publicaciones de estudios biomecánicos donde se comparan las cajas de titanio con mallas (instrumento de titanio utilizado para mantener altura pero requiere más material de injerto en su interior para adosarse a las plataformas vertebrales y lograr una fusión sólida). Los resultados sugieren que Synex soporta dos veces más la fuerza de carga que las mallas y que es superior desde el punto de vista biomecánico.^{24,25} En una primera experiencia, Krbec, Stulik y Tichy²⁶ realizaron la colocación de sustitutos de cuerpo vertebral en 42 pacientes en un lapso de 18 meses, implantándolo en 14 pacientes con fracturas vertebrales, en seis con cifos postraumáticos, en ocho con destrucción del cuerpo vertebral secundario a lesiones tumorales y, en seis pacientes con tumores vertebrales primarios. En 25/42 casos el Synex se acompañó de una instrumentación posterior, en nueve una instrumentación anterior llamado Ventrofix y en ocho solamente con el sustituto. La vértebra más afectada fue L1. De los 42, en 30 se colocó mediante toracolumbotomía convencional y en 12 con abordaje retroperitoneal menos invasivo. El tiempo promedio de cirugía fue 1.50 h cuando se acompañó con Synex/Ventrofix; en este estudio no se reportó la cantidad de sangrado, los días de estancia hospitalaria ni las complicaciones.²⁶

Lange, Knop, Batian y Blauth realizaron un estudio prospectivo multicéntrico donde colocaron 126 Synex en un lapso de un año para diferentes entidades donde la columna

anterior estaba destruida; utilizaron un abordaje menos invasivo y no reportaron complicaciones, pero tampoco se menciona la cantidad del sangrado, el tiempo quirúrgico ni de los días de estancia hospitalaria.²⁷

Vieweg, Sohlch y Kalff²⁸ analizaron a 30 pacientes en forma retrospectiva a los que se les aplicó el Synex en casos de fracturas vertebrales por estallamiento por vía anterior; en tres se complementó con una placa por vía anterior, mientras que en el resto se agregó un dispositivo por vía posterior. El periodo de seguimiento fue de 14 meses con una pérdida de corrección de altura vertebral de 1.6 grados, solamente hubo un caso de inestabilidad posquirúrgica que requirió de reoperación. En dos hubo deterioro neurológico y un caso de seroma pleural. Como en los otros estudios, tampoco se menciona la cantidad de sangrado, el tiempo quirúrgico ni los días de estancia hospitalaria.

Lange y col.^{29,30} en el 2006 y 2007 analizaron en forma retrospectiva a 50 pacientes en quienes se colocó un Sinex; a 39 se siguieron 20 meses, 38 fueron por fractura, observando que 25 regresaron a su trabajo antes de un año. Además se observó una pérdida de corrección del ángulo cifótico en 2.3° grados. Estos autores tampoco evaluaron el tiempo de la cirugía, sangrados, el tiempo de estancia hospitalaria o las complicaciones.

Por su parte, Zeman y col.³¹ analizaron 18 pacientes de manera forma retrospectiva, a quienes se les aplicó el Synex por fractura aguda por estallamiento, cifosis postraumática o fracturas secundarias a metástasis de pulmón y próstata. En 14 se les reforzó con una instrumentación por vía posterior y a cuatro por vía anterior utilizando ventrofix. Se observó pérdida de la corrección en 2.0 grados en quienes se utilizó sistemas por vía posterior, y de 5.0 grados para los reforzados por vía anterior. En el estudio, no se menciona la cantidad de sangrado ni el tiempo quirúrgico.

En México se usa desde el año 2000; sin embargo, no se cuenta con datos sobre los lugares donde se ha colocado ni tampoco se conoce si existe alguna ventaja desde el punto de vista económico con relación a otros implantes para determinar si existe alguna ventaja para soportar la capacidad de carga, mantener la altura y evitar deformidades en cifosis en las fracturas vertebrales por estallamiento.

Sistemas de fijación

Los sistemas de fijación utilizados por vía anterior mantienen un soporte externo mientras existe fusión intervertebral y se restituye la altura, lo cual permite que la carga se disipe en el sistema de fijación y no en el aparato que restituye la altura vertebral. Una vez fusionado, las cargas se distribuyen en ambos lados.³²

Los instrumentos desarrollados para la fijación anterior toracolumbar tienen tres formas: placas, sistemas de tracción y sistemas de fijación extracorpórea. Estas formas de instrumentación ofrecen la ventaja de una fijación segmentaria corta. En la actualidad, se prefieren los sistemas de fijación extracorpórea por su capacidad de no aflojamiento, por mantener su rigidez su capacidad de carga, así como por su menor relieve, a fin de disminuir la posibilidad de lesiones vasculares.³³ En el HTVFN se utiliza el fijador Ventrofix con doble barra para la región toracolumbar para la técnica habitual; para la técnica menos invasiva sólo es necesario solamente una barra.³⁴

Costo-efectividad en fracturas toracolumbares por estallamiento

La aplicación de la economía a la práctica médica no necesariamente significa que se tenga o se gaste menos. La finalidad, en general, es el uso de los recursos de manera eficiente.³⁵ Cuando se toman decisiones acerca de pacientes, los médicos necesitan no sólo conocer los beneficios y los riesgos, sino además considerar si los beneficios son mejores para la salud en función de los recursos disponibles. En el caso de las políticas de salud, la asignación de recursos para la atención médica debe basarse en la mejor evidencia disponible donde los beneficios de las intervenciones justifican los costos.³⁵ Para la toma de decisiones se deberían realizar análisis económicos de las prácticas clínicas, los cuales son métodos formales y cuantitativos que comparan estrategias alternativas con respecto al uso de sus recursos y los resultados esperados.³⁶

Para Fontaine la evaluación económica se define como: “la comparación de costos y beneficios con el propósito de emitir un juicio sobre la conveniencia de ejecutar dicho proyecto en lugar de otros”.³⁷ Por su parte, Rovira define a la evaluación económica de atención a la salud como: “el conjunto de procedimientos o técnicas de análisis dirigidos a evaluar el impacto de opciones o cursos de acción alternativos sobre el bienestar de la sociedad”. Cualquier decisión que implique una elección entre dos o más opciones y que

tenga una repercusión en la salud y en los recursos, es susceptible de ser evaluado desde el punto de vista económico.³⁷

Drummond ³⁸ clasifica las evaluaciones económicas en completa y parcial. En la completa se contestan dos preguntas principales: ¿hay comparación entre dos o más alternativas? y ¿se examinan tanto los costos (factores productivos) como los beneficios (productos) de las alternativas? Cuando no se cumple alguna de estas preguntas, entonces se realiza una evaluación económica parcial. La evaluación económica completa brinda resultados de eficacia, efectividad, eficiencia y equidad. Las evaluaciones parciales representan estadios intermedios para la comprensión de los costos y resultados de los servicios y programas sanitarios. Las técnicas de evaluación económica completa se dividen en cuatro tipos: ³⁸ I) Minimización de costos: este tipo de estudio es considerado como de costo-efectividad, donde se conoce por estudios clínicos la efectividad de las alternativas, así como los riesgos y los efectos secundarios; lo único que hace que un programa sea mejor que otro son los costos de cada intervención. Es decir, se tomará la decisión de implementar alguna tecnología en relación con sus costos, ya que las medidas de desenlace (o efectividad) son prácticamente iguales. Sólo se comparan los costos netos directos de las opciones para identificar la alternativa menos costosa. La evidencia de efectividad se obtiene normalmente de los ensayos clínicos controlados. II) Costo-efectividad: Se comparan los efectos positivos y negativos de dos o más programas o intervenciones. Los costos se miden en unidades monetarias y los beneficios en unidades naturales de efectividad. Esta técnica tiene un limitante: sólo permite comparaciones si el o los resultados se expresan en las mismas unidades de efectividad. III) Costo-beneficio: Este tipo de análisis es el único con el cual se expresan distintas consecuencias en términos monetarios, pero permite comparar proyectos o tecnologías de distinta naturaleza. Este tipo no está exento de limitaciones ni escapa de polémicas derivadas de la atribución de valores monetarios a consecuencias subjetivas o culturalmente condicionadas. IV) Costo utilidad: Para poder tomar decisiones respecto a la eficiencia relativa de distintas intervenciones o programas sanitarios se utiliza este análisis, en el cual se comparan los costos entre dos opciones de tratamiento distintas; por ejemplo, realizar trasplante hepático en cirróticos o tratar la sintomatología de la menopausia con sustitución hormonal. En términos generales, los

resultados son medidos en años de vida ajustados por calidad de vida o QALY (por sus siglas en inglés).⁴⁰

Los ensayos clínicos además de generar datos acerca de la eficacia de un tratamiento también pueden incluir los costos. Un análisis económico puede estimar los costos y la efectividad a partir de diferentes estudios de terapia, diagnóstico y pronóstico. La principal distinción entre los análisis económicos y los estudios clínico-epidemiológicos es la medición explícita de los recursos utilizados. Así, la integración de los costos incluye el ahorro en valores de resultado en salud (como los días o ganados en salud, etc.) para brindar un panorama más amplio sobre las diferentes alternativas de tratamiento.³⁶ Por esta razón, en la literatura existen más evaluaciones económicas en el área de la salud,³⁷ las cuales ayudan a tomar decisiones más adecuadas para sustentar una alternativa de tratamiento o permitir reforzar una política de salud.³⁹

La relación entre la esperanza de vida y ajuste de calidad de esperanza de vida es la reducción proporcionada en calidad de vida resultado de un estado de salud peor o mejor en una escala de 0 a 1. Donde 1 es el estado perfecto de salud y 0 el peor o muerte. Idealmente los QALY sirven como medida de efectividad.

Para estimar si el programa de salud específico tiene un uso eficiente de los recursos, se mide la razón de costo-efectividad incremental, que es el primer paso para determinar si un programa es costo-efectivo en comparación a la otra alternativa. Tal determinación requiere comparar la relación incremental para un programa específico con otras intervenciones (Ecuación 1).⁴⁰

Análisis de costo resultado incremental

$$RCEI = \frac{\mu CT - \mu CC}{\mu ET - \mu EC}$$

(Ecuación 1)

μCT = costo medio de la nueva terapia

μCC = costo medio de la terapia control

μET = efectividad media de la nueva terapia

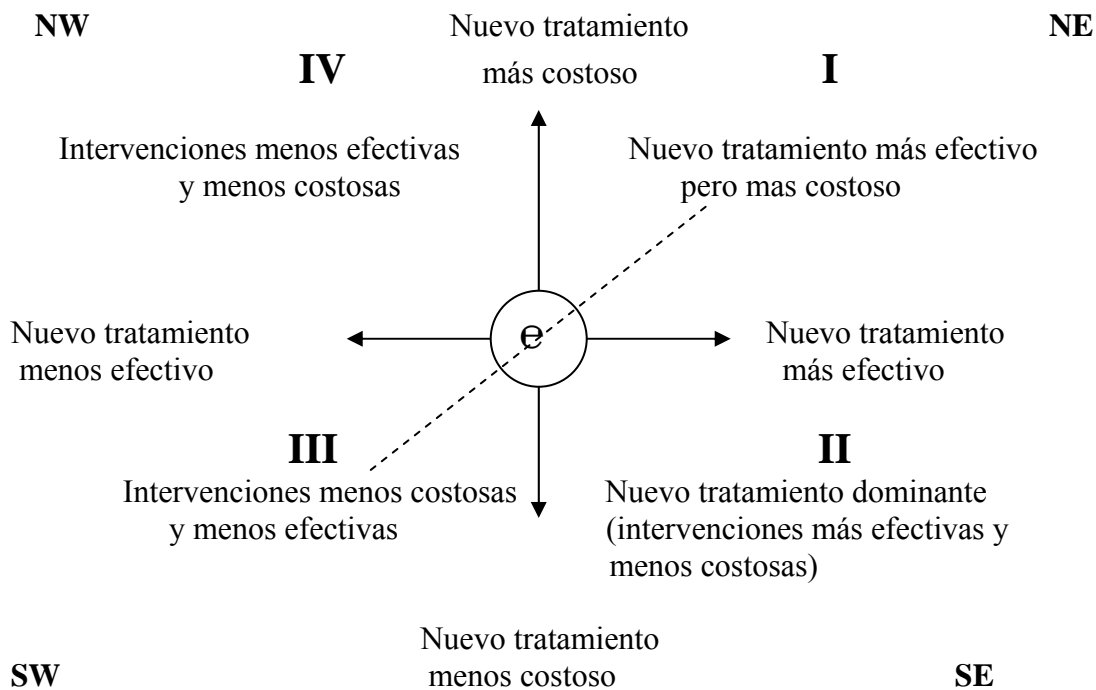
μEC = efectividad media de la terapia control

