

HOSPITAL GENERAL DOCENTE
“DR. AGOSTINHO NETO”
GUANTANAMO

**MODELO DE ANALISIS JERARQUICO
PARA LA ATENCION FARMACOLOGICA
EN LOS CUIDADOS INTENSIVOS.**

Dr. Argelio Díaz Ortiz¹

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de construir un modelo de decisión basado en el análisis jerárquico para el apoyo de la toma de decisiones en la atención farmacológica en los cuidados intensivos. En el primer paso del método: Definición de criterios y construcción de jerarquía se tomó un grupo de variables que pueden afectar la farmacocinética y la farmacodinámica para la construcción del árbol jerárquico, el cual se estructuró en tres niveles fundamentales: enfermedades y procedimientos de soporte vital, reservas fisiológicas y tratamiento. En el segundo paso: Realización de los juicios comparativos, se procedió a la comparación por pares de los diferentes elementos, basados en una escala numérica del uno al nueve, como resultado. Se construyó un modelo de decisión donde los estados patológicos y los procedimientos de soporte vital, así como las reservas fisiológicas, tienen un peso preponderante en relación con los tratamientos. Estos resultados fueron corroborados en una muestra de pacientes.

Palabras clave: PREPARACIONES FARMACEUTICAS/administración y dosificación; UNIDADES DE TERAPIA INTENSIVA; FARMACOCINETICA.

INTRODUCCION

La evaluación del proceso de terapia intensiva ha formado parte integral de esta disciplina desde su surgimiento. Un desafío importante para los médicos de terapia intensiva es evaluar la repercusión de la farmacoterapia sobre el

¹ *Especialista de II Grado en Medicina Intensiva y Emergencias. Especialista de II Grado en Medicina Interna. MSc. en Toxicología Clínica.*

pronóstico del paciente y su impacto en el proceso de la mejora continua de la calidad.^{1,2}

En ese sentido, el conocimiento de las alteraciones farmacocinéticas y farmacodinámicas en los pacientes críticos es fundamental para fijar metas apropiadas e individualizar los esquemas de farmacoterapia. Las modificaciones fisiológicas que resultan de la enfermedad aguda, cambian no sólo los efectos del fármaco, sino también, los objetivos de monitoreo. La evaluación del paciente y la individualización farmacoterapéutica se convierten en procesos muy dinámicos y necesarios.

En el camino de la optimización de la terapéutica en el paciente crítico han aparecido varias contribuciones; se consideran entre las más destacadas el monitoreo farmacológico terapéutico (MFT) y los servicios farmacéuticos en la terapia intensiva. Entonces, surgen las preguntas: ¿Cómo jerarquizar estos procesos en la práctica diaria? ¿Qué pacientes priorizar? ¿Qué problemas priorizar?

La toma de decisiones, en gran parte de los casos, se realiza a través de métodos intuitivos y en el caso específico que analizamos, fundamentalmente, mediante conversaciones más o menos profundas del equipo alrededor de una mesa o frente al paciente. Estas son perfectamente válidas para la toma de decisiones habituales, pero muy riesgosas en el caso de decisiones cruciales, al decir de Peter Beck³: "Esas sesiones son a menudo dominadas por el líder y raramente facilitadas. El líder fija el tono de la discusión, que muy pocas veces es retado. Si el grupo parte desde la perspectiva equivocada, es muy difícil que se detenga a mirar atrás".

Esto trae como consecuencia, en primer lugar, que a las decisiones se llega por procesos empíricos altamente dependientes de "personas claves".⁴ A pesar de que en el campo de las decisiones los fenómenos empíricos y cualitativos tienen mucha importancia, es posible disminuir la incertidumbre y estructurarlas, de forma que sean más comprensibles para los que toman las decisiones y menos dependientes de procesos arbitrarios que ocurren en la mente de los expertos.

