

## Costo-efectividad del uso de resonancia magnética y radiografía convencional en pacientes con pie diabético

### The cost-effectiveness of using magnetic resonance plus conventional radiography in diabetic-foot patients

Liliana A. Chicaíza-Becerra<sup>1</sup>, Oscar Gamboa-Garay<sup>2</sup> y Mario García-Molina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. lachicaizab@unal.edu.co, mgarciamo@unal.edu.co

<sup>2</sup> Subdirección de Investigaciones. Instituto Nacional de Cancerología. Bogotá, Colombia. oa\_gamboa@yahoo.es

Recibido 29 Diciembre 2009/Enviado para Modificación 6 Julio 2010/Aceptado 4 Noviembre 2010

#### RESUMEN

**Objetivo** Analizar, desde la perspectiva del pagador, la costo efectividad de la adición de resonancia magnética a la radiografía convencional en pacientes con pie diabético y signos de infección, en Colombia.

**Métodos** Mediante un modelo de Markov, se identificó la relación de costo-efectividad de la adición de resonancia magnética a la radiografía convencional en pacientes con pie diabético y signos de infección en Colombia. La perspectiva es la del pagador. Los costos se valoraron en pesos colombianos de 2008, la efectividad se mide en años de vida ajustados por discapacidad, AVAD y el umbral de costo efectividad fue el PIB per cápita colombiano de 2008, \$ 10 761 691.

**Resultados** Usar resonancia magnética además de radiografía convencional en estos pacientes tiene un indicador de costo efectividad incremental por AVAD de \$ 1 532 778 y de \$ 1 741 311 sin y con descuento respectivamente. Los resultados son robustos a pruebas de sensibilidad.

**Conclusiones** La resonancia magnética unida a la radiografía convencional en la evaluación del pie diabético con signos de infección es costo-efectiva para Colombia.

**Palabras Clave:** Pie diabético, radiografía, espectroscopía de resonancia magnética, análisis costo-beneficio, modelos económicos (*fuentes: DeCS, BIREME*).

#### ABSTRACT

**Objective** Performing a cost-effectiveness analysis of adding magnetic resonance to conventional radiography in patients suffering from diabetic foot and signs of infection from the payer's point of view.

**Material and methods** The cost effectiveness (from the payer's point of view) of conventional radiography plus magnetic resonance was calculated for patients having diabetic foot and signs of infection by means of a Markov model. Costs were measured in 2008 Colombian pesos and effectiveness in terms of disability adjusted life

years (DALY). The cost-effectiveness threshold was the Colombian 2008 per capita GDP, \$ 10,761,691.

**Results** Using magnetic resonance in addition to conventional radiography in this population had a \$ 1,532,778 and \$ 1,741,311 incremental cost-effectiveness ratio, without and with discount, respectively; the results were robust to sensitivity analysis.

**Conclusions** Using magnetic resonance in addition to conventional radiography in patients suffering from diabetic foot and signs of infection was cost-effective for Colombia.

**Key Words:** Diabetic foot, radiography, magnetic resonance spectroscopy, cost-benefit analysis, model, economic (*source: MeSH, NLM*).

**L**a diabetes mellitus tipo 2 (DM-2) es una enfermedad crónica caracterizada por la falla absoluta o relativa en la producción de insulina por el páncreas, y por una alteración en el metabolismo de proteínas, grasas y carbohidratos (1-3).

Se estima que en 1995 había 135 millones de diabéticos en el mundo, y que esta cifra alcanzará los 300 millones en el 2025 (4). En México, en 1997 había 4 millones de personas, entre 20 y 69 años, con esta enfermedad. En Colombia la diabetes es la décima causa de mortalidad, con una tasa de 2,3 por cada 100 000 habitantes (5).

Las personas con diabetes frecuentemente tienen afectados sus pies por una combinación de enfermedad neuropática e insuficiencia vascular que se complica por infección y frecuentemente conduce a amputación (6,7). El 50 % de las amputaciones no traumáticas de miembros inferiores son en pacientes diabéticos. El pie diabético es un importante problema médico, social y económico en todo el mundo. Sin embargo, la frecuencia registrada de ulceración y amputación varía considerablemente. Esto podría deberse a las diferencias en el criterio de diagnóstico, además de los factores sociales y económicos de cada región. En los países en vías de desarrollo, las úlceras y las amputaciones del pie son, desgraciadamente, muy frecuentes (8-10).