O'Brien identifica en el plano de costo efectividad cuatro situaciones diferentes para calcular la efectividad y el costo incremental.³⁹

1. $\mu_{CT} - \mu_{CC} < 0$; $\mu_{ET} - \mu_{EC} > 0$; DOMINANTE = La terapia experimental es igual o más efectiva que la terapia existente.
2. $\mu_{CT} - \mu_{CC} > 0$; $\mu_{ET} - \mu_{EC} < 0$; DOMINANTE = La terapia experimental es más cara y menos efectiva que la terapia existente.
3. $\mu_{CT} - \mu_{CC} > 0$; $\mu_{ET} - \mu_{EC} > 0$; NEGATIVO = Considerar la magnitud de un costo adicional de la nueva terapia.
4. $\mu_{CT} - \mu_{CC} < 0$; $\mu_{ET} - \mu_{EC} < 0$; NEGATIVO = Considerar la magnitud de costo de la nueva terapia reduciendo efectividad.

Las cuatro situaciones descritas son equivalentes a los cuatro cuadrantes del plano costo-efectividad, las cuales han sido tomados para el análisis de los resultados de costo-efectividad que se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Cuadrantes de decisión para estudios de costo-efectividad.



Las líneas horizontales y verticales denotan el efecto y las diferencias en costos, respectivamente. Cuando una intervención es más efectiva pero menos costosa que el tratamiento alternativo (situaciones 1 y 2; cuadrantes SE y NW en el plano) se dice que es dominante y claramente es el tratamiento de elección. Cuando un tratamiento es más costoso pero más efectivo (situaciones 3 y 4; cuadrantes NE y SW) se deben valorar las situaciones de resultado clínico con los recursos utilizados.³⁹

Por último, para conocer el resultado si es adecuado o no se debe obtener la razón incremental de costo-efectividad (ICER), la cual se puede calcular de la siguiente manera, con las situaciones ya descritas (Ecuación 2):

Regla de decisión

$$ICER = \frac{\mu CT - \mu CC}{\mu ET - \mu EC} = \frac{\mu \Delta C}{\mu \Delta E} \leq RC$$

(Ecuación 2)

Análisis de sensibilidad o incertidumbre

La evaluación económica de las intervenciones sanitarias permite tomar decisiones más informadas para elegir una determinada intervención. Al igual que en cualquier otro proceso que implique una toma de decisión, la incertidumbre es una realidad presente en las evaluaciones económicas. Esto se debe a que las decisiones se toman con los datos disponibles en un momento dado, pero la obtención de esta información está sujeta a errores que generan problemas de confiabilidad de las estimaciones obtenidas.⁴¹ El grado de incertidumbre debe cuantificarse para su inclusión en el proceso de decisión, ya que da una idea de lo que puede ocurrir a una determinada sub-población o si los resultados pueden ser aplicables a otros pacientes o en otros ámbitos. Por otra parte, hay determinados aspectos metodológicos, como el descuento de costos y beneficios o el cálculo de costos indirectos que obligan a plantearse diferentes opciones.⁴¹

Habitualmente cinco aspectos son los que se consideran para determinar cómo la incertidumbre afecta los resultados: a) el método empleado; b) las variaciones muestrales; c) la validez de los datos disponibles; d) la generalización de los resultados a la población

general y; e) la posible extrapolación de los resultados a otras poblaciones concretas. Cada causa de incertidumbre conlleva un método diferente para cuantificar su magnitud. El análisis de incertidumbre puede hacerse utilizando el análisis de sensibilidad cualitativo y el estadístico de la incertidumbre.⁴¹

Los análisis de sensibilidad (AS) pueden definirse como la técnica de evaluación de la incertidumbre, que se utiliza para comprobar el grado de estabilidad de los resultados de un análisis y hasta qué punto éstos son afectados cuando se modifican las variables principales o las estimaciones efectuadas. Se clasifican en: 1) AS univariado, cuando las variables del estudio se modifican individualmente, una a una; es el que se utiliza con más frecuencia. 2) AS multivariado, que muestra los efectos de modificar simultáneamente dos o más variables. 3) AS de extremos, en el que se estudia el valor o el escenario más optimista (mejor) y el más pesimista (peor) para la intervención sanitaria que se esté evaluando. 4) AS umbral, que identifica el valor crítico (punto de cohorte) de un parámetro, por encima o por debajo del cual el resultado se invierte a favor de una u otra de las intervenciones comparadas. 5) AS probabilístico, cuando se asume que la incertidumbre de los parámetros sigue una distribución estadística específica.⁴¹

Análisis estadístico de la incertidumbre

La razón costo-efectividad incremental (CEI) es una razón media resultante de dos variables, los costos y los efectos. Para el cálculo del intervalo de confianza (IC) del CEI se utilizan diversos métodos paramétricos (como los cuasi-IC, la expansión de series de Taylor, las elipses de confianza o el método de Fieller) o los métodos de muestreo repetitivo (bootstrap) que son no paramétricos. Otro enfoque del problema es la utilización de AS probabilísticas, como la simulación de MonteCarlo.⁴¹

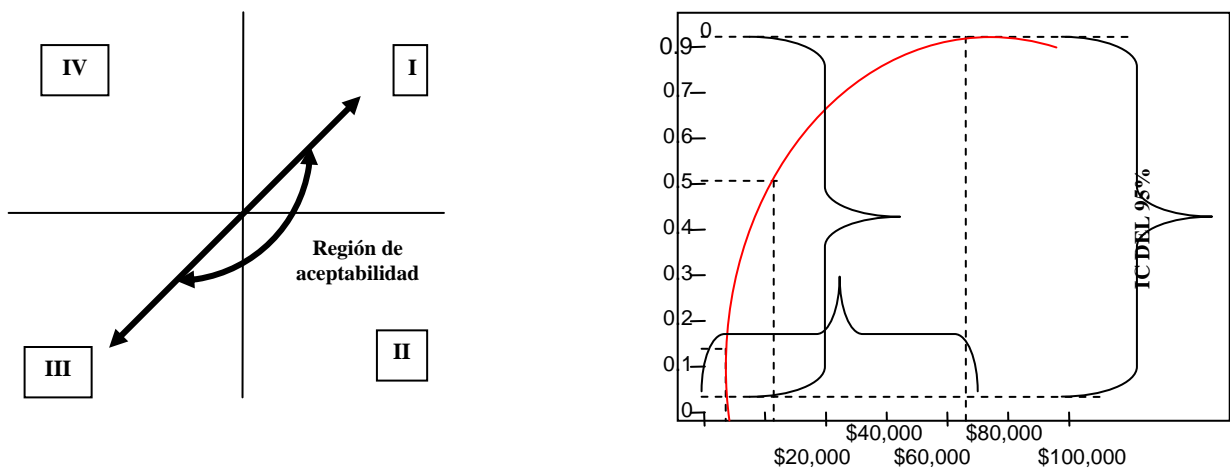
El análisis probabilístico también recurre a generar resultados muestrales pero, a diferencia del anterior, parte de la especificación de un modelo y de los valores de sus parámetros. Por ejemplo, las cadenas de Markov consideran que el paciente pasa de un estado de salud a otro con ciertas probabilidades de transición que deben estimarse. Luego se recurre a la simulación de MonteCarlo para generar muchas posibles muestras (como el bootstrap, donde se repite un elevado número de veces; 1,000 como mínimo) de este modelo teórico.

Si estas muestras son de las mismas características que la utilizada en el estudio, se puede observar el grado de oscilación del estimador, en este caso el CEI. ⁴¹

Curvas de aceptabilidad

Van Hout ha descrito una alternativa más flexible que los IC para representar la incertidumbre del CEI. El área de aceptación comprende el área a la derecha del vector con ese valor, en los cuadrantes I, II y III. (Figura 2A). La variación del CEI de aceptabilidad hacia su derecha generaría una curva, denominada “curva de aceptabilidad” como la representada en la Figura 2B en cuyo eje vertical se representan los valores de p (unilateral) para la diferencia de costos y en el eje horizontal los valores del CEI. ⁴¹

Figura 2A y 2B. Región y curva de aceptabilidad del costo-efectividad incremental.



JUSTIFICACIÓN

Para el tratamiento de las fracturas toracolumbares por estallamiento existen tres puntos fundamentales: la estabilidad, la reducción de la fractura y el tipo de abordaje quirúrgico. Existen diferentes técnicas para el manejo de estos componentes. El tratamiento habitual consiste en una incisión amplia de 15 a 20 centímetros, la reducción de la fractura mediante la restitución de la altura vertebral a través de la colocación de un injerto autólogo de cresta ilíaca y el manejo de la inestabilidad mediante un sistema de fijación anterior (en el Hospital de Traumatología Victorio de la Fuente Narváez HTVFN el más utilizado en el año 2000 era el sistema Ventrofix de doble barra). La incisión amplia incluye la posibilidad de sangrado importante y la colocación de sondas pleurales y se requieren dos incisiones, una para la reducción de la fractura y fijación y otra para la toma del injerto. Por estos motivos, desde hace tiempo en el HTVFN se utiliza una incisión más pequeña (actualmente se realiza ocho centímetros como máximo), se usa un retractor con valvas para una visualización óptima, se restituye la altura vertebral para la reducción mediante una prótesis de titanio; pero para la fijación se utiliza el mismo sistema. Si bien, estas modificaciones para el tratamiento de este grupo de pacientes parecieran ser adecuadas, la información bibliográfica de revistas y publicaciones sobre el tema ha sido muy limitada y no permite conocer si existen ventajas de ambas técnicas quirúrgicas. La experiencia de los cirujanos de instituciones en México hace vislumbrar que existe tendencia a dejar de usar el método habitual extenso por sus complicaciones y su mayor morbilidad incluso ahora también adoptando nuevas técnicas por vía posterior como el acortamiento vertebral.

En este estudio, se busca determinar cuál de las dos técnicas ofrece la mejor alternativa para el tratamiento de los pacientes con fracturas toracolumbares por estallamiento completas tanto en el costo económico como el resultado de efectividad expresado en días de estancia hospitalaria, complicaciones postoperatorias y sangrado transoperatorio.

Lo anterior permitiría reunir evidencia para conformar un marco de enseñanza para un cambio de actitud en los médicos sobre las bases científicas de las técnicas quirúrgicas y su utilidad clínica.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El éxito del manejo quirúrgico de los pacientes con fracturas toracolumbares por estallamiento completo (FTEC) requiere de la fijación de la columna y la reducción de la fractura. Actualmente existen dos técnicas quirúrgicas en el HTVFN para su manejo: la *habitual* (incisión amplia con abordaje anterior, colocación de sistema fijación anterior e injerto óseo) y la *modificada* (incisión pequeña, colocación de sistema de fijación, sustitución de cuerpo vertebral por prótesis). En una primera revisión bibliográfica relacionada con la evaluación de ambas técnicas quirúrgicas se encontró que la información parecía no tener sustento científico por el tipo de estudios donde se ha evaluado (en general, series de casos y estudios biomecánicos).