En el estudio y análisis de los procesos de toma de decisiones surgen los Sistemas de Apoyo a las Decisiones (DSS por sus siglas en inglés) basados en el enfoque multicriterio; lo que se puede definir como un sistema interactivo,

basado en computadores que ayuda a los que toman decisión a utilizar datos y modelos para resolver problemas estructurados o no estructurados.^{5,6}

Como se observa en esta definición, los DSS no suplantán el criterio humano en la toma de decisiones; solamente constituyen una herramienta, que permite organizar los datos existentes y utilizar modelos conocidos para arribar a conclusiones que siguen estando en manos del que decide o del experto.

Actualmente, el campo de aplicación de los DSS limitado en sus inicios a decisiones estratégicas en el campo militar se ha extendido a prácticamente todas las actividades de la vida social y tecnológica. Estos métodos se utilizan en la solución de problemas de conservación ambiental⁷, en la evaluación de tecnologías^{8,9}, en la arquitectura e ingeniería¹⁰, en la política internacional¹¹, y en la medicina.¹²

Este trabajo se realiza con el objetivo de establecer un modelo de decisión basado en el análisis jerárquico de los factores farmacocinéticos y farmacodinámicos para la atención farmacológica en los cuidados intensivos.

METODO

El método de jerarquías analíticas (AHP por sus siglas en inglés) fue propuesto por el matemático norteamericano Thomas L Saaty y concebido como una teoría general de la medición. Se utiliza para derivar escalas relativas, a partir de comparaciones por pares, ya sean discretas o continuas, en estructuras jerárquicas de varios niveles. Las referidas comparaciones pueden derivarse de datos empíricos o de una escala fundamental que refleje la fortaleza relativa de las preferencias.

El AHP tiene muy en cuenta las desviaciones de la consistencia y las medidas de estas desviaciones, así como la dependencia dentro y entre los grupos de la estructura. Este método se utiliza mayormente en aplicaciones de toma de decisiones multicriterio (o multiatributo), en la planeación y ubicación de recursos y en la resolución de conflictos.

En su forma general, el AHP es un marco de trabajo no lineal para llevar a cabo el pensamiento inductivo y el deductivo sin el uso de silogismos¹³. Esto se hace posible cuando se tienen en cuenta múltiples factores de forma

simultánea, que permiten la dependencia y la retroalimentación, y realizando permutaciones numéricas para arribar a la síntesis o conclusión.

Se ha seleccionado este método por varias razones. La principal es que permite procesar matemáticamente los factores subjetivos que subyacen en las preferencias de los expertos sobre un tema dado. Otra razón de peso es que a pesar de contener conceptos matemáticos relativamente complejos¹⁴, su ejecución práctica es extremadamente sencilla; su única dificultad consiste en la cantidad de comparaciones binarias a realizar, que puede ser muy elevada.

El método se basa en siete pilares básicos que le dan fortaleza teórica y aplicación práctica, según Saaty.¹⁵ Esta fase del estudio se realizó según las siguientes etapas:

1) Definición de criterios y construcción de las jerarquías:

Con el objetivo de definir a qué paciente o pacientes priorizar en la atención farmacológica en los cuidados intensivos se tomaron un conjunto de variables que pueden repercutir en que se produzcan alteraciones farmacocinéticas y farmacodinámicas en la terapéutica del paciente crítico en los cuidados intensivos; con estas variables se construyó el modelo jerárquico de decisión que se muestra en el Gráfico 1.

Este gráfico es el resultado de un análisis que simplificó el grupo inicial de variables en un número manejable para el estudio y puede seguir modificándose en el futuro, en dependencia de los resultados de su aplicación.

En esta fase se escogieron tres pacientes tratados como opciones y codificados: X0, X1 y X2. La selección del número de pacientes parte del hecho de que la cantidad de juicios a realizar se incrementa enormemente por cada opción, lo que es una de las principales limitantes iniciales del método. Esta limitante se puede eliminar con el auxilio de programas informáticos y la normalización de las variables, etapa que queda para fases más avanzadas del estudio.

