

Informe de Proyecto de Investigación P098-2011

RADIACIÓN IONIZANTE EN CIRUGÍA DE COLUMNA

Fundación Científica y Tecnológica (FUCYT)

Hospital del Trabajador de Santiago (HTS)

Investigador Principal: **Ratko Yurac Barrientos**

Coordinador Metodológico: **Vicente Ballesteros Plaza**

Coordinador Técnico: **Enrique Viveros Pereira**

Fecha informe: 30/09/2013

Este proyecto fue realizado con el financiamiento de la Asociación Chilena de Seguridad, a través de la Fundación Científica y Tecnológica, FUCYT.

ÍNDICE

1. Resumen	3
2. Introducción	4
3. Objetivos	5
4. Diseño del estudio	5
5. Población	6
6. Métodos	6
6.1 Parámetros del estudio	6
6.2 Instrumentos de protección y medición	7
7. Análisis estadístico	8
8. Consideraciones éticas	8
9. Resultados	9
10. Discusión	10
11. Bibliografía	12
Anexo 1	13
Anexo 2	14
Anexo 3	17
Anexo 4	18

1. Resumen

Este trabajo busca identificar la exposición del personal de pabellón con la mayor precisión posible que participa en cirugías de columna vertebral asistidas con fluoroscopia, así como determinar el efecto de las medidas de protección de exposición a la radiación secundaria. Para ello se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de la dosis absorbida por cada miembro del equipo de cirugía y se utilizó un diseño pseudo-experimental para evaluar la efectividad de las medidas de protección (delantal plomado y distancia con el emisor).

El estudio determinó que la magnitud de exposición a radiación del personal está en el rango que establece la normativa nacional e internacional y que el uso del delantal plomado disminuye de manera significativa la exposición, lo que confirma la efectividad de esta medida de protección y resalta la importancia de su uso en forma permanente. No se logró establecer una asociación estadísticamente significativa entre la menor exposición a radiación y una mayor distancia con respecto a la fuente de emisión.

2. Introducción

La incorporación progresiva de sistemas de fijación pedicular y otros instrumentales en la cirugía de columna vertebral ha llevado a la utilización de radioscopía en dosis mayores a las utilizadas para resolver otras patologías osteoarticulares (1). Se ha descrito que la ubicación y cercanía de los cirujanos a los equipos de radioscopía durante el procedimiento quirúrgico aumentan los riesgos de exposición a la radiación (2).

La exposición prolongada y acumulación de radiación no es inocua para la especie humana ya que se ha identificado su asociación con el desarrollo de lesiones cutáneas y en el cristalino, alteraciones reproductivas y la aparición de tumores, como ser el cáncer de tiroides (3, 4).

Actualmente, como herramientas de protección radiológica en pabellón, se utilizan delantales, collares y lentes plomados, y el hábito de distanciarse del equipo emisor de radiación. Sin embargo, su uso no se ha difundido masivamente, no existe la conciencia de la exposición a la radiación y de los niveles permitidos internacionalmente, y no todos los centros de salud cuentan con la capacidad de implementar las medidas descritas. Específicamente, en el Hospital del Trabajador de Santiago (HTS), el acceso a los protectores tiroideos y a los lentes plomados es poco frecuente. Adicionalmente, debe existir una cultura administrativa que permita programar y ejecutar el mantenimiento de los equipos de radioscopía según las especificaciones y recomendaciones del fabricante.

La colocación de tornillos pediculares requiere precisión con el fin de minimizar las complicaciones neurológicas, vasculares y otras asociadas con el posicionamiento inadecuado de estos implantes. En el HTS, la frecuencia de error en la posición de tornillos pediculares es más baja con respecto a la reportada en la literatura y por otros centros (5). Este éxito se ha obtenido a expensas de la utilización prolongada y constante de radioscopía intraoperatoria lo que se refleja en mayor exposición a radiación ionizante por parte de los cirujanos y personal de la salud que trabaja en pabellón (1, 6).

En nuestra institución, está implementada la monitorización de exposición del personal de pabellón quirúrgico a radiación ionizante por medio de dosimetría personal tipo filmica, para lo cual se realiza una lectura trimestral acumulativa. Este sistema cumple la normativa nacional (7), pero tiene la debilidad de permitir una variabilidad no estimada dependiente de la rigurosidad en el uso del dosímetro y la correcta aplicación de las medidas de protección radiológica (uso de delantales plomados, protectores tiroideos y gafas), la correcta aplicación de los principios de protección radiológica (tiempo, distancia y blindaje). Por otra parte, la determinación adoptada por el Instituto de Salud

Pública de Chile (ISP) de informar las dosis inferiores a 0,1 miliSievert (mSv), como "Menores a Nivel de Registro" (MNR) (8), no permite la medición de una dosis cuantitativa de la exposición por parte del personal de pabellón.