Es posible que si se evalúan los resultados clínicos y económicos al comparar ambas técnicas quirúrgicas se obtenga mejor evidencia que sustente el uso de una u otra técnica. Por estas razones, la pregunta de investigación del presente estudio fue:

- 1. Desde el punto de vista del IMSS, ¿es más efectiva y menos costosa la técnica *modificada* que la técnica *habitual* para el tratamiento de las fracturas vertebrales por estallamiento completas?**

OBJETIVOS GENERALES

1. Comparar el costo y la efectividad de la técnica *habitual* y de la técnica *modificada* para el tratamiento quirúrgico de los pacientes con FTEC.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar la efectividad de la técnica *habitual* vs. la *modificada* para el tratamiento de los pacientes con FTEC, mediante la cuantificación del sangrado postoperatorio, el tiempo de estancia hospitalaria y las complicaciones postoperatorias mediatas.
2. Comparar los costos económicos directos de la técnica *habitual* vs. la *modificada* para el tratamiento de los pacientes con FTEC.
3. Comparar las razones costo-efectividad de las técnicas *habitual* y *modificada* para el tratamiento de los pacientes con FTEC.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Evaluación económica tipo costo-efectividad.

- | | |
|--|----------------------|
| a) De acuerdo con la fuente de información: | Retrolectivo |
| b) De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado: | Transversal |
| c) De acuerdo a la presencia de un grupo control: | Analítico |
| d) De acuerdo con la interferencia del investigador en el fenómeno que se analiza: | Observacional |
| e) De acuerdo a la ceguedad: | Abierto |

PERSPECTIVA DEL ESTUDIO: Institucional

DISEÑO DE LA MUESTRA:

Se calculó el tamaño de la muestra por proporciones utilizando EPI Info (Ecuación 3).

Según la variable de desenlace: días de estancia hospitalaria

14 días en grupo control ⁴²

5.6 días en grupo de casos ⁴

Delta: 60%

Alfa: 95%

Beta: 20%

Razón: 1:1

3)

Total: Grupo técnica habitual = 14, Grupo técnica modificada = 14.

$$n = \frac{(Z\alpha/2 + Z\beta)^2 p(1-p)(r+1)}{(d)^2 r}$$

(Ecuación

VARIABLES

Variable independiente:

Tipo de cirugía

Definición operacional:

A. Cirugía con técnica habitual Técnica quirúrgica consistente en la realización de un abordaje anterolateral izquierdo con incisión de quince a veinte centímetros, la restitución de la altura vertebral con la colocación de injerto tricortical autólogo de cresta iliaca más el tratamiento de la inestabilidad colocando un sistema de fijación de montaje doble llamado Ventrofix doble.

B. Cirugía con técnica modificada Técnica quirúrgica consistente en la realización de un abordaje anterolateral izquierdo con incisión de ocho centímetros más la restitución de la altura vertebral con la colocación de una prótesis vertebral llamada Synex más el tratamiento de la inestabilidad colocando un sistema de fijación de montaje sencillo llamado Ventrofix simple.

Escala de medición: Nominal categórica

Indicador: *A. Cirugía con técnica habitual, B. Cirugía con técnica modificada*

Variables dependientes

Unidad de efectividad: días de estancia hospitalaria

Definición operacional: Se tomó de los expedientes la información de los días que pasa internado el paciente hasta su egreso incluyendo sus complicaciones, si las hubiera.

Escala de medición: Cuantitativa discreta.

Indicador: días.

Complicaciones trans y postoperatorias mediatas

Definición operacional: Se determinó a partir de la información de los expedientes recolectados, las complicaciones tales como infección de vías urinarias, infección de vías respiratorias, atelectasia, etc.

Escala de medición: Nominal.

Indicador: Neumonía, tromboembolia pulmonar, infección de herida quirúrgica, neuralgias, infección de vías urinarias.

Sangrado transoperatorio

Definición operacional: Se determinó la cantidad de sangrado de acuerdo con el registro en la hoja quirúrgica de anestesia.

Escala de medición: Cuantitativa continua.

Indicador: mililitros.

Otras variables:

Tiempo quirúrgico

Definición operacional: Se registró el tiempo que tardó el cirujano para realizar la técnica quirúrgica, desde la incisión hasta el cierre final de la herida de acuerdo con el reporte en la hoja quirúrgica de anestesia.

Escala de medición: Cuantitativa continua.

Indicador: horas y minutos.

Cifosis residual

Definición operacional: En una radiografía lateral del segmento toracolumbar, se medió una línea desde la plataforma superior de la vértebra supradistante y la plataforma inferior de la vértebra infradistante. Se trazó una perpendicular a cada una de esas líneas y se calculó el ángulo de intersección entre ellas.

Escala de medición: Cuantitativa discreta.

Indicador: grados.

Porcentaje de restitución de la altura vertebral

Definición operacional: En una radiografía del segmento toracolumbar en proyección lateral se mide la altura de la vértebra afectada en su porción anterior y se mide asimismo la altura de la vértebra suprayacente e infradyacente, se toma un promedio y se compara el porcentaje con la vértebra afectada.

Escala de medición: Cuantitativa discreta.

Indicador: Porcentaje.

Variables universales:

Sexo

Definición operacional: Se consideró femenino o masculino de acuerdo a las características fenotípicas del paciente, de acuerdo con lo descrito en el expediente clínico.

Escala de medición: Cualitativa nominal, categórica.

Indicador: masculino, femenino.

Edad

Definición operacional: Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento del paciente, obtenido mediante interrogatorio.

Escala de medición: Cuantitativa continua.

Indicador: años cumplidos.

Nivel de la fractura

Definición operacional: Localización anatómica de la fractura vertebral entre los segmentos toracolumbares desde T11 a L2.

Escala de medición: Cualitativa nominal.

Indicador: T11, L1, L2.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

1. Para este proyecto de investigación se incluyeron los expedientes de los pacientes que fueron operados de enero a diciembre del 2000 en el servicio de Columna Traumática del Hospital de Traumatología “Dr. Victorio de la Fuente Narváez” del Instituto Mexicano del Seguro Social, con el diagnóstico de fractura toracolumbar por estallamiento completo confirmada por TAC con técnica *habitual* y los expedientes de aquellos pacientes con diagnóstico de fractura toracolumbar por estallamiento que fueron operados con técnica *modificada* de enero a diciembre del 2001.
2. La información mínima de cada uno de los expedientes consultados fue la siguiente: tiempo transoperatorio, sangrado transoperatorio, complicaciones, días de estancia hospitalaria, cifos residual y pérdida de la altura vertebral postoperatoria.
3. El alumno de maestría realizó la selección de expedientes de acuerdo al tipo de técnica realizada (*modificada* o *habitual*), determinando el grupo seleccionado ya sea grupo A o grupo B, respectivamente.
4. Posteriormente se procedió a identificar en los expedientes dos casos similares a fin de tener casos pareados por edad, sexo, lesiones agregadas y nivel de la fractura.
5. Una vez que se identificaron los expedientes respectivos, se buscó la información relevante se vació a la hoja de recolección de datos y en una base de datos electrónica.

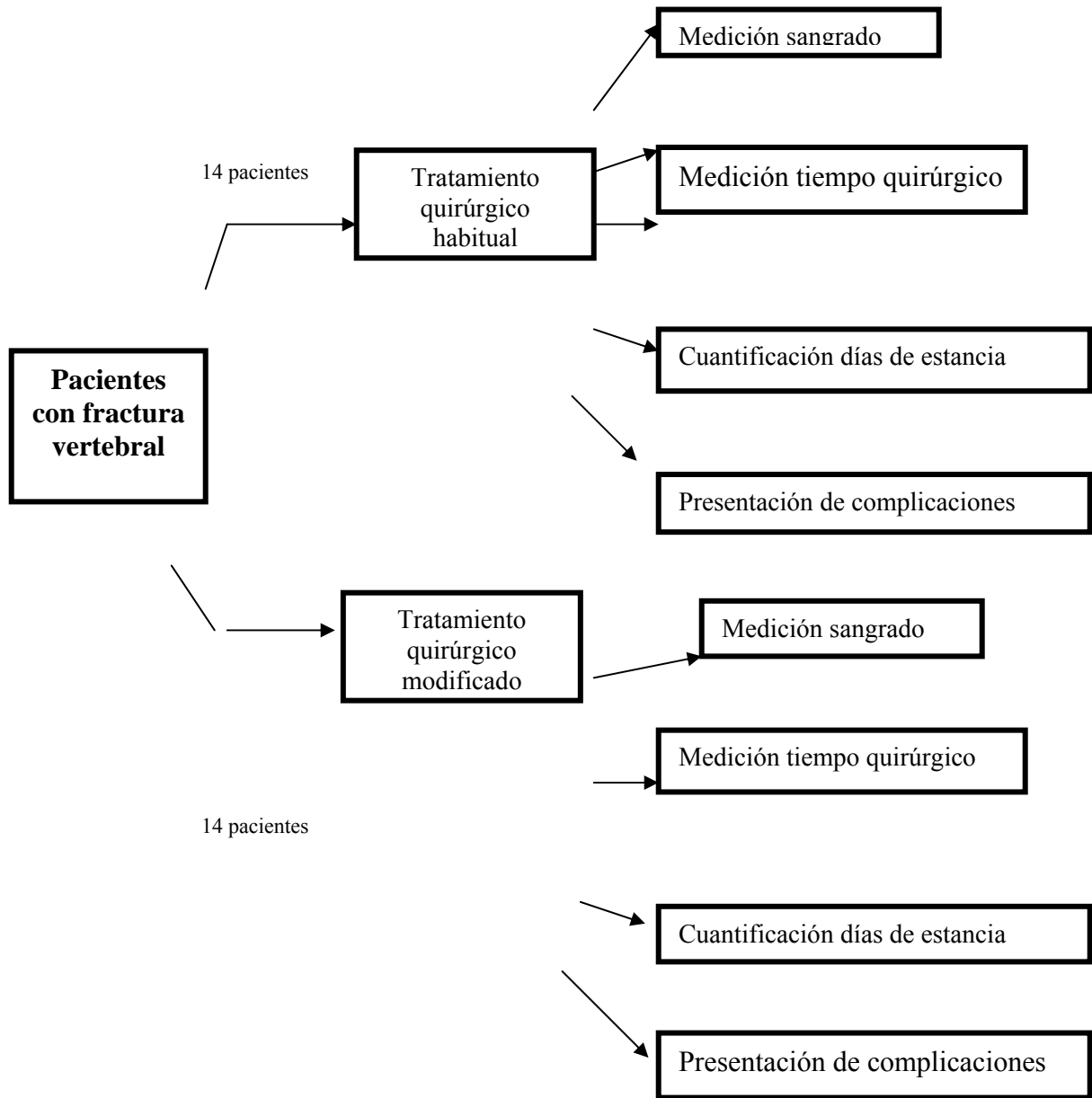
Descripción de la efectividad

Para este proyecto no fue posible utilizar como medida de efectividad QALY, ya que la diferencia en cuanto a los tiempos de realizada la intervención entre los grupos podría sesgar los resultados. Por esta razón, en este trabajo las variables analizadas fueron: las complicaciones evitadas y los días de estancia hospitalaria evitados.

Descripción de las alternativas

La evaluación de las alternativas se realizó a través de la comparación de las dos técnicas quirúrgicas para el tratamiento de fracturas vertebrales toracolumbares, tal como se describe en el árbol de decisión que se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Árbol de decisión.