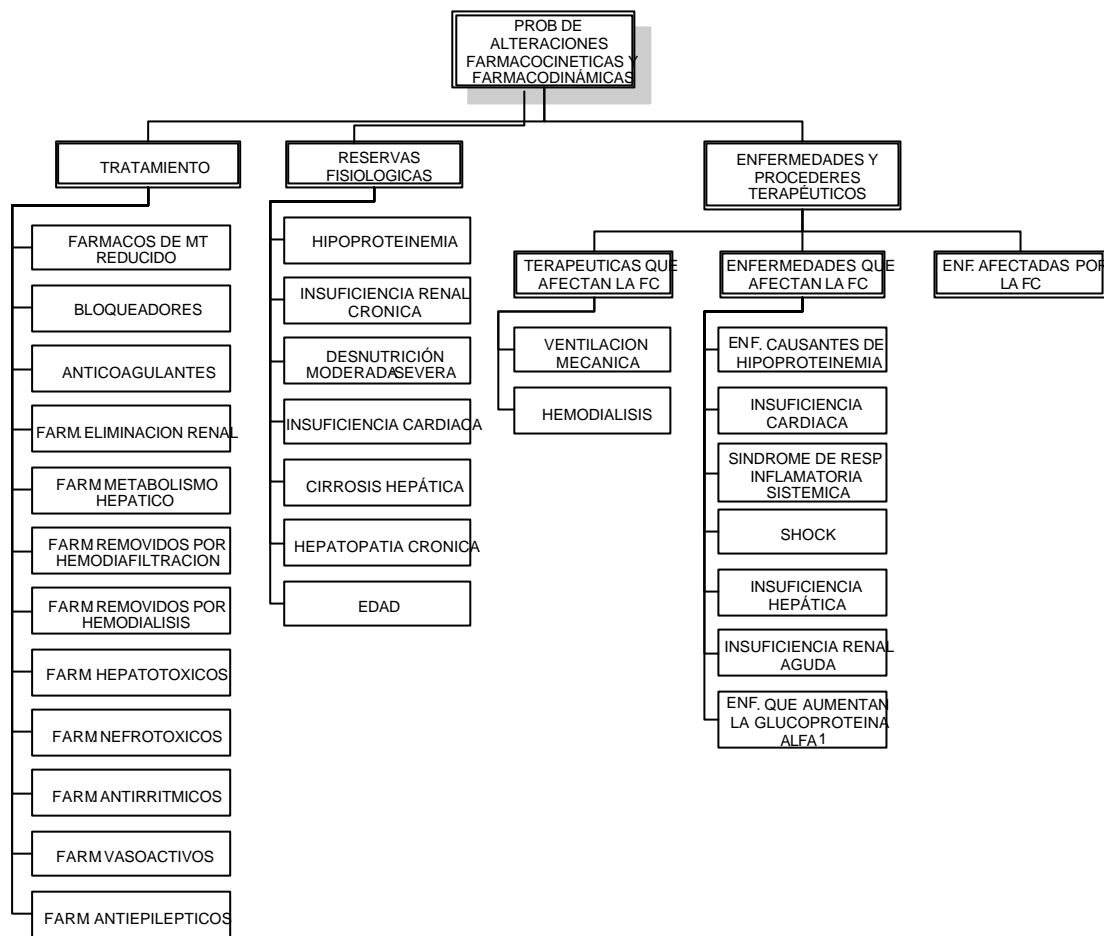


Gráfico 1. Modelo jerárquico de la probabilidad de complicaciones farmacocinéticas y farmacodinámicas.

Luego de obtener la estructura jerárquica descrita arriba, se pasó a la segunda etapa.

2) Realización de los juicios comparativos:

Se procedió a determinar las preferencias de cada uno de los criterios, siguiendo la jerarquía en evaluación por pares, utilizando la escala fundamental numérica¹³ del 1 al 9, asociada a una escala verbal. Según los autores, la escala verbal es básica debido a la mayor adaptación al pensamiento natural humano.

Se utilizó la que señala Fiandor Rosario¹⁶ y se muestra a continuación:

TABLA 1. ESCALA FUNDAMENTAL DE COMPARACIONES DEL AHP.