Este trabajo pretende hacer una cuantificación numérica con el fin de identificar la exposición más precisa del personal del pabellón de cirugía de columna con apoyo fluoroscópico, así como determinar el efecto de las medidas implementadas en nuestra institución para protección de exposición a radiación ionizante.

3. Objetivos

3.1 General

Determinar la relación entre la dosis equivalente efectiva del personal de salud que se desempeña en pabellón durante una cirugía de columna con instrumentación pedicular asistida por radioscopia y la distancia con la fuente, parte del cuerpo expuesta y el uso de protección con delantal plomado.

3.2 Específicos

1. Comparar la magnitud de la dosis del personal con respecto a la normativa nacional e internacional.
2. Determinar el efecto protector del uso de delantal plomado.
3. Determinar el efecto en la dosis equivalente efectiva al alejar el individuo de la fuente.
4. Plantear bases para futuras investigaciones con respecto al tema, buscando mejorar los sistemas de protección de las personas que trabajan en el pabellón quirúrgico expuestas a radiación constante.
5. Sensibilizar al personal con respecto a la necesidad de adoptar todas las medidas de protección radiológica existentes.

4. Diseño del estudio

4.1 Estudio descriptivo de corte transversal

Análisis cuantitativo y cualitativo de la dosis absorbida por el paciente según informe de dosis del equipo y la dosis equivalente en cada uno de los sitios de medición de dosimetría.

4.2 Estudio de eficacia

Se utilizó un diseño pseudo-experimental realizando una prueba pre-test y post-test (de entrada y salida) con el fin de comparar la dosimetría efectiva, utilizando las medidas de protección (delantal plomado y distancia con el emisor) para determinar la magnitud del efecto de su uso y si es el esperado.

La fase de recolección de datos se realizó entre marzo y diciembre de 2012, iniciándose en esa fecha la fase pseudo-experimental.

5. Población del estudio

El universo lo constituyó el personal expuesto a radiación ionizante en el pabellón de cirugía de instrumentación vertebral del Hospital del Trabajador de Santiago.

Criterios de inclusión: Personal que necesariamente tiene que exponerse a la radiación por las características técnicas de la cirugía con instrumentación pedicular: Cirujano, Ayudante, Operador de la fuente de Rayos X y Arsenalera.

Para lograr la medición del efecto de la distancia en la protección contra la exposición, se decidió utilizar como punto de referencia el puesto de trabajo del equipo de anestesia, sin que sea necesario que ningún miembro esté expuesto. (Anexo 1)

Criterios de Exclusión: Embarazo

6. Métodos

6.1 Parámetros del estudio

El Parámetro principal fue la exposición a radiación ionizante (Dosimetría equivalente)

Los Parámetros secundarios fueron: i) Distancia entre el individuo y el equipo emisor de radiación y ii) Efecto de la protección con delantal.

Otros parámetros utilizados fueron: i) Número de pedículos instrumentados y segmentos de la columna incluidos; y ii) Tipo de cirugía (Traumática o Degenerativa).

6.2 Instrumentos de protección y de medición del estudio

6.2.1: Intervenciones para protección

Uso de delantal de protección radiológica [WOLF™. Espesor equivalente en plomo = 0,5 mm, material de blindaje: goma plomada y goma bismutada – más liviano para uso de arsenalera –. Se realizó control anual de indemnidad. Caducidad recomendada por fabricante = 24 meses, Vida útil = 5 años).

Alejamiento de la fuente de emisión de Rayos X

6.2.2: Instrumento de medición de radiación absorbida: Informe de dosis absorbida que el equipo de radioscopía (B-29 Endura™) entrega a través del software interno que hace una ponderación electrónica.

Unidad de medida: miliGray (mGy).

6.2.3: Instrumento de medición de exposición a radiación recibida:

Dosímetro In Light™

[Tecnología OSL (Lumiscencia por estimulación óptica) que permite sensibilidad desde 0,001 mSv hasta 10 mSv]

Unidad de medida: miliSievert (mSv).

6.2.4: Puntos de medición de la exposición a radiación secundaria (scatter generado por la radiación emitida por la fuente con el paciente):

- Tórax del cirujano (con protección por el delantal plomado)
- Cuello del cirujano (sin protección)
- Región glútea del cirujano (con protección por el delantal plomado)
- Tórax del primer ayudante (con protección por el delantal plomado)
- Cuello del primer ayudante (sin protección)
- Tórax de la arsenalera (con protección por el delantal plomado)
- Cuello de la arsenalera (sin protección)
- Tórax del operador del arco en C (con protección por el delantal plomado)
- Cuello del operador del arco en C (sin protección)
- Tórax del anesthesiólogo (con protección por el delantal plomado)

Adicionalmente, en todos los procedimientos, los participantes del estudio utilizaron en el tórax, bajo el delantal plomado de protección, un dosímetro personal tipo fílmico al que se le realizó la monitorización trimestralmente.