Secundariamente se realizó un análisis de costo-efectividad, el cual se compone de una relación entre costos y una medida de efectividad, teniendo una ecuación de CE (*Costo Efectividad*)= C/E en donde: C significa el numerador a los costos totales de la

intervención entre la medida de efectividad (E) que es el denominador de la ecuación que - para la mayoría de los autores - es la ganancia en salud (años de vida ganados o casos de enfermedades prevenidos).

El numerador de una relación de C/E contempla los costos de todos los recursos relacionados a la intervención. La mayoría de los recursos costeables para los servicios de salud incluyen medicamentos, días de hospitalización, costo por cirugía, costo de la pérdida de tiempo gastada para una intervención, costo de ayuda para el paciente, otros costos relacionados con la enfermedad (gastos para la transportación, el costo por ausentismo del paciente a laborar, gastos en ropa, alimentación, etc.)

Determinación de los costos

Costos directos:

Para este estudio se consideraron los costos de:

1. Salarios de personal.
2. Costos día cama.
3. Costos de procedimiento quirúrgico.

Se solicitaron los sueldos mensuales integrados a la Unidad Administrativa del HTVFN del año correspondiente al estudio de:

1. Médicos cirujanos.
2. Médicos residentes.
3. Anestesiólogos.
4. Enfermeras que colaboraron con la cirugía.

El costo promedio del procedimiento quirúrgico se obtuvo del Departamento de Planeación y Finanzas (Oficina de costos, presupuestos y activo fijo) del HTVFN tomando el costo total de un procedimiento y se dividió entre 2.225 que corresponde al precio promedio ponderal de una cirugía de columna y se multiplicó por las horas de duración de la cirugía. Tomando los costos anteriores se realizó la comparación de ambas técnicas utilizando el modelo que más adelante se menciona.

Para obtener el costo día/cama también se investigó en el Departamento de Planeación y Finanzas (Oficina de costos, presupuestos y activo fijo) del HTVFN. Ese rubro correspondió al año 2001. Con este precio se estimó la diferencia de costos entre los días de ocupación hospitalaria para cada intervención y se sumó al final al precio de cada intervención, para determinar cuál técnica fue más costosa.

Costos de la tecnología. Tomando en cuenta que para este proyecto son maniobras que utilizan el mismo equipo (mesa de exploración, soluciones, medicamentos durante la cirugía, solo se costearon los insumos que corresponden a aquellos implantes utilizados en cada técnica, para lo cual para este proyecto estos fueron recolectados directamente de la casa comercial que los vende (Synthes) con el precio del año 2001.

Synex = sustituto de cuerpo vertebral.

Ventrofix simple = 1 barra de titanio 6.0 x 100 mm, con dos clamps sencillos y dos tornillos 7.5 x 45 mm.

Ventrofix doble = 2 barras de titanio 6 x 100 mm, con dos clamps dobles y 4 tornillos 7.5 x 45 mm.

Estimación de costos

Para la determinación del costo por tratamiento de cada una de las técnicas utilizadas para el paciente *i* se utilizó la Ecuación 4, que incluye los costos directos y costos de capital. Esta función de costos se obtuvo después de identificar la función de producción de cada uno de las técnicas quirúrgicas utilizadas.

Ecuación 4:

$$CE = CS + CI + CQ + CC$$

Donde:

CE: Costo total

CS: Costos de los salarios del cirujano, ayudante 1, ayudante 2, enfermera instrumentista, enfermera circulante, enfermera encargada de la bomba de recuperación celular y anesthesiólogo.

CI: Costos de los capitales utilizados (implantes)

CQ: Costos del tiempo quirúrgico

CC: Costo de la cirugía

Costos de la tecnología: Para determinar los costos de los implantes utilizados para cada una de las técnicas se desarrolló la siguiente ecuación:

Ecuación 5:

$$CTi = (TiPi \times n)$$

Donde:

CTi = Costo total de los implantes

$TiPi$ = Costo del implante para cada una de las técnicas

n = Numero de pacientes sometidos para cada una de las técnicas utilizadas

Costos del personal de salud

Enfermería.- Para calcular el costo del salario del personal especializado de enfermería ya sea instrumentista o enfermera general que invierte en la atención de cada una de las técnicas quirúrgicas realizadas, se tomó el sueldo mensual integrado del tarjetón de pago para enfermera especialista o enfermera general, el cual fue dividido entre veinte (días trabajados al mes), para tener el costo por día. El resultado se dividió entre ocho para tener el costo por hora. Para estimar el costo del salario de la enfermera según el procedimiento, se tomó el número de horas que duró la cirugía y se multiplicó el costo por hora. El costo total de los salarios de enfermería se calculó con la multiplicación del número de pacientes atendidos para cada una de las técnicas (Ecuación 6).

Ecuación 6

$$CPE = \frac{SMI}{20/8} (NHC)$$

Donde:

CP_E = costo del personal de enfermera especialista x hora

SMI = sueldo mensual integrado

20 = días trabajados al mes

8 = horas trabajada en el turno

NHC = n

Para calcular el costo de los salarios totales del cirujano, ayudante, médicos residentes y anestesiólogos que participaron en la cirugía, se tomó el salario mensual integrado, se dividió entre 20 (días trabajados a la semana) y después se dividió entre 6.5 (horas que

trabaja un médico por día) para obtener el costo por hora. El resultado fue multiplicado por el número de horas de duración de la cirugía, de acuerdo con la siguiente ecuación.

Ecuación 7

$$CPM = \frac{SMI}{20/6.5} (NHC)$$

CP_s = costo del personal médico

SMI: sueldo mensual integrado

20= horas trabajadas a la semana y 6.5 las horas que trabaja en un turno el médico

NHC= horas que haya durado la cirugía

Al final, se realizó el análisis de costo efectividad para cada uno de los tratamientos de la siguiente manera:

Se descargó a la tabla siguiente los costos del tratamiento quirúrgico para las dos alternativas.

Tabla 1: Costos de tratamiento de las 2 alternativas

ALTERNATIVA	COSTOS EN PESOS DEL 2001
A: TECNICA HABITUAL	\$
B: TECNICA MODIFICADA	\$

Se describió la efectividad del tratamiento para cada una de las alternativas

Tabla 2: Efectividad de los tratamientos quirúrgicos

ALTERNATIVA	EFECTIVIDAD
A: TECNICA HABITUAL	DIAS DE ESTANCIA INTRAHOSPITALARIA
B: TECNICA MODIFICADA	DIAS DE ESTANCIA INTRAHOSPITALARIA

Con estas dos tablas se obtuvo la **Ecuación 8**:

Análisis de costo resultado promedio

$$CE \approx \frac{\mu C}{\mu E}$$

μC = media de costo

μE = media de efectividad

El análisis incremental de costos y efectos se realizó de acuerdo con la **Ecuación 1**

$$RCEI = \frac{\mu CT - \mu CC}{\mu ET - \mu EC}$$

μCT = costo de la nueva terapia

μCC = costo de la terapia control

μET = efectividad de la nueva terapia

μEC = efectividad de la terapia control

Se realizó una tabla de costo resultado incremental como la siguiente:

Alternativa de tratamiento	Costos	Costo Incremental	Resultado de efectividad	Resultado Incremental	C/R	Inc C/R (RCRI)
A						
B						

Se realizó una regla de decisión como la siguiente y se comparó con el esquema de O'Brien para una decisión final utilizando la ecuación 2 (Figura 2)

$$ICER = \frac{\mu CT - \mu CC}{\mu ET - \mu EC} = \frac{\mu \Delta C}{\mu \Delta E} \leq RC$$

Se realizó un análisis de sensibilidad univariado para explorar el impacto de todas las probabilidades, utilidades y costos en el costo efectividad incremental de las dos estrategias.

Las probabilidades fueron divididas en rangos derivados de intervalos de confianza del 95%. Se realizó un análisis de sensibilidad probabilístico para determinar que variables

pueden variar los costos y se evaluó mediante la simulación de Monte Carlo usando 10 000 muestreos repetitivos y graficándolo mediante una curva de aceptabilidad.

ANÁLISIS DE DATOS

Estadística descriptiva: para las variables sexo, edad, localización de la fractura, sangrado, tiempo transoperatorio, días de estancia hospitalaria, complicaciones intrahospitalarias
tendencia central: mediana para edad, sangrado, DEIH.

Por no tener distribución normal se realizaron pruebas no paramétricas (U de Mann – Whitney) para variables numéricas (sangrado, tiempo quirúrgico y días de estancia).

Se consideró como significativo todo valor p menor de 0.05.

CONSIDERACIONES ETICAS

Desde el punto de vista ético, se apegó a las normas establecidas por el Instituto Mexicano del Seguro Social, que incluye el reglamento de la Ley General de Salud, en materia de investigación en salud, así como la Declaración de Helsinki, con sus diversas modificaciones.

RECURSOS FINANCIEROS

Se recibió beca para el alumno del CONACYT No. de Registro 153401 durante el periodo marzo 2000 a febrero 2002. Asimismo se recibió beca para el alumno por parte del IMSS durante el periodo marzo del 2000 a febrero 2002. Se recibió financiamiento por el IMSS a través del FIS.

RESULTADOS

En el presente estudio se realizó la comparación de dos técnicas quirúrgicas el grupo A (técnica habitual) y el grupo B (técnica modificada); las características generales de cada grupo se muestran en el Cuadro 1. Como se observa y, de acuerdo con lo planteado en la metodología, los grupos fueron pareados por edad, sexo y nivel donde ocurrió la fractura, por lo que no hubo diferencia entre los grupos en estas variables. La frecuencia de tipo de ocupación fue diferente entre los grupos, pero no fue estadísticamente significativo.

Cuadro 1. Características generales de los pacientes por grupo de tratamiento.

	Técnica habitual		Técnica modificada		p
	(N = 14)		(N = 14)		
	n	%	n	%	
Edad (<i>promedio</i>)	44.8 (DE 15)		44.8 (DE15)		1.0
Sexo					
Masculino	10	71.4	10	71.4	1.0
Femenino	4	28.6	4	28.6	
Ocupación					
Empleado	4	28.6	2	14.3	0.67
Hogar	4	28.6	2	14.3	
Albañil	4	28.6	3	21.4	
Obrero	2	14.3	3	21.4	
Otros	-	-	4	28.6	
Localización de la fractura					
T 11	2	14.3	2	14.3	1.0
T 12	1	7.1	1	7.1	
L 1	4	28.6	4	28.6	
L 2	7	50.0	7	50.0	

DE: desviación estándar

En el Cuadro 2 se describe la comparación de las variables dependientes entre los grupos de tratamiento. Con la técnica modificada hubo estadísticamente menor tiempo quirúrgico, menor sangrado y menor número de días de estancia hospitalaria. Como se observa solamente se presentaron complicaciones en el grupo de técnica habitual, siendo la neumonía la más frecuente.

Cuadro 2. Comparación de las variables de la cirugía, por grupo de tratamiento.

	Técnica habitual		Técnica modificada		p
	(N = 14)		(N = 14)		
	promedio	min. – máx.	promedio	min. – máx.	
Tiempo quirúrgico (horas)	4.5	4 – 6	2.6	2 – 3.3	< 0.01
Sangrado (mililitros)	2,644	2,000 – 3,000	1021	100 – 1,800	< 0.01
Días de estancia	21	10 – 35	7	5 – 10	< 0.01
Número complicaciones	6		0		< 0.01
Tipo de complicaciones					
Neumonía	3				
Tromboembolia pulmonar	1				
Neuralgia sitio injerto	1				
Infección herida quirúrgica	1				

Para la restitución de la altura vertebral se tomó en consideración el cifos prequirúrgico, el promedio fue de 19° (DE 7.46) para el grupo A y de 18° (DE 11.7) para el grupo B. En el periodo postquirúrgico disminuyó a un promedio de 6.36° (DE 8) y de -1.71° (DE 5.3), respectivamente. La diferencia fue estadísticamente significativa ($p = 0.008$).