ESCALA DE COMPARACIONES BINARIAS SAATY		
GRADO	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia entre A y B.	Ambos elementos contribuyen de igual manera al logro del objetivo.
3	Débil predominio de A en relación a B.	La experiencia y el juicio favorecen levemente un elemento en relación al otro.
5	Fuerte o determinante predominio de A respecto a B.	La experiencia y el juicio favorecen más claramente un elemento en relación al otro.
7	Importante predominio de A respecto a B.	Un elemento domina ampliamente y esta dominación puede ser evidenciada en la práctica.
9	Absoluto predominio de A respecto a B.	Puede demostrarse que la dominación de un elemento en relación al otro es absoluta.
2,4,6,8	Valores intermediarios entre dos apreciaciones vecinas.	Son utilizados para afinar el juicio entre dos elementos.

Una fundamentación detallada de la factibilidad de utilizar una escala como la anterior se puede encontrar en el trabajo de Saaty.¹³

Como resultado de la aplicación del método AHP se obtuvieron una serie de matrices de juicios entre las opciones (en este caso los pacientes estudiados) y las diferentes ramas de la jerarquía.

Por ejemplo:

Construcción del vector directriz:

$$\begin{array}{cccc}
 + & & + & + & + \\
 | [1] [1/2] [1/7] | & | 0.615020 | & \dots & \text{Enfermedades y procesos terapéuticos} \\
 | [2] [1] [1/3] | & | 0.292358 | & \dots & \text{Reservas fisiológicas} \\
 | [7] [3] [1] | & | 0.092622 | & \dots & \text{Tratamiento} \\
 + & & + & + & +
 \end{array}$$

Coefficiente de coherencia del vector directriz = 0.357540

Estas matrices se realizaron para cada rama de la jerarquía y cada uno de los tres pacientes escogidos como muestra de trabajo. El número total de matrices analizadas fue de 33.

3) Síntesis de los resultados y análisis de sensibilidad:

Para resolver y sintetizar las matrices de juicios obtenidas se utilizó un programa informático desarrollado para este tipo de análisis¹⁷.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como se mostró anteriormente, el árbol de decisiones se estructuró en tres ramas fundamentales: Las enfermedades y procederes terapéuticos que afectaban la farmacocinética, la reserva fisiológica y los tratamientos, todos en su relación probable con la farmacocinética y la farmacodinámica.

Los estados patológicos que alteran la farmacocinética tuvieron el mayor peso en la escala de 0 a 1, por ejemplo, la insuficiencia renal aguda junto al choque tuvieron la mayor significación con 0.1428350 y 0.1425060, respectivamente; le siguieron la insuficiencia hepática aguda y la insuficiencia renal crónica, como puede verse en la Tabla 2 y el Gráfico 2.

TABLA 2. PESO DE CADA NODO DE DECISION Y RESULTADOS PARA CADA PACIENTE.

Opciones	Peso ->	X0	X1	X2
Prob Alteraciones Farmacocinéticas y Dinámicas	Totales	0.4631930	0.3029870	0.2338200
Insuficiencia Renal Aguda	0.1428350	0.8181820	0.0909090	0.0909090
shock	0.1425060	0.0909090	0.8181820	0.0909090
Insuficiencia Hepática	0.1087300	0.8181820	0.0909090	0.0909090
Cirrosis Hepática	0.0983100	0.3333330	0.3333330	0.3333330
insuf. renal cronica	0.0954230	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Hemodialisis	0.0704100	0.8181820	0.0909090	0.0909090
Enfermedades afectadas por la Cinética y Dinám	0.0509080	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Insuficiencia Cardíaca	0.0324720	0.3333330	0.3333330	0.3333330
hepatopatía Crónica	0.0304340	0.0909090	0.0909090	0.8181820
Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica	0.0289920	0.8181820	0.0909090	0.0909090
Enfermedades que cursan con Hipoproteinemia	0.0241630	0.0909090	0.0909090	0.8181820
Fármacos Nefrotóxicos	0.0211990	0.4736840	0.4736840	0.0526320
Enfermedades que aumentan la Glucoproteína	0.0178990	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Hipoproteinemia	0.0160970	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Insuficiencia cardíaca	0.0144950	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Ventilación Artificial Mecánica	0.0140820	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Fármacos removidos por la Hemodiálisis	0.0129260	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Desnutrición moderada - Severa	0.0122570	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Fármacos hepatotóxicos	0.0118230	0.8181820	0.0909090	0.0909090
Fármacos removidos por hemodiafiltración	0.0105900	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Fármacos de Margen terapéutico Reducido	0.0083170	0.4736840	0.4736840	0.0526320
Más de 60 años de edad	0.0073660	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Fármacos de eliminación renal	0.0064130	0.0909090	0.0909090	0.8181820
Fármacos con importante metabolismo hepático	0.0057710	0.0909090	0.0909090	0.8181820
Antiarrítmicos	0.0050430	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Fármacos Vasoactivos	0.0039590	0.4736840	0.4736840	0.0526320
Anticoagulantes	0.0026120	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Antiepilépticos	0.0025510	0.3333330	0.3333330	0.3333330
Bloqueadores de los Canales del Calcio	0.0014200	0.3333330	0.3333330	0.3333330