7. Análisis estadístico

7.1 Estadística descriptiva

Se determinó el comportamiento del conjunto de los valores que se obtienen a través de las distintas mediciones en los puntos previamente determinados.

Se describieron las medidas de tendencia central: media, mediana y moda por cirugía de instrumentación vertebral y por colocación de tornillo. También se calcularon las medidas de dispersión: varianza y desviación estándar.

7.2 Análisis univariado

Se calculó el efecto del uso de delantal de protección radiológica comparando la medición en el cuello como valor pre test y la medición bajo el delantal como valor pos test. Para este efecto se realizó la prueba estadística T-Student.

Se realizó un ANOVA de modelo fijo para el cálculo del efecto de la distancia utilizando medición en la región glútea del cirujano comparado con la medición en el tórax del cirujano, con la medición en el tórax de la arsenalera, del operador del equipo y del anestesiólogo.

8. Consideraciones éticas

Se siguieron los principios éticos para investigación médica en seres humanos propuestos en la Declaración de Helsinki promulgada por la Asociación Médica Mundial. Se solicitó un consentimiento informado por parte de los participantes de la investigación, quienes conocieron previamente al consentimiento, el método de realización de la investigación, los propósitos de la misma y los riesgos previsibles. Este protocolo de investigación fue enviado para aprobación al Comité de Ética del Hospital del Trabajador de Santiago.

9. Resultados

9.1 Radiación absorbida (primaria) (Anexo 2)

El promedio de dosis absorbida por el paciente por procedimiento fue de 43,97 mGy y la mediana 37,1 mGy [Rango: 12,3 – 137 mGy; Desviación Estándar 30,9 mGy]. El promedio por tornillo pedicular fue de 8,36 mGy.

La duración de la exposición a radiación por procedimiento tuvo un promedio de 3 minutos y 6 segundos y una mediana de 2 minutos y 27 segundos [Rango: 1'14" – 8'57" Desviación Estándar: 2'02"].

Se realizó medición en 35 procedimientos de instrumentación pedicular de la columna vertebral. La indicación de 20 procedimientos fue por patología degenerativa [Promedio 49,27 mGy] y los 15 restantes por patología traumática [Promedio 36,88 mGy].

9.2 Efecto de las medidas de protección

Se observó que el uso de protección con chaleco de plomo disminuye en un 72,64% [T-Student; $p = < 0.00001$] la dosis equivalente durante una cirugía de instrumentación vertebral.

La comparación entre la dosis equivalente dependiendo de la distancia con respecto a la fuente de radiación, se realizó utilizando el dosímetro colocado en la pelvis del cirujano como punto de referencia más cercano a la fuente. La medición de este dosímetro fue comparada con las realizadas por los dosímetros del tórax (bajo el delantal) de los cirujanos (distancia definida como < 1 metro), donde se observó una reducción del 50,14% [T-Student; $p = 0,0089$]; con los dosímetros del tórax de la arsenalera y el operador del equipo (1 metro), encontrando una reducción del 60,56% [T-Student; 0,0013] y con el dosímetro colocado en la estación de trabajo de anestesia (1,5 metros), donde la reducción fue de 50,61% [T-Student; 0,023].

Aunque la diferencia en la medición fue estadísticamente significativa en todos los casos, no hubo una asociación estadísticamente significativa entre una menor exposición a radiación y una mayor distancia con respecto a la fuente de emisión (ANOVA de una vía; Diferencia: 0,0005, $p = 0,714$) (Anexos 3 y 4).

9.3 Confiabilidad del sistema de medición utilizado actualmente

Las lecturas trimestrales acumulativas de los dosímetros personales tipo fílmicos fue siempre MNR durante el intervalo del estudio para los participantes. Sin embargo, existió una absorción acumulada progresiva con el sistema In Light™. Como se puede observar en el anexo 3, las mediciones de

dos equivalentes en el tórax de los sujetos de estudio, osciló entre 0,01 y 0,14 mSv, y las mediciones en el cuello oscilaron entre 0,02 y 0,27 mSv.

10. Discusión

Este trabajo describe una medición sistemática de la exposición del personal del pabellón que participa en cirugías con instrumentación pedicular de columna vertebral que son asistidas con fluoroscopia. Según las recomendaciones del 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), el límite de dosis equivalente para exposición ocupacional es de 20 mSv en un año, promediado sobre periodos definidos de 5 años, sin exceder en ningún año los 50 mSv (9).