Resultados de costos

De acuerdo con los datos de la oficina de costos del Departamento de Planeación y Finanzas del Hospital, el costo económico del día cama-paciente = \$1,802.88 pesos y el de intervención quirúrgica = \$19,094.00 pesos. Con estos datos, el costo por día cama fue multiplicado por los días de estancia hospitalaria. Para el grupo de la técnica habitual el costo promedio fue de \$38,633.00 pesos (DE 15,407.00), y para la técnica modificada de \$13,264.00 pesos (DE 2,703.00).

Los costos de la cirugía se obtuvieron a partir del costo promedio de una cirugía ortopédica de la Oficina de Planeación y Finanzas, el cual fue de \$19,094.40; este valor se dividió entre 2.225 (precio promedio ponderal de una cirugía de columna) y se multiplicó por las horas de duración de la cirugía. Así, el costo promedio de la cirugía con la técnica habitual fue de \$39,047.00 pesos (DE 6,304.00) y el costo promedio para la cirugía con la técnica modificada de \$22,313.00 pesos (DE 4,405.00).

Los costos de los salarios fueron obtenidos del Departamento de Personal vigentes al año 2001. Para determinar el costo del personal por cirugía, se consideró el salario mensual integrado de un médico no familiar, enfermera especialista quirúrgica, enfermera general y de un residente; cada uno de estos se dividió entre 20 (días laborados al mes) y entre las horas que se trabaja en un día (en el caso de un médico no familiar es de 6.5 horas; en las enfermeras de 8 horas); el resultado se multiplicó por las horas de duración de la cirugía. De esta forma, el costo promedio del personal para la cirugía con la técnica habitual fue de \$1,914.00 pesos (DE 392.00) y para el grupo de cirugía con la técnica modificada de \$1,083.00 pesos (DE 200.00).

El costo de los implantes se tomó de la Oficina de Costos, Presupuestos y Activo Fijo del Departamento de Planeación y Finanzas. Se consideró que para la técnica habitual se requería el sistema Ventrofix en su formación doble que contenía dos abrazaderas (clamps) dobles, dos tornillos para cuerpo vertebral, dos tornillos de cierre y dos barras de 100 mm, por lo que el total fue \$28,597.38 pesos. Para la técnica modificada, el material considerado fue de un implante Ventrofix en su modalidad sencilla que contenía dos tornillos, una barra de 100 mm, dos abrazaderas (clamps) sencillas y el Synex (implante para restituir la altura del cuerpo vertebral), por lo que el costo fue de \$34,546.98 pesos.

Con los datos previos y al sumar los costos de personal, costos de cirugía, costos de estancia y costos de los implantes utilizados (Cuadro 3), el costo promedio total por paciente para técnica habitual fue de \$108,192.00 pesos (DE 19,306.00) y de \$71,207.00 pesos (DE 5,472.00) para el grupo de técnica modificada.

Cuadro 3. Comparación de los costos promedio por tipo de técnica utilizada

Costos	Técnica quirúrgica utilizada	
	Habitual	Modificada
Costos personal	1,914.00 ± 392.00	1,083.00 ± 200
Costos estancia hospitalaria	38,633.00 ± 15,407	13,264.00 ± 2,703
Costo de implantes	28,597.00	34,547.00
Costo de cirugía	39,047.00 ± 6,304	22,313.00 ± 4,405
Total por paciente	108,192.00 DE 19,306	71,207.00 DE 5,472

Se realizó el vaciamiento de los datos anteriores para el análisis de costo efectividad incremental (Cuadro 4):

Cuadro 4. Costos de tratamiento quirúrgico de las dos alternativas.

ALTERNATIVA	COSTOS (pesos del 2001)
A: Técnica habitual	\$ 108,192.00
B: Técnica modificada	\$ 71,207.00

La efectividad del tratamiento para cada una de las alternativas fue la siguiente:

Cuadro 5. Efectividad de tratamiento quirúrgico de las dos alternativas.

ALTERNATIVA	EFFECTIVIDAD
A: Técnica habitual	21 días de estancia hospitalaria
B: Técnica modificada	7 días de estancia hospitalaria

Los datos de los Cuadros 4 y 5 se utilizaron para completar la *fórmula 7*:

Análisis de costo resultado promedio

Técnica habitual

$$CE \approx \frac{\mu C}{\mu E} = \frac{108192}{21} = 5,152$$

μC = media de costo

μE = media de efectividad

Técnica modificada

$$CE \approx \frac{\mu C}{\mu E} = \frac{71207}{7} = 10,172$$

Se obtuvo el costo incremental:

$$\mu C_T - \mu C_C = 108,192 - 71,207 = 36,985 \text{ pesos}$$

Se obtuvo la efectividad incremental:

$$\mu E_T - \mu E_C (7 - 21) = 14 \text{ días}$$

Se realizó un análisis incremental de costos y efectos de acuerdo a la *fórmula 2* para la variable días de estancia hospitalaria:

$$RCEI = \frac{\mu CT - \mu CC}{\mu ET - \mu EC} = \frac{108192 - 71207}{21 - 7} = \frac{36985}{14} = 2,642$$

μCT = costo de la nueva terapia

μCC = costo de la terapia control

μET = efectividad de la nueva terapia

μEC = efectividad de la terapia control

Se elaboró el Cuadro 6, donde se resume lo obtenido hasta el momento, con la variable días de estancia hospitalaria; se demuestra que la efectividad incremental es 14 y la relación costo efectividad incremental es de 2,642.00 pesos, por lo que la técnica modificada se consideró más efectiva y menos costosa. Esta misma se puede observar en el cuadrante de decisión (Figura 1) donde la razón de costo-efectividad incremental y, de acuerdo con la escala de O'Brien, la técnica modificada es dominante por ser mayor que 0 y se encuentra en el cuadrante II, donde la técnica es menos costosa pero más efectiva. (Para fines de autores el cuadrante IV en el software Tree age Pro suite 2009 corresponde al cuadrante II de O'Brien).

Cuadro 6. Costo efectividad, efectividad incremental y razón costo-efectividad de dos alternativas de tratamiento para fracturas vertebrales, con relación a los días de estancia hospitalaria.

Alternativa de tratamiento	Costos	Costo incremental	Resultado de efectividad	Efectividad Incremental	C/E	Inc C/R (RCEI)
A	\$108,192		21	-14	\$5,152	
B	\$71,207	\$36,985	7		\$10,172	<i>Dominante</i>

Se elaboró, además, el Cuadro 7 con el costo incremental para la variable sangrado transoperatorio. Se demuestra que existe dominancia de la técnica modificada sobre la habitual con 1,750 ml de efectividad incremental y con una razón de costo-efectividad incremental de \$17.00 pesos.

Cuadro 7. Costo efectividad, efectividad incremental y razón costo-efectividad de dos alternativas de tratamiento para fracturas vertebrales con relación al sangrado transoperatorio.

Alternativa de tratamiento	Costos	Costo incremental	Efectividad	Efectividad incremental	C/E	Incr. C/E (RCRI)
Modificada	\$67,800		950		\$72	
Habitual	\$98,277	\$30,477	2,700	1,750	\$36	<i>Dominante</i>

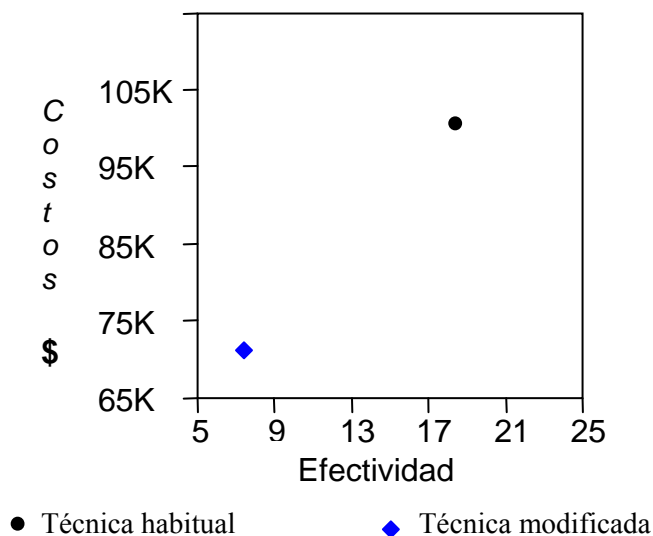
Para la variable complicaciones, se demostró una dominancia para la técnica modificada sobre la habitual con una efectividad incremental de 0.143 y una razón costo-efectividad de \$211,927.00 pesos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Costo efectividad, efectividad incremental y razón costo-efectividad de dos alternativas de tratamiento para fracturas vertebrales con relación a las complicaciones.

Alternativa de tratamiento	Costos	Costo incremental	Efectividad	Efectividad incremental	C/E	Incr C/E (RCRI)
Modificado	\$67,800		0.286		\$687,252	
Habitual	\$98,277	\$30,477	0.429	0.143	\$475,524	<i>Dominante</i>

En la Figura 4 se estudia el costo de ambas técnicas quirúrgicas, en cuanto a la efectividad en los días de estancia hospitalaria evitados. Se demuestra que la técnica habitual tiene un mayor costo que la técnica modificada.

Figura 4. Análisis costo-efectividad en pacientes con fractura vertebral.



Análisis de sensibilidad

Los valores de la variable días de estancia hospitalaria evitados para la técnica modificada se analizaron en el paquete estadístico Tree Age Pro Suite (2009), a fin de llevar a cabo el análisis de sensibilidad univariado. En el cuadro 9 se ilustra la dominancia que existe de la técnica modificada sobre la habitual cuando modificamos la estancia hospitalaria en 1.25 días, véase que a pesar de que se van incrementando los costos, en la razón de costo efectividad incremental se mantiene esa dominancia. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de sensibilidad univariado comparando días de estancia hospitalaria de la técnica Habitual vs. Modificada, para el tratamiento de fracturas vertebrales.

E modificada	T ratamiento	C osto	I ncr Cost	E ff	I ncr Eff	C /E	I ncr C/E (ICER)
5	Técnica modificada	\$67K		5		\$13,391	
	Técnica habitual	\$107K		21		\$5,115	<i>Dominante</i>
6.25	Técnica modificada	\$69K		6.3		\$11,074	
	Técnica habitual	\$107K		21		\$5,115	<i>Dominante</i>
7.5	Técnica modificada	\$71K		7.5		\$9,529	
	Técnica habitual	\$107K		21		\$5,115	<i>Dominante</i>
8.75	Técnica modificada	\$74K		8.8		\$8,425	
	Técnica habitual	\$107K		21		\$5,115	<i>Dominante</i>
10	Técnica modificada	\$76K		10		\$7,597	
	Técnica habitual	\$107K		21		\$5,115	<i>Dominante</i>

Emodificada: Días de estancia para técnica modificada; **E**ff: Medida de efectividad (días de estancia hospitalaria); **C**/E: Costo/efectividad; **I**ncr C/E(**ICER**): Razón de costo efectividad incremental; **K**: miles de pesos.