La resonancia magnética ha demostrado tener una sensibilidad y especificidad alta para el diagnóstico de osteomielitis. Sin embargo, la determinación de presencia de infección en el pie diabético es difícil por la presencia de osteoartropatía neuropática y enfermedad vascular periférica. La radiografía plana es el método usado tradicionalmente en la evaluación de las infecciones óseas del pie; comparada con ésta, la resonancia magnética es más sensible y específica, además de permitir determinar la extensión de

la infección, con lo cual se pueden planear intervenciones quirúrgicas menos agresivas (11).

Este estudio tiene como objetivo evaluar el costo-efectividad de la adición de la resonancia magnética a la radiografía simple en la evaluación del pie diabético con signos de infección. Existe una evaluación de costo efectividad del seguimiento de la Guía de Práctica Clínica para Holanda (12), pero no se había realizado previamente un estudio de costo efectividad para la elección entre radiografía y radiografía más resonancia magnética.

## METODOLOGÍA

Para evaluar los resultados en salud y económicos de la introducción de la resonancia magnética en la evaluación del pie diabético con signos de infección, se adaptó un modelo de Markov de la historia natural del pie diabético previamente construido (12).

### Estructura del modelo

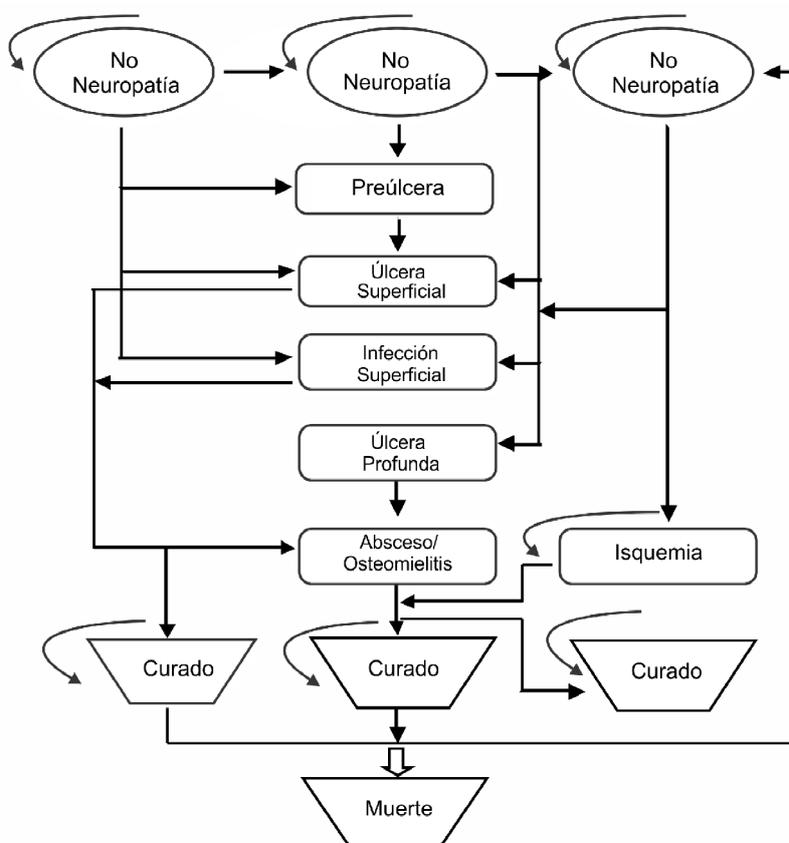
En la Figura 1 se muestra la estructura del modelo. Este modelo consta de 13 estados que describen la historia natural del pie diabético: tres estados de riesgo (no neuropatía, neuropatía, y neuropatía más deformidad), seis estados de lesión (preúlcera, úlcera superficial, infección superficial, úlcera profunda, isquemia y absceso/osteomielitis) y cuatro estados de resultados (curado, amputación menor, amputación mayor y muerte). Los tres estados de riesgo representan los precursores fisiopatológicos para el desarrollo de úlceras; el riesgo de desarrollo de úlceras es diferente para cada estado, siendo mayor para el estado de neuropatía más deformidad. Las características más importantes de las lesiones en el pie diabético son representadas en seis estados. Los estados de lesión son estados transitorios: una vez se está en éstos no es posible continuar en el mismo estado para el siguiente ciclo, la lesión se cura o pasa a un estado de mayor severidad. Los estados de curado y amputación implican la ocurrencia previa de lesiones.