Esta revisión incluye evidencia epidemiológica que sugiere que hay algunos efectos no cancerígenos (también conocidos como determinísticos) de reacción en tejidos, particularmente aquéllos con muy tardía manifestación, donde las dosis umbrales son o podrían ser más bajas que las consideradas previamente. Esto confirma la importancia de esta investigación al evaluar la efectividad de las medidas de protección con las que se cuenta actualmente en el pabellón de cirugía.

Con respecto al uso de delantal de protección, Miller y cols. (10) en 1983 ya habían mostrado el efecto protector del uso de delantal plomado al comparar la medición de exposición de radiación en diferentes partes de la anatomía de los cirujanos y observar su relación con el posicionamiento del arco en C. En nuestro estudio observamos una reducción significativa en la dosis (72,64%) recibida por cada uno de los participantes del estudio en el cuello, donde el dosímetro se utilizó sobre el collar de protección, y la dosis recibida en el tórax bajo el delantal de protección, lo que confirma la efectividad de la utilización de esta medida de protección y resalta la importancia de su uso en forma adecuada.

La distancia entre el individuo expuesto y la fuente de radiación ha sido estudiada como mecanismo de protección para disminuir la exposición. Mehlman y DiPasquale (11) definieron que una persona a una distancia de 91,4 cm desde la fuente de radiación, recibe una extremadamente baja cantidad de radiación al ser comparada con otra que se encontrara a menos de 70 cm de la fuente. Este planteamiento fue ratificado por Lee y cols. (12) quienes concluyen en su trabajo que existen cuatro factores que reducen la exposición a radiación durante una cirugía asistida con arco en C: la distancia entre el paciente y el personal expuesto, la configuración del arco en C, el uso de equipo de radioprotección y evitar la exposición directa de los ojos y las manos.

A pesar de esto, aunque nuestras observaciones muestran que la medición en todos los lugares alejados a la fuente de emisión de radiación fue significativamente inferior, no se pudo demostrar la relación entre una menor exposición con una distancia mayor inclusive teniendo en cuenta que se utilizaron mediciones obtenidas a 1,5 mts de la fuente. En este sentido, es probable que para determinar la distancia óptima a la cual se obtiene mayor seguridad, se requiera un estudio que valide la configuración tridimensional propuesta por Ladikos y cols. (13) quienes acompañaron la medición de radiación de un registro fotográfico que permite segmentar el pabellón y determinar el efecto de los objetos que lo ocupan en la distribución final de la radiación secundaria.

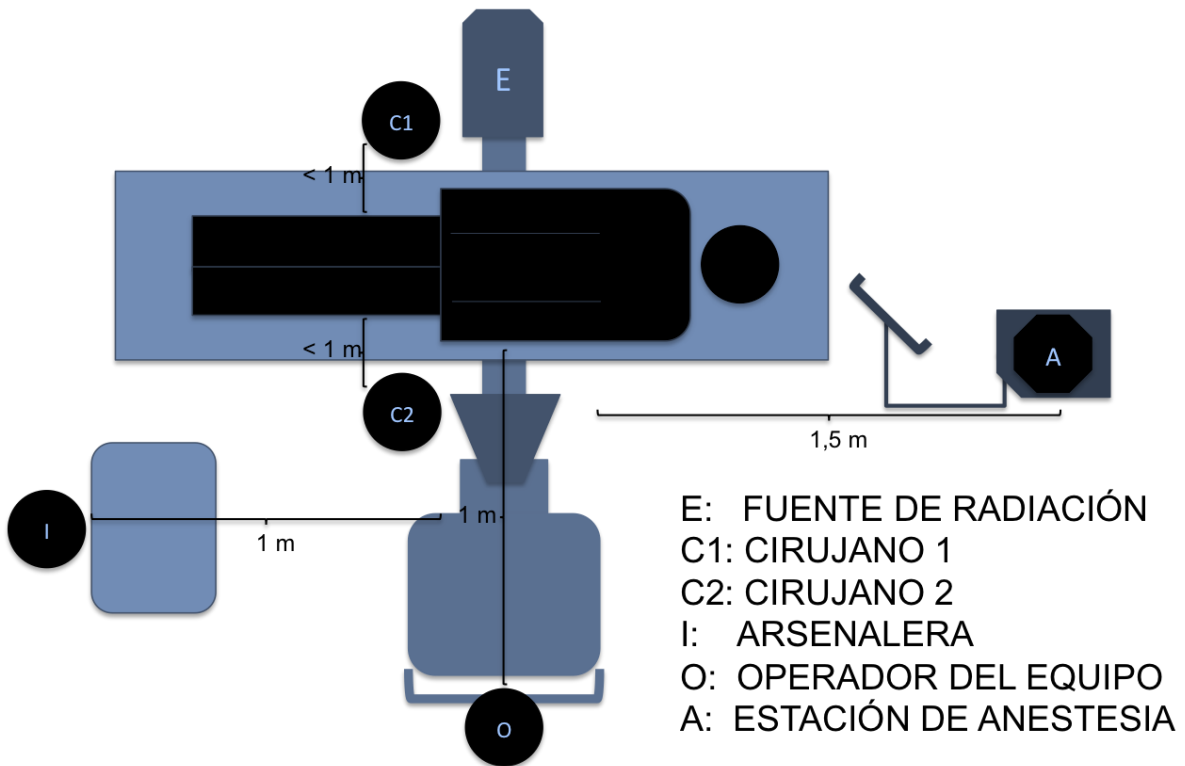
Tal como se describió en la introducción de este trabajo, el sistema actual de monitorización de exposición ocupacional a radiación ionizante imposibilita la evaluación cuantitativa de la dosis equivalente efectiva de radiación ionizante. Dado que el sistema de dosimetría por lumiscencia de estimulación óptica tiene una mayor sensibilidad y, en consecuencia, permite calcular la exposición acumulativa, una de nuestras recomendaciones sería definir como estándar de monitoreo, este tipo de dosimetría ya que, aunque ninguno de los totales de dosis equivalente supera los límites recomendados por la ICRP, con este sistema se observaron mediciones mensuales superiores a 0,1 mSv (MNR), en especial en cirugías por enfermedad degenerativa, que no fueron detectadas por los dosímetros fílmicos a pesar de que su lectura es trimestral. Adicionalmente, al calcular la acumulación trimestral, esta falencia es mucho más notoria. Es de resaltar que en este estudio no se consideraron otros procedimientos de la columna vertebral que se realizan con una significativa frecuencia y que requieren asistencia fluoroscópica (cirugía cervical e infiltraciones).