Posteriormente se realizó el análisis de sensibilidad bivariado; los resultados se muestran en el Cuadro 10. Se muestra que mientras la efectividad para la técnica modificada (E modificada) se incrementa en 1.25 días de estancia y se cruza con la técnica habitual (E habitual) en cualquiera de sus valores también en días de estancia hospitalaria en 6.25 días, éste presenta una variación de acuerdo a la técnica habitual en costos, véase por ejemplo que para los 10 días de estancia hospitalaria con la técnica habitual es 87586.8 pesos y en la

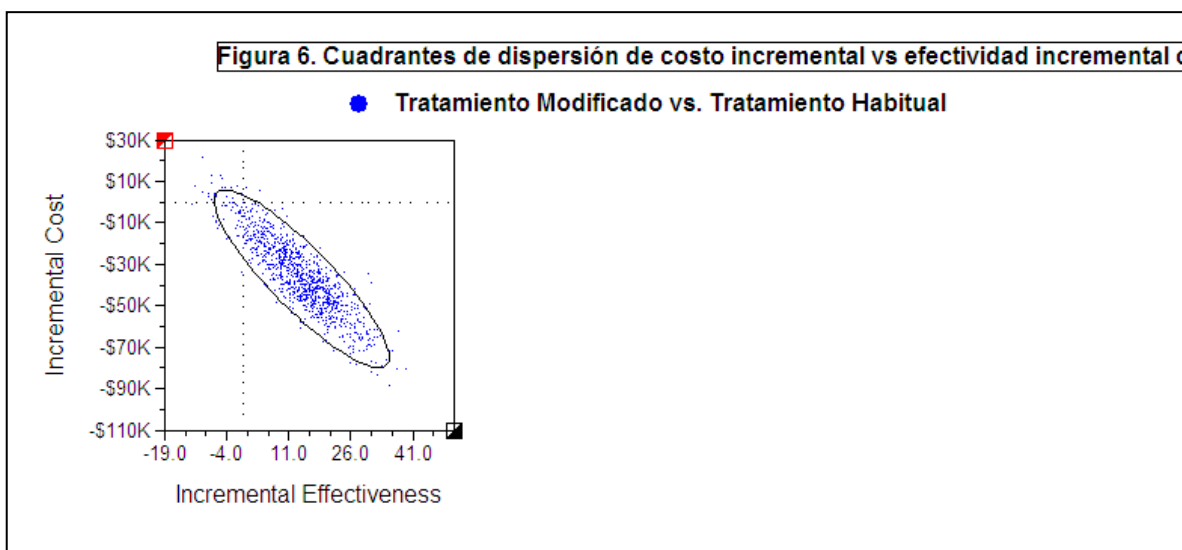
técnica modificada es 75971, a medida que se incrementan los días en la técnica habitual se incrementa el costo una vez más, obteniendo una dominancia de la técnica modificada sobre la habitual.

Cuadro 10. Análisis bivariado para días de estancia hospitalaria donde se compara la técnica habitual vs Modificada para le tratamiento de fracturas vertebrales.

E habitual	10	16.25	22.5	28.75	35
=>					
E modificada					
10	87586.8 75971.8	98854.8 75971.8	110122.8 75971.8	121390.8 75971.8	132658.8 75971.8
8.75	87586.8 73718.2	98854.8 73718.2	110122.8 73718.2	121390.8 73718.2	132658.8 73718.2
7.5	87586.8 71464.6	98854.8 71464.6	110122.8 71464.6	121390.8 71464.6	132658.8 71464.6
6.25	87586.8 69211	98854.8 -69211	110122.8 69211	121390.8 69211	132658.8 69211
5	87586.8 66957.4	98854.8 66957.4	110122.8 66957.4	121390.8 66957.4	132658.8 66957.4

Los resultados del análisis de sensibilidad probabilística se presentan en un diagrama de dispersión costo-efectividad incremental (Figura 6, Cuadro 11) para mostrar la distribución de 10,000 ensayos de la simulación de Montecarlo. Cada punto provee una comparación de los costos incrementales y de los beneficios, al realizar la comparación de ambas técnicas quirúrgicas. Como se muestra en la Figura 6, los resultados caen en 4 cuadrantes; el cuadrante I (ángulo superior derecho) representa un escenario más costo-efectivo y menos efectivo que el régimen estándar o habitual. En el cuadrante II (ángulo inferior izquierdo) donde se encuentran un 94.27% de nuestros datos, representa que el manejo es menos costoso y más efectivo el manejo es más costoso y menos efectivo; mientras que el cuadrante III (ángulo inferior izquierdo) representa un manejo menos efectivo y menos costoso. Por último, en el cuadrante IV (ángulo superior derecho) donde se encuentran las intervenciones menos efectivas y menos costosas

El cuadro 11 ilustra los elementos de distribución y dispersión en una simulación de Montecarlo de acuerdo a los cuadrantes de decisión para estudios de costo-efectividad donde sabemos que la efectividad incremental es mayor a 0 cuando la técnica es *DOMINANTE* y la mayor cantidad de puntos se encuentra en el cuadrante inferior derecho.

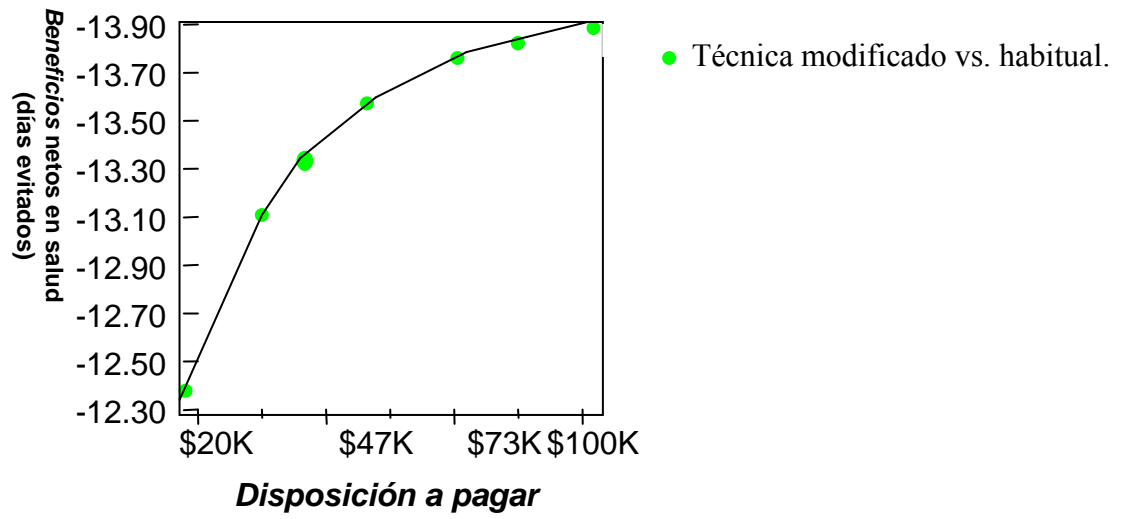


Cuadro 11. Análisis probabilístico con simulación de Montecarlo en un diagrama de dispersión para efectividad de días de estancia hospitalaria, de la comparación de la técnica habitual vs. Modificada en pacientes con fracturas vertebrales.

Componente	Cuadrante	Efectividad		ICER	# Puntos	Porcentaje
		Incremental	Costo incremental			
C1	II	IE>0	IC<0	Superior	9427	94.27%
C2	I	IE>0	IC>0	< 20000	31	0.31%
C3	III	IE<0	IC<0	> 20000	61	0.61%
C4	I	IE>0	IC>0	> 20000	2	0.02%
C5	III	IE<0	IC<0	< 20000	312	3.12%
C6	IV	IE<0	IC>0	Inferior	167	1.67%

La Figura 7 demuestra la disposición a pagar. La línea punteada sigue el numero de días de estancia hospitalaria (eje Y) y en el eje de las X (horizontal) el costo a pagar. Nótese que a medida que los días de estancia aumentan, los costos se incrementan.

Figura 7. Beneficio neto incremental en salud



Discusión

En este trabajo, después de analizar dos técnicas quirúrgicas para el tratamiento de fracturas toracolumbares inestables, se determinó que la técnica modificada es más costo-efectiva. Los resultados de costo-efectividad demostraron que la técnica modificada es menos costosa (\$71,207.00) en comparación que la técnica habitual (\$108,192.00). Asimismo, cuando se cuantificaron los costos para ambas técnicas quirúrgicas con la medida de efectividad como sangrado y complicaciones también la técnica habitual se mostró que es más cara (\$30,477.00) con respecto a la modificada, lo cual fue estimado de acuerdo con los cálculos de costo-efectividad y razón costo-efectividad incremental correspondientes (Cuadro 7 y 8).

La estancia hospitalaria fue el rubro principal donde los costos tuvieron la mayor diferencia entre las dos técnicas, ya que el porcentaje que ocupó del gasto total la técnica habitual fue del 35.7% en comparación al 18.6% de la técnica habitual, lo cual fue consecuencia de un menor tiempo de hospitalización en los pacientes en quienes se les brindó la técnica modificada. El otro rubro donde también hubo diferencia entre ambas técnicas fue en la utilización de implantes; para la técnica modificada se requiere de la colocación de dos piezas más que en la técnica habitual, los cuales son más caros y corresponde en aproximadamente al 48% de los costos totales.

La importancia del análisis económico en la asignación de los recursos y para la evaluación de las opciones de tratamiento en ortopedia se demuestra por el crecimiento de los artículos que se han publicado sobre el tema. Desafortunadamente, muy pocos de los autores de estos estudios se han adherido a los principios de los análisis económicos. En una revisión de cuarenta evaluaciones económicas de cirugía de artroplastia total de rodilla

publicados entre 1966 y 1996, Saleh y col. encontraron que ninguno cumplió con los criterios establecidos para una evaluación económica completa.⁴³ De hecho, la mayoría de los estudios que al parecer son análisis de costo-efectividad, en realidad son análisis de costos evaluados de manera retrospectiva.^{44,45} Se considera que en la última década la mayor proporción de publicaciones de evaluaciones económicas sobre ortopedia han sido sobre identificación y análisis de minimización de costos. De los cuales, en general, se han centrado en la evaluación de costos para las artroplastías de rodilla y cadera.^{45,46,47,48,49,50,51,52} Por ejemplo, en dos estudios realizados en la Clínica Lahey (Massachusetts, EUA) y otro realizado por Lavernia y col., donde analizan las artroplastías de revisión de cadera y rodilla, se concluye que el costo del implante presenta una gran proporción de los costos totales.^{47,48}

En el caso de los estudios económicos centrados en el área de la columna, los primeros aparecieron desde finales de los 70's, donde se evaluaba el costo-beneficio de la fusión posterior en la columna lumbosacra;⁵³ mientras que la comparación de costos entre la quimionucleosis *versus* disectomia abierta se analizó a mediados de los 80's.⁵⁴ Vale la pena comentar que en estos estudios no se tomaba en cuenta los costos de los materiales de instrumentación para las técnicas de fusión para espondilolistesis, escoliosis o fracturas.⁵⁵ Mientras que otros estudios se enfocaron hacia el impacto económico del diagnóstico de diferentes patologías de la columna⁵⁶⁻⁶¹ y en el costo compensación al trabajador por enfermedad.^{54,62} Para los años 90's se observó una tendencia para el estudio de los costos hospitalarios y sus complicaciones,⁶⁴⁻⁶⁶ pero también sobre las implicaciones económicas de la osteoporosis.⁶⁷⁻⁷⁹

En especial sobre los costos del tratamiento de las fracturas toracolumbares existen pocas publicaciones, en contraste con la cantidad de estudios clínicos publicados sobre la efectividad de las intervenciones.^{62,63} Por lo anterior se determina que no existen estudios similares al presente, en los cuales se haya evaluado el costo-efectividad de dos técnicas para el tratamiento de las fracturas vertebrales por estallamiento, ni tampoco estudios de costos de los implantes. Sin embargo, existen estudios⁸⁰⁻⁸⁴ que evalúan los costos de hospitalización para alguna técnica en particular, pero sin llegar a tener una metodología estrictamente económica, como el publicado por Hitchon y col, en el 2006 quienes compararon el abordaje posterior y el anterolateral para el manejo de las fracturas toracolumbares por estallamiento. Los autores observaron que el abordaje anterior fue mejor para corregir la deformidad en cifosis, pero no hubo diferencias en los costos de hospitalización. A diferencia del presente estudio, los autores no analizaron otras variables, como el sangrado, el tipo implantes, tiempo quirúrgico o los costos del personal, entre otros.⁸⁰

La efectividad de la descompresión anterior y la fusión de la columna para el tratamiento de los pacientes con fracturas toracolumbares inestables ha sido bien documentada en la literatura.^{8,14,15,19} Sin embargo, el abordaje convencional retroperitoneal para este tipo de tratamiento ha sido sometido a crítica por ser un procedimiento muy invasivo que causa considerables daños a los tejidos con el fin de tener una amplia zona de exposición. Ya para el 2002 Reyes Sanchez et al utiliza la técnica de acortamiento vertebral por vía posterior para el tratamiento de las fracturas vertebrales en 6 casos con buenos resultados, Minoru Doita en 2007 realiza acortamiento vertebral para las deformidades tardías secundarias a fracturas vertebrales no recientes. Por lo anterior se hace vislumbrar que pueden utilizar dos

variedades de técnicas anterior y posterior aunque para el HTVFN se recomienda utilizar la técnica por vía anterior amplia cuando el cirujano no tiene entrenamiento ni experiencia en cirugías de mínimo acceso y mínima invasivas.