En este caso, la insuficiencia renal crónica no se registra como enfermedad, sino como un indicador de la reserva fisiológica. La hemodiálisis como proceder terapéutico que afecta la farmacocinética queda entre los de mayor peso, con 0.0704100.

El conjunto de enfermedades que causan hipoproteinemia, que se estudian como causante de trastorno en la distribución del medicamento, tienen mayor peso que la hipoproteinemia como reserva fisiológica; quizás aquí, el juicio se inclinó no sólo por la hipoproteinemia en sí, sino también, por las enfermedades que la causan. La insuficiencia cardíaca como enfermedad aguda alcanzó más peso que como reserva fisiológica en su impacto sobre la farmacocinética.

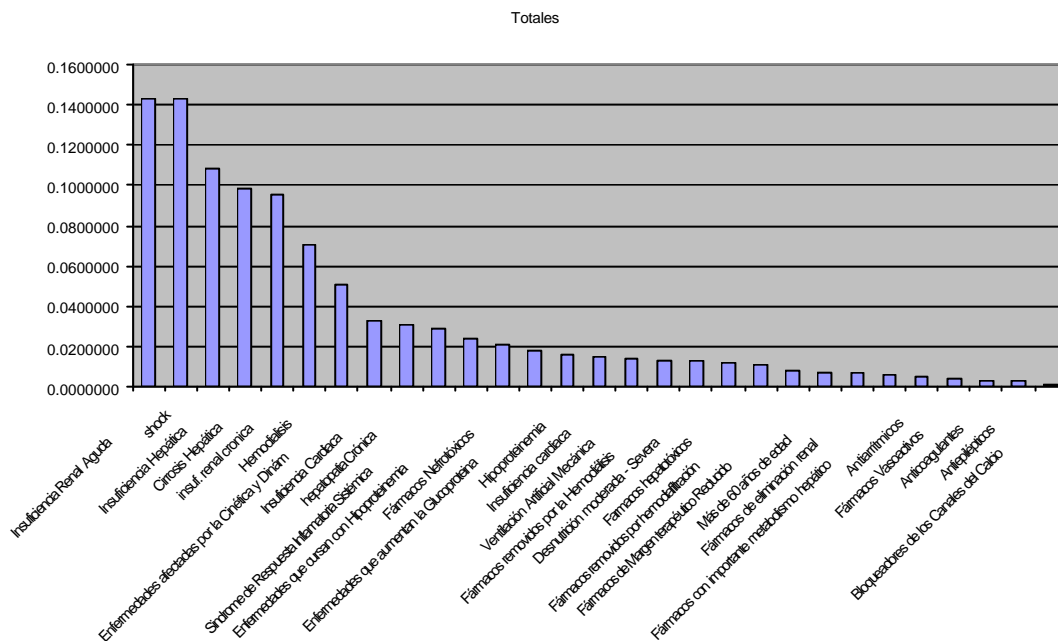


Gráfico 2. Distribución de los pesos en la estructura jerárquica.

De los diferentes grupos farmacológicos, que por sus propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas, de uso frecuente en los cuidados intensivos y considerados de riesgo, el que alcanzó la mayor puntuación (0.0211990) fue el de los medicamentos nefrotóxicos, situado por encima de algunos estados patológicos y procesos relacionados con las reservas fisiológicas.