El presente estudio tiene limitaciones en cuanto no haber incluido otros factores que se han descrito que pueden afectar la exposición a radiación ionizante, tales como la calidad y el estado de los equipos de radioscopia y la efectividad de otras medidas de radioprotección como los lentes, los guantes y los collares; además, no se tuvo en cuenta la densidad del volumen irradiado del paciente y su directa relación con la radiación secundaria. Sin embargo, consideramos que es muy valioso en el sentido de la concientización del personal de salud en cuanto a la exposición ocupacional a un factor altamente nocivo y a la implementación de medidas para disminuir el efecto que pueda tener esta exposición.

11. Bibliografía

1. Rampersaud Y, Foley K, Shen A, et al. Radiation Exposure to the Spine Surgeon During Fluoroscopically Assisted Pedicle Screw Insertion. *Spine* 2000; 25(20):2637 – 2645.
2. Ladikos A, Cagniard C, Ghotby R, et al. Estimating Radiation Exposure in Interventional Environments. *MICCAI 2010 Part III; LNCS 6363*: pp 237 – 244.
3. Feldmann HJ. Adverse effects of radiation therapy. Skin and mucous membrane "under fire". *MMW Fortschr Med.* 2010; 152(46):30.
4. Tronko M, Bogdanova T, Voskoboynyk L, et al. Radiation induced thyroid cancer: fundamental and applied aspects. *Exp Oncol.* 2010; 32(3): 200 – 204.
5. Marré B, Ballesteros V, Martínez C, et al. Thoracic spine fractures: injury profile and outcomes of a surgically treated cohort. *Eur Spine J.* 2011; 20(9): 1427 – 1433.
6. Parker SL, McGirt MJ, Farber SH, et al. (2011). Accuracy of free-hand pedicle screws in the thoracic and lumbar spine: analysis of 6816 consecutive screws. *Neurosurgery* 2011; 68(1): 170 – 178.
7. Ministerio de Salud. *Aprueba Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radioactivas. Decreto 3, 25/04/1985. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.*
8. Instituto de Salud Pública de Chile. *Propone uso de magnitud Hp (10) para la vigilancia individual. Ord. 1893, 23/12/2010.*
9. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Ann ICRP* 2007; 37(2-4): 1 – 332.
10. Miller ME, Davis ML, MacClean CR, et al. Radiation Exposure and Associated Risks to Operating-Room Personnel during Use of Fluoroscopic Guidance for Selected Orthopaedic Surgical Procedures. *J Bone Joint Surg Am* 1983; 65(1): 1 – 4.
11. Mehlman CT, DiPasquale TG. Radiation Exposure to the Orthopaedic Surgical Team During Fluoroscopy: "How Far Away Is Far Enough?" *J Orthop Trauma* 1997; 11(6): 392 – 398.
12. Lee K, Lee, KM, Park MS, et al. Measurement of Surgeons' Exposure to Ionizing Radiation Dose During Intraoperative Use of C-Arm Fluoroscopy. *Spine* 2012; 37(14): 1240 – 1244.
13. Ladikos A, Cagniard C, Ghotbi R, et al. Estimating radiation exposure in interventional environments. *Med Image Comput Comput Assist Interv* 2010; 13(Pt 3): 237 – 244.

ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DEL PERSONAL EN PABELLÓN



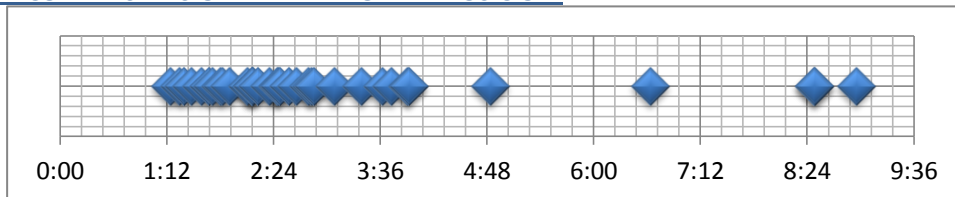
ANEXO 2 TABLA DE REGISTRO DE MEDICIÓN POR PROCEDIMIENTO.

REGISTRO DE MEDICIÓN DE RADIACIÓN ENTREGADA POR LA FUENTE DEL ARCO EN C (mGy – segundos) POR PROCEDIMIENTO		
9/03/2012	1. Artrodesis toracolumbar Hombre. Enfermedad de segmento adyacente. Extensión de artrodesis. Instrumentación Pedicular T10, T11 derecho, T12 izquierdo, L1 bilateral	1 Total: 20,8 mGy – 1'23"
20/03/2012	2. Artrodesis lumbar. Yurac Mujer. Estenosis raquídea lumbar. Instrumentación L3, L4 y S1.	2 Total: 137 mGy – 8'29"
21/03/2012	3. Artrodesis toracolumbar. Ballesteros Hombre. Fractura operada con fijación T11-L1. Extensión de instrumentación pedicular T10 y L2.	3 Total: 16,9 mGy – 1'14"
23/03/12	4. Artrodesis torácica. Yurac Hombre. Fractura T4-T5 tipo C. Artrodesis pedicular T2, T3, T6, T7 izquierdo fallido y derecho OK, T8.	4 Total: 54,5 mGy – 6'38"
4/04/2012	5. Artrodesis L3-S1. Urzúa Mujer. Fractura L5 tipo Chance. Espondilitis anquilosante. Instrumentación pedicular L3, L4, L5 y S1. Cirugía extensa.	5 Total: 137 mGy – 8'29"
04/05/12	6. Artrodesis Lumbar. Zamorano Hombre. Fractura de L1. Instrumentación pedicular T12 y L2.	6 Total: 25,2 mGy – 2'39"
15/05/2012	7. Artrodesis Lumbar. Fleiderman Mujer. Estenosis raquídea lumbar. Instrumentación percutánea L3-S1. TLIF L3-L4, L5-S1 e injerto L4-L5.	7 Total: 113 mGy – 8'57"
12/06/2012	8. Artrodesis Lumbar. Yurac Hombre. Segunda recidiva de HNP L5-S1 izquierda. Instrumentación L5-S1. Descompresión. 9. Artrodesis Lumbar. Fleiderman Mujer. Estenosis foraminal en VT bajo artrodesis. Instrumentación VT-S2. Descompresión.	8 Total: 30,4 mGy – 2'09" 9 Total: 37,1 mGy – 2'13"
19/06/12	10. Artrodesis Dorso lumbar. Zamorano Mujer. Fractura de L1 tipo A3. Instrumentación pedicular T12 y L1.	10 Total: 12,3 mGy – 1'35"
22/06/12	11. Artrodesis Lumbosacra. Lecaros Hombre. Estenosis lumbar mixta. Instrumentación pedicular L2 a S1.	11 Total: 62,6 mGy – 3'55"
6/07/2012	12. Artrodesis Dorso lumbar. Urzúa Hombre. Fractura T12-L1 tipo C2. Instrumentación pedicular T12 y L2.	12 Total: 58,4 mGy – 2'27"