Hasta el momento se han identificado solo dos reportes de la descripción de abordajes menos invasivos para el tratamiento de las fracturas inestables toracolumbares, los cuales no son ensayos clínicos controlados, ni tampoco estudios de costos totales. Muhlbauer y col.²¹ describieron por primera vez el manejo de las fracturas vertebrales mediante una técnica menos invasiva utilizando retractores especiales para su abordaje, utilizando además implantes convencionales para fijar la columna vertebral. El propósito fundamental para la realización de este tipo de técnica quirúrgica mínima invasiva era reducir el trauma físico a los tejidos ofreciendo un máximo resultado terapéutico. Estos autores reportan la experiencia en cinco pacientes donde se realizó cirugía por vía anterior; en cuatro se usó para el tratamiento de fracturas lumbares por estallamiento y en un paciente con tumor de próstata. En todos se realizó incisión de 5 cm, corporectomía lumbar, colocación de mallas, así como fijación con placas y tornillos. Se utilizó el sistema Miaspas para la retracción, el cual ofrece una adecuada iluminación y visibilidad para el cirujano. En los resultados se describe que además de que hubo una excelente visibilidad en el área quirúrgica, con un tiempo quirúrgico promedio de seis horas y sangrado promedio de 1,120 mL, e logró la descompresión total del canal medular y, al parecer, lograron buenos resultados funcionales y de fusión.²¹ Mientras que Van de Roer y col.⁶³ determinaron los costos directos de la atención de pacientes con fracturas toracolumbares inestables con y sin manejo quirúrgico en una unidad hospitalaria de Holanda. Se determinó la cantidad de recursos utilizados por unidad para tratamiento, tales como el tiempo de hospitalización, exámenes de laboratorio,

productos sanguíneos, estudios de radiología, terapia física, tipo de cirugía y el uso de ortesis. Para el grupo que no requirieron manejo quirúrgico, el costo correspondió a €12,500 (euros), pero con un promedio de 29 días de estancia hospitalaria, lo cual representó el 86% del costo total. Mientras que quienes se les realizó algún manejo quirúrgico. El costo se incrementó a €19,700, pero el número de días de hospitalización fue de 24 días, representado el 48% de los gastos totales. El 42% del costo total correspondió a la cirugía y el 10% a la estancia hospitalaria.

Limitaciones de este estudio

Los mejores estudios de costo-efectividad son los ensayos clínico controlados donde se contrastan dos o más intervenciones, manteniendo una vigilancia estrecha de los pacientes con métodos estandarizados para evaluar las variables dependientes, es decir, tanto las medidas de efectividad desde el punto de vista clínico como los costos. Asimismo en este tipo de diseños se pueden estandarizar las técnicas de medición, a fin que los resultados sean más confiables.³⁵⁻³⁷ A pesar de lo anterior, para la realización de este estudio no fue posible llevar a cabo un ensayo clínico, lo cual es una de las principales limitaciones, ya que los datos clínicos fueron obtenidos de expedientes con tiempos de ejecución diferentes.. Sin embargo, cabe destacar que una de las principales fortalezas de este estudio fue su diseño. El protocolo se diseñó para controlar las posibles variables de confusión, por lo cual el estudio fue pareado con lo cual se obtuvo una muestra muy similar de pacientes entre los dos grupos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 1.

Por otro lado es necesario considerar que los datos de los costos son los que se disponía el Departamento de Planeación y Finanzas para el año 2000, por lo cual los datos puntuales ya no son vigentes, por lo que los costos para el instituto han cambiado. Pero para dar una idea

de lo que puede estar ocurriendo en estos momentos, con base al cálculo obtenido al índice nacional de precios al consumidor se puede obtener un factor de actualización, lo cual multiplicado por el costo unitario del año previo podrá revelarnos el costo vigente. En la siguiente tabla se muestra los cambios en los últimos siete años de los costos:

INSUMO/AÑO	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Variación 2001-2011
Día/cama	1803	4013	4147	4315	4477	4769	4939	5156	3353
Intervención quirúrgica	19,094	20,491	21,174	22,032	22,860	24,352	25,222	26,332	7238
Implantes cirugía habitual	28,597							24,000	-4597
Implantes cirugía modificada	34,547							56,000	21453

Otra limitación fue que no se pudieron incluir el total de los costos de los procedimientos. Por ejemplo, no se incluyeron los costos de los medicamentos, radiografías, estudios de laboratorio o de los elementos sanguíneos. Si bien, en un principio se consideró incluir estos costos, en el sistema de información del hospital se desconocía el costo de estos insumos, por lo anterior se debe considerar que los costos para este estudio están subestimados. Además habría que tomar en cuenta que por la naturaleza retrospectiva del estudio, también es posible que algunos de estos u otros insumos pudieran haber sido utilizados pero no estaban descritos en las notas de los expedientes.

Finalmente es conveniente aclarar que en la actualidad ya han cambiado las técnicas utilizadas para el tratamiento quirúrgico para la corrección de las fracturas por

estallamiento utilizándose mas de una.^{85,86} La aplicación de técnicas como la modificada que son de mínimo acceso, se requiere un entrenamiento y experiencia rigurosa por el cirujano y éstas pueden determinar el ahorro en dinero a largo plazo ya que al disponer de estos resultados se comprueba que es más costoefectiva.

Conclusiones

1. El tratamiento quirúrgico para la corrección de las fracturas toracolumbares por estallamiento completo, mediante un abordaje anterolateral con técnica modificada (de mínimo acceso) es más efectivo en días de estancia hospitalaria, sangrado y complicaciones en comparación con un abordaje habitual (amplio).
2. El abordaje anterolateral con técnica modificada es \$36985 menos costosa que el abordaje habitual.
3. El abordaje anterolateral con técnica modificada es más costo-efectivo que el abordaje habitual ya que presenta menores días de estancia (medida de efectividad) y menor costo con relación a la habitual (\$71720 vs \$108192)

PERSPECTIVAS

Los resultados de este estudio apoyarían para la realización de otro estudio de tipo aleatorizado en el cual se reproduzcan y comprueben estos resultados. Asimismo estos datos podrían servir para disponer los recursos suficientes para que se pueda realizar la técnica modificada.

BIBLIOGRAFIA

1. Zigler JE, Capen DA. Epidemiology of spinal cord injury: A perspectiva on the problem spine trauma. Levine AM, et al WB Saunders Company, 1998 Capítulo 1,2-8.
2. Herkowitz H, Garfin S, Balderstorn R, Eismont F et al: Traumatismo de la columna vertebral en adultos. En Rothman-Simeone, Columna Vertebral, Editorial Interamericana. México 2000:931-1119.
3. Menezes A, Sonntag V. Thoracolumbar Fractures. En: Principles of Spinal Surgery, Editorial McGraw-Hill.USA 1996:919-49.
4. Hospital de Traumatología “Dr. Victorio de la Fuente Narváez” del IMSS. Registro diario de ingresos del Servicio de Cirugia de Columna Año 2000.
5. Frymoyer JW. Thoracolumbar fractures evaluation, classification and treatment. En: The adult and pediatric spine. Cap IV Thoracolumbar Spine. Edit Lippincott Williams & Wilkins 2004. pp:817-843
6. Cotler J, Simpson J, An H, Silveri C. Nonoperative Treatment. En Surgery of Spinal Trauma, Editorial Lippincott Williams.USA 2000:277-279.
7. Shono Y, Mc Afee, P, Bryan W, Cunningham B. Experimental study of Thoracolumbar Burst Fractures. Spine 1994;19:1711-22.
8. Ghanayem AJ, Zdeblick TA: Anterior instrumentation in the management of thoracolumbar burs fractures. Clin Orthop Rel Res 1997; 335: 89-100.
9. Herkowitz, H, Garfin S, Baldestrton R et al. Traumatismos de la Columna vertebral en adultos en:Columna vertebral de Rothman-Simeone,Editorial Mc Graw Hill Mexico 2000:1009-14.
10. Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, et al. anterior decompression and stabilization with the kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits. J Bone Joint Surg 1997,79-A:69-82
11. Herkowitz, H, Garfin S, Baldestrton R, et al. Infecciones de la columna vertebral en adultos. En: Columna vertebral de Rothman-Simeone, Editorial Mc Graw Hill, México 2000:1297
12. Bohlman HH, Freehafer A, Dejak J. Late anterior decompression of spinal cord injuries. J Bone Joint Surg 1975; 57A :1025
13. Seiler JG, Johnson J. Iliac crest autogenous bone grafting: donor site complications. J South Orthop Assoc 2000 Summer; 9: 91-7
14. McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA. The unstable burst fracture. Spine 1982; 7:365-73.

15. Lukas R, Suchomel P, Sram J. Surgical treatment of thoracolumbar spine fractures. *Coluna* 2006;5(1):13-18
16. Roshental D. Endoscopic approaches to the thoracic spine. *Eur Spine J.* 2000; 9 Suppl 1:S8-16
17. Dewald C, Millikan K, Hammerberg K, et al. An open, minimally invasive approach to the lumbar spine. *Am Surg* 1999 65:61-8
18. Danisa O, Shaffrey C, Jane J, et al. Surgical approaches for the correction of unstable thoracolumbar burst fractures: a retrospective analysis of treatment outcomes *J Neurosurg* December 1995; 83: 977-83
19. Aebi M, Steffen T. Synframe: a preliminar report. *Eur Spine J* 2000; 9 (Suppl 1) :S44-50.
20. Payer M, Sottas C. Mini-open anterior approach for corpectomy in the thoracolumbar spine. *Surg Neurol.* 2008; 69:25-31
21. Mühlbauer M, Pfisterer W, Eyb R, et al. Minimally invasive retroperitoneal approach for lumbar corporectomy. *J Neurosurg* 2000; 93 (1suppl): 161-167.
22. Merk H, Liebau C, Baltzer A, et al. Implantation of a Harms titanium mesh cylinder for vertebral body replacement in spinal metastases. *Z. Orthop Ihre Grezbege* 2000 138:169-173.
23. Arrington E, Smith W, Chambers H, et al. Complications of Iliac Crest Bone Graft Harvesting. *Clinical Orthopaedics and related Research* 1996;:300-309.
24. Knop C, Lange U, Bastian L, et al. Three-dimensional motion analysis with Synex. Comparative biomechanical test series with a new vertebral body replacement for the thoracolumbar spine. *Eur Spine J.* 2000; 9:472-85
25. Knop C, Lange U, Bastian L, et al. Biomechanical compression test with a new implant for thoracolumbar vertebral body replacement. *Eur Spine J* 2001; 10:30-37.
26. Krbec M, Stulik J, Tichy V. Replacement of the vertebral body with an expansion implant Synex. *Acta Chr Orthop Traumatol Cech* 2002; 69: 158-62
27. Lange U, Knop C Bastian L, et al. Prospective multicenter study with a new implant for thoracolumbar vertebral body replacement. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003; 123: 203-208.
28. Vieweg U, Solch O, Kalff R. Vertebral body replacement system Synex in unstable burst fractures of the thoracic and lumbar spine- a retrospective study with 30 patients *Zentralbl Neurochir* 2003;64:58-64