Como medida de efectividad se usaron los años de vida perdidos ajustados por discapacidad (AVAD). Se aplicó tasa de descuento del 3 % a los costos y efectos.

Los pacientes inician el modelo en los estados de osteomielitis o infección superficial y progresan a otros estados de acuerdo a las probabilidades de transición. Se asignaron probabilidades de transición semestrales para el

movimiento entre los diferentes estados. La edad de inicio fue 56 años, correspondiente a la edad promedio de los pacientes en los estudios que evalúan la resonancia magnética en pie diabético. Las probabilidades de muerte dependen del estado de riesgo y de la severidad de la lesión.

**Figura 1.** Modelo de Markov de la historia natural del pie diabético



**Datos clínicos**

Se partió de la revisión sistemática de la literatura realizada por el Departamento de Radiología e Imágenes Diagnósticas de la Facultad de Medicina (13), siguiendo las indicaciones de (14). De allí se extrajeron los datos de: sensibilidad y especificidad de la resonancia magnética y la radiografía plana para el diagnóstico de osteomielitis, prevalencia de osteomielitis y de infecciones superficiales de la piel y del tejido celular

subcutáneo. Las probabilidades de transición entre los diferentes estados del modelo de Markov se tomaron de un estudio previamente publicado (12). Los pesos usados para el cálculo de los AVAD fueron los informados por la OMS (15). En la Tabla 1 se muestran los datos usados en el modelo con los rangos para los análisis de sensibilidad.

**Tabla 1.** Datos usados en el análisis

	Base %	Determinístico*		Probabilístico**		Fuente
		Rango %		Distribución	Parámetros %	
Prevalencia de osteomielitis	54	33	75	Uniforme	a=33 b=75	11
Especificidad resonancia magnética	77	40	100		$\alpha=92,0$ $\beta=27,1$	11
Sensibilidad resonancia magnética	91	77	100	$\beta$	$\alpha=228,9$ $\beta=23,3$	11
Especificidad radiografía simple	73	33	100	$\beta$	$\alpha=27,9$ $\beta=10,5$	11
Sensibilidad radiografía simple	57	22	75	$\beta$	$\alpha=52,9$ $\beta=40,4$	11

\*Rangos usados en los análisis de sensibilidad determinísticos; \*\*Distribuciones usadas en los análisis de sensibilidad probabilísticos

#### Datos de costos

El estudio tuvo la perspectiva del pagador, solo se incluyeron costos directos relacionados con: amputaciones mayores y menores, manejo de úlceras superficiales y profundas, manejo de la isquemia, tratamiento de la osteomielitis y de las infecciones superficiales. Para el cálculo de los costos se identificaron los procedimientos quirúrgicos, tratamientos médicos y de rehabilitación, para el manejo de los diferentes tipos de lesiones en pie diabético recomendados en guías de práctica clínica (15). Los costos se calcularon de acuerdo a las tarifas SOAT de 2008. Éstos son mostrados en la Tabla 2.

#### Análisis

Se calcularon razones de costo-efectividad incremental (RCEI) definidas como el cociente entre la diferencia de costos sobre la diferencia de efectos. Se construyeron curvas de eficiencia y se realizaron análisis de sensibilidad univariados para los costos, efectos y supuestos del modelo. Adicionalmente se construyeron curvas de aceptabilidad. Se consideró que una estrategia es costo-efectiva si el costo por unidad de efectividad adicional es menor al PIB per cápita de Colombia (\$10 761 691).