13/07/2012	13. Artrodesis Lumbar. Yurac Mujer. Estenosis lumbar en escoliosis degenerativa. Instrumentación pedicular L2 a L5.	13 Total: 75,5 mGy – 4'50"
07/08/2012	14. Artrodesis Lumbar. Fleiderman Mujer. Estenosis raquídea lumbar. Instrumentación pedicular L4 y L5. TLIF L4-L5. 15. Artrodesis Dorso lumbar. Yurac Mujer. Estenosis lumbar en Escoliosis degenerativa. Instrumentación pedicular T10 a L5.	14 Total: 51,7 mGy – 3'43" 15 Total: 23,9 mGy – 2'09"
28/08/2012	16. Artrodesis Lumbar. Ballesteros Mujer. Fractura de L4 tipo A3. Instrumentación pedicular L3 y L5.	16 Total: 13,3 mGy – 1'28"
29/08/2012	17. Artrodesis Lumbar. Urzúa Hombre. Segunda recidiva de HNP L4-L5. Instrumentación pedicular L4 y L5. TLIF L4-L5.	17 Total: 41,2 mGy – 2'34"
31/08/2012	18. Artrodesis Lumbar. Ballesteros Hombre. Estenosis raquídea Lumbar. Instrumentación pedicular L3 a L5. TLIF L3-L4 y L4-L5.	18 Total: 57,5 mGy – 3'05"
11/09/2012	19. Artrodesis Lumbar. Fleiderman Hombre. Fractura T12-L1 tipo B1. Instrumentación pedicular T12 y L2.	19 Total: 22,3 mGy – 2'49"
21/09/12	20. Artrodesis Lumbosacra. Yurac Hombre. HNP L5-S1 recidivada. Instrumentación pedicular L5 y S1.	20 Total: 43,6 mGy – 2'51"
25/09/12	21. Artrodesis Lumbar. Yurac Hombre. HNP L3-L4 PL izquierda y L4-L5 foraminal izquierda. Instrumentación pedicular L3 a L5.	21 Total: 52,5 mGy – 3'23"
28/09/12	22. Artrodesis Dorso lumbar. Zamorano Hombre. Fractura T12-L1 tipo B1. Instrumentación pedicular T12 y L1.	22 Total: 53,4 mGy – 3'37"
2/10/2012	23. Artrodesis Lumbar. Yurac Mujer. Estenosis raquídea L4-L5 severa. Instrumentación pedicular L4 y L5.	23 Total: 47,0 mGy – 2'09"
5/10/2012	24. Artrodesis Dorso lumbar. Zamorano Mujer. Fractura de T12 tipo A3.2. Instrumentación pedicular T11 y L1.	24 Total: 36,7 mGy – 3'54"
10/10/2012	25. Artrodesis Lumbar. Ballesteros Hombre. HNP recidivada L5-S1. Instrumentación pedicular L5 y S1. TLIF L5-S1.	25 Total: 31,2 mGy – 1'40"
12/10/12	26. Artrodesis Dorso lumbar. Zamorano Hombre. Fractura T11-T12 tipo B1. Instrumentación pedicular T11 y L1.	26 Total: 32,8 mGy – 2'28"
23/10/12	27. Artrodesis Lumbar. Yurac Mujer. Estenosis raquídea L4-L5. Instrumentación pedicular L4 y L5. TLIF L4-L5.	27 Total: 24,0 mGy – 1'42"
30/10/2012	28. Artrodesis Lumbar. Fleiderman Hombre. HNP L2-L3 foraminal izquierda. Instrumentación pedicular L2 y L3. TLIF L2-L3.	28 Total: 23,57 mGy – 1'54"

20/11/2012	29. Artrodesis Lumbar. Yurac Hombre. Fractura T11-T12 tipo B1. Instrumentación pedicular T11 y T12.	29 Total: 19,3 mGy – 2'06"
28/11/2012	30. Artrodesis Lumbosacra. Ballesteros Mujer. Espondilolistesis degenerativa L5-S1. Instrumentación pedicular L5 y S1.	30 Total: 41,2 mGy – 2'26"
4/12/2012	31. Artrodesis Dorsolumbar. Yurac Hombre. Fractura T12-L1 tipo B1. Instrumentación pedicular T12 y L2.	31 Total: 39,9 mGy – 2'21"
6/12/2012	32. Artrodesis Dorsolumbar. Fleiderman Hombre. Fractura T12-L1 tipo B1. Instrumentación pedicular T12 y L2.	32 Total: 12,5 mGy – 1'20"
14/12/2012	33. Artrodesis Lumbosacra. Yurac HNP L5-S1 recidivada. Artrodesis L5-S1 posterolateral.	33 Total: 31,5 mGy – 1'48"
19/12/2012	34. Artrodesis Lumbar. Ballesteros Mujer. Estenosis raquídea lumbar. Artrodesis y TLIF L4-L5-S1.	34 Total: 40,5 mGy – 2'47"
28/12/2012	35. Artrodesis Dorsolumbar. Yurac Hombre. Fractura de L1 y L2 tipo A1. Instrumentación pedicular T12 y L2	35 Total: 18,7 mGy – 1'49"

GRAFICO DE DISPERSIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN:



Promedio: 3 minutos y 6 segundos. Mediana: 2 minutos y 27 segundos. Rango: 1'14" – 8'57" Desviación Estándar: 2'02".