29. Lange U, Edeling S, Knop C , et al. Titanium vertebral body replacement of adjustable size. A prospective clinical trial. *Unfallchirurg*. 2006; 109:733-742.
30. Lange U, Edeling S, Knop C, et al. Anterior vertebral body replacement with a titanium implant of adjustable height: a prospective clinical study. *Eur Spine J*. 2007; 16: 161-172.
31. Zeman J, Matajka J, Belatka J, et al. Vertebral body replacement with a Synex implant. *Rozhl Chir*. 2007;86: 263-267.
32. Lim TH, An HS, You J et al Biomechanical evaluation of anterior thoracolumbar spinal instrumentation. *Spine* 1995; 20: 1979-1983.
33. Ohnishi T, Neo M, Matsushita M, et al. Delayed aortic rupture caused by an implanted anterior spinal device. Case report. *J Neurosurgery*. 2001 95:253-256.
34. Palapa GR, Anaya VS, Casas MG. Tratamiento por vía anterior de las lesiones inestables de la columna toracolumbar. *Acta Ortopédica Mexicana* 2002; 16(5)245-252
35. Eisenberg JA. Guide to the economics analysis of clinical practices .*JAMA* 1989; 262: 2879-2886.
36. Drummond M, Stoddart G Torrance. Análisis de coste efectividad. En: *Métodos de evaluación económica para los sistemas de salud*, 1993:90-138
37. Fontaine E. Evaluación social de proyectos. 12 a edición. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile, 2000. Pág. 21-38
38. Drummond M, Stoddart G, Torrance G. Métodos para la evaluación económica de los programas de atención de la salud. Ediciones Díaz de Santos, S. A. 1991. Pág. 10-11
39. Drummond M, Mc Guire D. Handling uncertainty in economic evaluation and presentig the results in economic evaluation in healt care. *Oxford New York* 2001:171-187
40. Detsky A, Naglie G. A Clinician´s guide to cost-effectiviness analysis. *Ann Intern Med* 1990; 113: 147-154.
41. Rubio TC, Cobo E, Sacristán JA, et al. Análisis de la incertidumbre en las evaluaciones económicas de intervenciones sanitarias. *Med Clin (Barc)* 2004; 122:668-674.
42. Kim M, Nolan P, Finkelstein J. Evaluation of 11th rib extrepleural- retroperitoneal approach to the thoracolumbar junction. *J Neurosurg (Spine 1)* 2000; 93:168-174.
43. Saleh KJ, Gafni A, Macaulay WB, et al. Understanding economic evaluations: a revoiew of the knee arthroplasty literature. *Am J Knee Surg*. 1999; 12: 155-60.
44. Lavernia CJ. Cost-effectiveness of early surgical intervention in silent osteolysis. *J Arthroplasty*. 1998; 13: 277-279.
45. Boettcher WG. Total hip arthroplasties in the elderly. Morbidity, mortality and cost-effectiveness. *Clin Orthop*. 1992; 274: 30-34.

46. Lavernia CJ, Drakeford MK, Tsao AK, et al Revision and primary hio and knee arthroplasty. A cost analysis. Clin Orthop.1995; 311: 136-141.
47. Healy WL, Finn D. The hospital cost and the cost of the implant for total knee arthroplasty. A comparision between 1983 and 1991 for one hospital. J Bone Joint Surg Am. 1994; 76; 801-806.
48. Barber TC, Healy WL. The hospital cost of total hip arthroplasty. A comparison between 1983 and 1990. J Bone Joint Surg Am. 1993; 75: 321-325.
49. Zuckerman JD, Kummer FJ, Frankel VH. The effectiveness of a hospital-based strategy to reduce the cost of total joint implants. J Bone Joint Surg Am. 1994; 76: 607-611.
50. Clark CR. Cost containment: total joint implants. J Bone Joint Surg Am. 1994; 76:799-800.
51. Meyers SJ, Reuben JD, Cox DD, Watson M. Inpatient cost of primary total joint arthroplasty. J Arthroplasty. 1996; 11: 281-285.
52. Reuben JD, Meyers SJ, Cox DD, et al. Cost comparision between bilateral simultaneous, staged and unilateral total joint arthroplasty. J Arthroplasty. 1998;13: 172-179.
53. Tunturi T,Niemela P, Laurinkari J, et al. Cost benefit analysis of posterior fusion of the lumbosacral spine. Acta Othop Scand.1979: 50: 427-432
54. Norton WL. Chemonuclelysis versus surgical discectomy. Comparision of cost and results in workers compensation claimants. Spine 1986; 11: 440-443.
55. Boss N. The impact of economic evaluation on quality management in spine surgery. Eur Spine J. 2009; 18: 338-347.
56. Cotler HB, Cotler JM, Alden ME, et al. The medical and economic impact of closed cervical spine dislocations. Spine 1990; 15: 448-452.
57. Kendrick D, Fielding K, Bentley E, et al. The role of radiography in primary care patiens with low back pain of at least 6 weeks duration: a randomized (unblinded) controlled trial. Health Technol Assess 2001; 5: 1-69.
58. Blackmore CC, Zelman WN, Glick ND. Resource cost analysis of cervical spine trauma radiography. Radiology 2001; 220:581-587.
59. Commo JJ, Thompson MA, Anderson JS, et al. Is magnetic resonance imaging essential in clearing the cervical spine in obtunded patiens with blunt trauma? J. Trauma 2007; 63: 544-549.

60. Resnick DK. Digital versus plain film imaging in the operating room: cost and safety considerations. *Spine J* 2009; 9: 1035-1036.
61. Steinmetz MP, Mroz TE, Krishnaney A, et al. Conventional versus digital radiographs for intraoperative cervical spine-level localization: a prospective time and cost analysis. *Spine J* 2009; 9: 967-971.
62. Mayer T, McMahon MJ, Gatchel RJ, et al. Socioeconomic outcomes of combined spine surgery and functional restoration in workers compensation spinal disorders with matched controls. *Spine* 1998; 1: 598-605.
63. Van de Roer N, Bakker F, Van Tulder M, et al. Direct medical costs of traumatic thoracolumbar spine fractures. *Acta Orthop* 2005;76:662-666.
64. Dick J, Boachie- Adjei O, Wilson M. One-stage versus two-stage anterior and posterior spinal reconstruction in adults. Comparison of outcomes including nutritional status, complications rates, hospital cost, and other factors. *Spine* 1992; 17 (suppl 8): S310-S316.
65. Calderone RR, Garland DE, Capen DA, Oster H. Cost of medical care for postoperative spinal infections. *Orthop Clin North Am.* 1996; 27: 171-182.
66. Katz JN. Lumbar spinal fusion: Surgical rates, costs, and complications. *Spine* 1995; 20 (suppl 24): 78S-83S.
67. Chrischilles E, Shireman T, Wallace R. Costs and health effects of osteoporotic fractures. *Bone* 1994; 15: 377-386.
68. De Laet CE, Van Hout B, Burger H, Weel A, et al. Incremental cost of medical care after hip fracture and first vertebral fracture: the Rotterdam study. *Osteoporos Int.* 1999; 10: 66-72.
69. Johnell O. Economic implication of osteoporotic spine disease: cost to society. *Eur Spine J.* 2003;12 Suppl 2: S168-S169.
70. Masala S, Ciarrapico A, Konda D, Vinicola V, Mammucari M, Simonetti G. Cost-effectiveness of percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures. *Eur Spine J.* 2008;17 : 1242-1250.
71. Klazen C, Lohle P, de Vries J, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (vertos II): an open label randomized trial. *Lancet* 2010 Sept 376:1085-1092
72. Tosteson A, Melton L, Dawson-Hughes B, Baim S. Cost-effective osteoporosis treatment thresholds. The United States perspective. *Osteoporos Int.* 2008; 19: 437-447.
73. Fleurence R, Iglesias C, Johnson J. The cost effectiveness of bisphosphonates for the prevention and treatment of osteoporosis: a structured review of the literature. *Pharmacoeconomics.* 2007; 25: 913-933.
74. Strom O, Borgstrom F, Sen S, Boonen S, et al. Cost-effectiveness of alendronate in the treatment of postmenopausal women in 9 European countries an economic evaluation based on the fracture intervention trial. *Osteoporos Int* 2007; 18: 1047-1061.

75. Schousboe J, Ensrud K, Nyman J, Kane R, Melton L. Cost-effectiveness of vertebral fracture assessment to detect prevalent vertebral deformity and select postmenopausal women with a femoral neck T-score ≥ -2.5 for alendronate therapy: a modeling study. *J Clin Densitom* 26; 9: 133-143.
76. Schousboe J, Ensrud K, Nyman J, Kane R, Melton L. Potential cost-effective use of spine radiographs to detect vertebral deformity and select osteopenic post-menopausal women for amino-biphosphonate therapy. *Osteoporos Int* 2005; 16: 1883-1893.
77. Kanis J, Borgstrom F, Johnell O, Jonson B. Cost-effectiveness of risedronate for the treatment of osteoporosis and prevention of fractures in postmenopausal women. *Osteoporos Int*. 2004; 15: 862-871.
78. Johnell O, Jonson B, Jonson L, Black D. Cost effectiveness of alendronate (Fosamax) for the treatment of osteoporosis and prevention of fractures. *Pharmacoeconomics*. 2003; 21: 305-314.
79. Buckley L, Hillner B. A cost effectiveness analysis of calcium and vitamin D supplementation, etidronate, and alendronate in the prevention of vertebral fractures in women treated with glucocorticoids. *J Rheumatol*. 2003; 30: 132-138.
80. Hitchton P, Torner J, Eichholz K, Beeler S. Comparison of anterolateral and posterior approaches in the management of thoracolumbar burst fractures. *J Neurosurg Spine*. 2006; 5: 117-125.
81. Powell E, Krengel W, King H, Lagrone M. Comparison of same-day sequential anterior and posterior spinal fusion with delayed two-stage anterior and posterior spinal fusion. *Spine*. 1994; 19: 1256-1259.
82. Katz J, Lipson S, Lew RA, Grobler LJ. Lumbar laminectomy alone or with instrumented or noninstrumented arthrodesis in degenerative lumbar spinal stenosis. Patient selection, costs, and surgical outcomes. *Spine* 1997; 22: 1123-1131.
83. Ray CD. Threaded fusion cages for lumbar interbody fusions. An economic comparison with 360 degrees fusions. *Spine* 1997; 22: 681-685.
84. Mayer T, McMahon MJ, Gatchel RJ, et al. Socioeconomic outcomes of combined spine surgery and functional restoration in workers compensation spinal disorders with matched controls. *Spine* 1998; 23: 598-605.
85. Reyes S, Rosales L, Miramonstes V. Treatment of thoracolumbar burst fracture by vertebral shortening. *Eur Spine J* (2002) 11 :8–12
86. Minoru D, MD; Koichiro M, MD; Kotaro N et al. Posterior Vertebral Shortening With Screw and Hook Placement for Osteoporotic Vertebral Collapse With Paraplegia. *Orthopedics*. 2007; 30: Issue 10