**Tabla 2.** Datos de costos usados en el análisis

	Base \$	Determinístico*		Distribución	Probabilístico**	
		Rango \$			Parámetros \$	
C. amputación mayor	3 894 023	2 920 517	4 867 528	Uniforme	a=2 920 517	b= 4 867 528
C. amputación menor	1 565 199	1 173 899	1 956 498	Uniforme	a=1 173 899	b=1 956 498
C. biopsia hueso	248 825	186 619	311 032	Uniforme	a=186 619	b=311 032
C. celulitis	361 056	270 792	451 320	Uniforme	a=270 792	b=451 320
C. manejo isquemia	2 565 572	1 924 179	3 206 965	Uniforme	a=1 924 179	b=3 206 965
C. tratamiento antibiótico osteomielitis	4 872 294	3 654 220	6 090 367	Uniforme	a=3 654 220	b=6 090 367
C. rehabilitación	82 404	61 803	103 005	Uniforme	a=61 803	b=103 005
C. resonancia magnética	569 790	427 342	712 237			
C. radiografía	27 994	20 996	34 993			
C. manejo úlcera profunda	2 945 783	2 209 337	3 682 228	Uniforme	a=2 209 337	b=3 682 228
C. manejo úlcera superficial	1 049 938	787 453	1 312 422	Uniforme	a=787 453	b=1 312 422

\*Rangos usados en los análisis de sensibilidad determinísticos; \*\*Distribuciones usadas en los análisis de sensibilidad probabilísticos

## RESULTADOS

La estrategia más costosa y efectiva fue la resonancia magnética asociada a la radiografía plana. Ésta produce 0,36 AVAD menos que la radiografía plana para un costo por AVAD evitado de \$ 1 532 778 y de \$ 1 741 311 sin y con descuento respectivamente. Tomando como umbral el PIB per cápita de Colombia, la resonancia magnética en la evaluación del pie diabético con signos de infección sería costo-efectiva para el país (Tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados para radiografía plana (Rx) y resonancia magnética (RM)

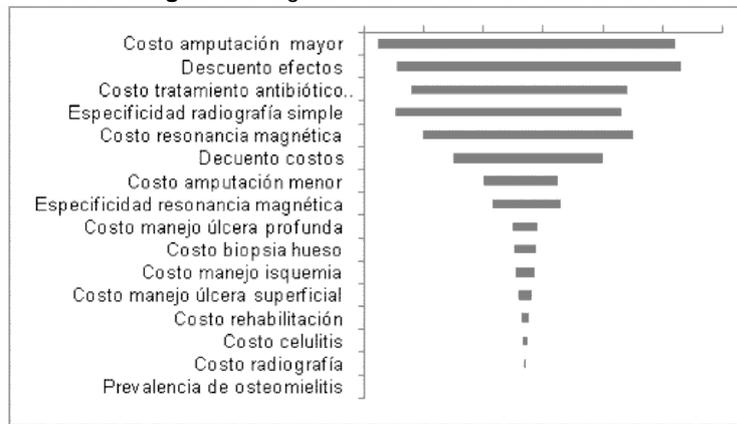
Estrategia	Costo \$	Costo Incremental \$	Efectividad (AVAD)	Efectividad Incremental (AVAD)	C/E \$	RCEI \$
<b>Sin descuento</b>						
Rx	5 952 153		15,51		383 883	
Rx + RM	6 498 132	545 979	15,15	0,36	428 951	1 532 778
<b>Con descuento</b>						
Rx	5 796 950		11,19		518 040	
Rx + RM	6 269 456	472 506	10,92	0,27	574 189	1 741 311

AVAD: Años de vida ajustados por discapacidad; RCEI: Razón de costo efectividad incremental; C/E: Razón de costo efectividad

**Análisis de sensibilidad univariados**

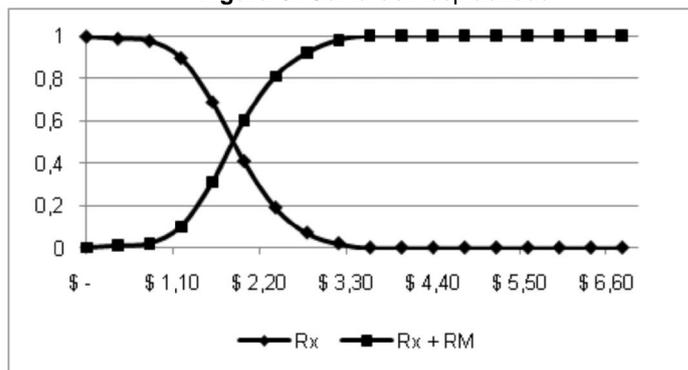
La Figura 2 muestra el diagrama de tornado para las variables incluidas en el modelo. Se observa que las RCEI son afectadas principalmente por: el costo de la amputación mayor, la tasas de descuento, el costo del manejo antibiótico de la osteomielitis y la especificidad de la radiografía plana. Sin embargo, para ninguna de las variables el costo por AVAD evitado supera el PIB, indicando que los resultados son robustos a la variación en estos parámetros.