ANEXO 3: EFECTO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN (CONSOLIDADO DE MEDICIONES POR USUARIO Y T-STUDENT)

1. Comparación entre dosis equivalente medida en el cuello (sin protección) y el torax (con protección) [mSv].

CIRUJANO 1		CIRUJANO 2		OPERADOR DE EQUIPO		ARSENALERA		TOTALES	
CUELLO	TORAX	CUELLO	TORAX	CUELLO	TORAX	CUELLO	TORAX	CUELLO	TORAX
0,18	0,04	0,27	0,03	0,10	0,02	0,09	0,06	0,09	0,06
0,22	0,14	0,15	0,07	0,09	0,02	0,05	0,06	0,03	0,01
0,06	0,02	0,11	0,04	0,06	0,04	0,03	0,01	0,02	0,03
0,10	0,02	0,05	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03	0,08	0,01
0,20	0,02	0,16	0,02	0,15	0,04	0,08	0,01	0,06	0,01
0,21	0,02	0,23	0,01	0,04	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01
0,14	0,01	0,13	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,07	0,05
0,26	0,08	0,27	0,03	0,07	0,04	0,07	0,05	0,10	0,02
								0,09	0,02
								0,06	0,04
								0,03	0,02
								0,15	0,04
								0,04	0,01
								0,05	0,02
								0,07	0,04
								0,18	0,04
								0,22	0,14
								0,06	0,02
								0,10	0,02
								0,20	0,02
								0,21	0,02
								0,14	0,01
								0,26	0,08
								0,27	0,03
								0,15	0,07
								0,11	0,04
								0,05	0,01
								0,16	0,02
								0,23	0,01
								0,13	0,01
								0,27	0,03

	PROMEDIO	IC95%:	SD=
CUELLO	0,117	0,0888-0,144	0,0778
TORAX	0,0318	0,0219-0,0417	0,0274
DIFERENCIA	0,085	0,0585-0,111	0,0734
REDUCCIÓN	72,64%		

PRUEBA T-STUDENT PAREADA 1,24 [-7]

2. Comparación diferenciada entre dosis equivalente más cercana a la fuente de radiación [Pelvis cirujano (columna izquierda)] y la dosis equivalente de cada uno de los participantes según la distancia [< 1 m, 1,5 m y 2,5 m (columna derecha)].

TORAX CIRUJANOS		ARESEALERA OPERADOR		ANESTESIOLOGO		TOTALES			
Distancia menor de 1 m		Distancia de 1,5 m		Distancia de 2,5 m					
0,14	0,04	0,14	0,06	0,14	0,07	PROMEDIO	IC95%:	SD=	
0,11	0,14	0,11	0,06	0,11	0,08	PELVIS	0,071	0,0461-0,0963	0,0471
0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,04	TORAX CIRUJANOS	0,0356	0,0171-0,0540	0,0346
0,04	0,02	0,04	0,03	0,04	0,01	DIFERENCIA	0,0356	0,0103-0,0609	0,0474
0,13	0,02	0,13	0,01	0,13	0,03	REDUCCIÓN	50,14%		
0,05	0,02	0,05	0,01	0,05	0,01				
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	PRUEBA T-STUDENT PAREADA 0,00893229			
0,06	0,08	0,06	0,05	0,06	0,03				
0,14	0,03	0,14	0,02						
0,11	0,07	0,11	0,02						
0,03	0,04	0,03	0,04						
0,04	0,01	0,04	0,02						
0,13	0,02	0,13	0,04						
0,05	0,01	0,05	0,01						
0,01	0,01	0,01	0,02						
0,06	0,03	0,06	0,04						

	PROMEDIO	IC95%:	SD=
PELVIS	0,071	0,0461-0,0963	0,0471
TORAX CIRUJANOS	0,0356	0,0171-0,0540	0,0346
DIFERENCIA	0,0356	0,0103-0,0609	0,0474
REDUCCIÓN	50,14%		

	PROMEDIO	IC95%:	SD=
PELVIS	0,071	0,0461-0,0963	0,0471
ARESEALERA OPERADOR	0,0281	0,0185-0,0377	0,0179
DIFERENCIA	0,0431	0,0197-0,0665	0,0439
REDUCCIÓN	60,56%		

PRUEBA T-STUDENT PAREADA 0,00134519

	PROMEDIO	IC95%:	SD=
PELVIS	0,071	0,0304-0,111	0,0488
ANESTESIOLOGO	0,035	0,012-0,057	0,0272
DIFERENCIA	0,036	0,0066-0,065	0,0354
REDUCCIÓN	50,61%		

PRUEBA T-STUDENT PAREADA 0,0231899

ANEXO 4: EFECTO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN. ANOVA DE UNA VÍA

ANOVA Table...

Source of Variation	Sum of Squares	d.f.	Variance	F	p
Between Groups:	0.0005	2	0.0003	0.3400	0.7140
Within Groups:	0.0279	37	0.0008		
Total:	0.0285	39			