Otros grupos fueron menos considerados: los antiarrítmicos, fármacos de estrecho margen terapéutico, medicamentos vasoactivos, entre otros; que son muy sensibles a los procesos que pueden alterar la farmacocinética y la farmacodinámica, y con probables efectos negativos en la calidad de la terapéutica e incluso de la supervivencia.

Predominaron las jerarquías de los procesos patológicos sobre las reservas fisiológicas, y éstas, a su vez, sobre los medicamentos como indicadores de probables alteraciones farmacocinéticas y farmacodinámicas.

Otros trabajos sobre pronósticos de mortalidad consideran que los parámetros fisiológicos representan la mejor manera de determinar la gravedad de la enfermedad en la unidad de cuidados intensivos, ya sea que provengan de datos de laboratorio o de observaciones realizadas a la cabecera del paciente.¹⁸ El grado de anormalidad fisiológica muestra una estrecha asociación con las tasas de mortalidad hospitalaria ulteriores en una amplia variedad de enfermedades que requieran tratamiento médico y quirúrgico.¹⁹

Se realizó una corrida con tres pacientes. El primero (X0) tenía insuficiencia renal aguda e insuficiencia hepática. Se le realizó hemodiálisis, recibió fármacos hepatotóxicos con estrecho margen terapéutico y medicamentos vasoactivos; las alteraciones fisiológicas graves explican esta puntuación.

El segundo paciente (X1) recibió tres grupos farmacológicos: Nefrotóxicos, margen terapéutico reducido y vasoactivos, que tienen poco peso, pero el estado de choque le aumenta la puntuación.

El tercer paciente (X2) recibió fármacos de eliminación renal y medicamentos con importante metabolismo hepático; como enfermedad, una causante de hipoproteinemia y hepatopatía crónica como expresión de las reservas fisiológicas alteradas, todo lo que explica la menor puntuación.

A continuación se muestra un esquema simplificado que sintetiza los resultados arriba explicados:

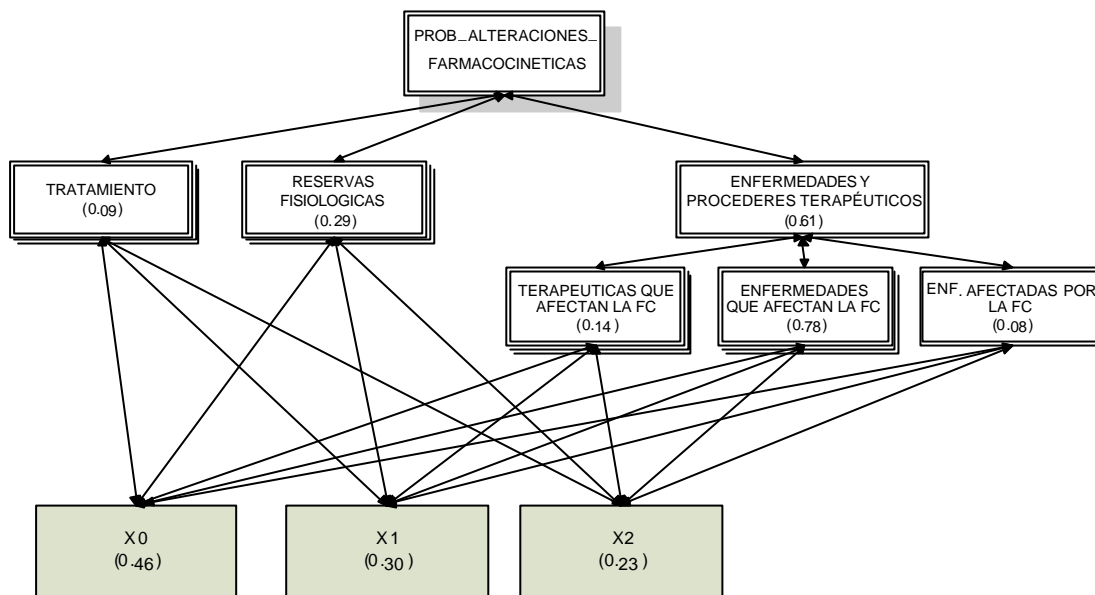


Gráfico 3. Esquema de la estructura de decisión con síntesis de los pesos de cada nodo.