**Figura 2.** Diagrama de tornado Rx+ RM vs. Rx



RCEI (\$Millones/AVAD evitado)

**Figura 3.** Curva de Aceptabilidad



**Análisis de sensibilidad probabilísticos**

Cuando se calculó la región de confianza sobre el plano de efectividad para el umbral establecido por el PIB, la estrategia con resonancia resultó costo efectiva en el 100 % de las simulaciones.

La curva de aceptabilidad se muestra en la Figura 3. Se observa que la estrategia con resonancia magnética es costo-efectiva para una disponibilidad a pagar por AVAD evitado mayor a \$1 800 000.

### Conclusion

Desde el punto de vista económico la adición de la resonancia magnética a la radiografía plana en la evaluación del pie diabético con signos de infección es una estrategia costo-efectiva para el país. Los resultados fueron robustos a la variación de los parámetros del modelo ♣

**Agradecimientos:** Esta evaluación económica fue realizada en el marco del proyecto "Guías Práctica Clínica para el Hospital Universitario", desarrollado por el Instituto de Investigaciones Clínicas de la Facultad de Medicina y financiado por la Universidad Nacional de Colombia.

### REFERENCIAS

1. World Health Organization. Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complications, Geneva: WHO; 1999.
2. Goldman L, Bennett JC. Manual de Medicina Interna. 21a Ed. Madrid: McGraw-Hill-Interamericana; 2002.
3. Sierra I. Metabolismo de los Hidratos de Carbono y su importancia clínica. Bogotá: Kimpres; 1999.
4. Moreno L. Epidemiología y diabetes. Rev Fac Med UNAM. 2001; 44(1):35-37.
5. Alayón AN, Sedán CL. Prevalencia de desórdenes del metabolismo de los glúcidos y perfil del diabético en Cartagena de Indias (Colombia), 2005. Salud Uninorte. 2006; 22 (1): 20-28.
6. Penn I. Infections in the diabetic foot. In: Sammarco GJ (ed). The foot in diabetes. Philadelphia, Pa: Lea & Febiger; 1991. pp.106-123.
7. Boulton AJ. Lowering the risk of neuropathy, foot ulcers and amputations. Diabetic Medicine. 1998; 15: S57-S59.
8. Pedrosa HC, Leme LAP, Novaes C, Saigg M, Sena F, Gomes EB, et al. The diabetic foot in South America: Progress with the Brazilian. Save the Diabetic Foot project. Int Diabetes Monitor. 2004; 16: 17-24.
9. Boulton AJM. The diabetic foot-from art to science. Diabetologia. 2004; 47: 1343-53.
10. Apelqvist J, Larsson J. What is the most effective way to reduce incidence of amputation in the diabetic foot? Diabetes Metab Res Rev. 2000; 16 (Suppl. 1):S75-S83.
11. Kapoor A, Page S, Lavalley M, Gale DR, Felson DT. Magnetic resonance imaging for diagnosing foot osteomyelitis: a meta-analysis. Arch Intern Med. 2007 Jan 22;167(2):125-32.
12. Ortegon MM, Redekop WK, Niessen LW. Cost-effectiveness of prevention and treatment of the diabetic foot: a Markov analysis. Diabetes Care. 2004 Apr; 27(4):901-7.
13. Pardo R, ed. Guía de Práctica Clínica basada en la evidencia Diagnóstico de Pie Diabético. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
14. Pardo R, ed. Manual metodológico para la elaboración y adaptación de guías de práctica clínica basadas en la evidencia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2010.
15. Frykberg RG, Zgonis T, Armstrong DG, Driver VR, Giurini JM, Kravitz SR, et al. American College of Foot and Ankle Surgeons. Diabetic foot disorders. A clinical practice guideline. J Foot Ankle Surg. 2006 Sep-Oct; 45(5):S2-66.