Podemos apreciar que el paciente X0 tuvo un puntaje de 0.463, mientras que los paciente X1 y X2 alcanzaron 0.303 y X2 0.234, respectivamente. Esta información da una medida del estado relativo de los pacientes en función de nuestro objetivo inicial, o sea, la probabilidad de sufrir alteraciones en la farmacocinética y la farmacodinámica, y debe interpretarse como que la prioridad de atención en ese campo sería: X0, X1 y X2, en ese orden.

CONCLUSIONES

1. Es posible la aplicación y construcción de un modelo de decisión, basado en el análisis jerárquico para la toma de decisiones en la atención farmacológica en los cuidados intensivos, estructurado sobre variables que afectan la farmacocinética y la farmacodinámica.
2. Los estados patológicos y procederes de soporte vital, así como las reservas fisiológicas que afectan la farmacocinética y la farmacodinámica tienen mayor peso en el modelo de decisión, que los factores relacionados con las propiedades farmacocinéticas y farmacodinámicas de los grupos farmacológicos de mayor riesgo.

RECOMENDACIONES

1. Someter a juicio de los expertos el modelo de decisión para su estandarización.
2. Conformar un programa automatizado del modelo de decisión para su aplicación práctica en los cuidados intensivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Knaus WA, Wagner DP, Lynn J. Short-term mortality predictions for critically ill hospitalized adults: Science and ethics. *Science* 2001; 254:389-94.
2. Ruttiman UE. Severity of illness indices development and evaluation. *Crit Care* 2001; 1442.
3. Selly MA. Discussion with Peter Beck. *Decision Technology* 1990.
4. Romero C. *Análisis de las decisiones multicriterio*. Madrid, España: ISDEFE 1996.
5. Malczewski J. *A multicriteria decision analysis*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 1999.
6. Font Graupera E. Gestión de la información en la utilización del proceso analítico jerárquico para la toma de decisiones de nuevos productos. En: *GESTEC en Métánica* 2002; Ciudad de La Habana 2002:13.
7. Bucci RJ, Wagner S. The case of the spotted owl versus the logging industry. En: Hillier FS, editor *Pittsburg. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*; 2000:6.
8. Brito Viñas B C, Hernández Pérez G, Álvarez González A. Metodología para el diagnóstico de la capacidad tecnológica en empresas manufactureras. Empleo de la óptica multicriterio. En: 2002 8/2002; S. José, Costa Rica 2002.
9. Saaty TL, Ramanujam V. Technological choices in less development countries. En: Hillier FS, editor *Pittsburg. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*; 2000:5.
10. Karlson GL. Designing the best catamaran. En: Hillier FS, editor *Pittsburg. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*; 2000:24.
11. Saaty TL, Cho Y. The decision by the US congress on China's trade status: A multicriteria analysis. En: Hillier FS, editor *Pittsburg. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*; 2000:13.

12. Kasperski TA, Umphred JJ, Firlik AF. Deciding between angioplasty and coronary artery bypass surgery. En: Hillier FS, editor Pittsburg. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process; 2000:24.
13. Saaty TL. How to make a decision. En: Hillier FS, editor. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. Pittsburg; 2000:25.
14. Saaty TL. The analytic hierarchy process. Pittsburg: RWS Publications; 1990.
15. Saaty TL. The seven pillars of the analytic hierarchy process. En: Hillier FS, editor Pittsburg. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process; 2000:25.
16. Fiandor Rosario HF. La evaluación de proyectos de ciencia y tecnología: Dirección de Programas Integrales de Desarrollo CITMA 1995 9/1995.
17. Delgado Téllez R. Propuesta metodológica para la toma de decisiones de convergencia entre oferta y demanda tecnológica en las zonas montañosas de la provincia Guantánamo. La Habana: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas 2004.
18. Wagner DP, Knaus WA, Droper EA. Physiologic abnormalities and outcome from acute disease. Evidence for a predictable relationship. Arch Intern Med 2001; 146:1389.
19. Ganger D R. Management of variceal bleeding. Intensive Crit Care Diag 2002; 1142.