

Propuesta para la determinación del cambio de velocidad, velocidad instantánea y aceleración con base en el puntaje APACHE II en pacientes en estado crítico

Proposal for the determination of velocity change, instantaneous velocity and acceleration from the APACHE II score in critically ill patients

Proposta para a determinação da mudança de velocidade, velocidade instantânea e aceleração baseada no escore APACHE II em pacientes críticos

Emilio Arch-Tirado,* Ana Luisa Lino-González,† Miguel Ángel Collado-Corona,* Marco Antonio Garnica-Escamilla,§ Raúl Carrillo Esper,§ Roberto De Leo Vargas,* Ricardo Cabello Aguilera||

RESUMEN

Las herramientas de evaluación de la gravedad en el enfermo grave proporcionan información objetiva intra e interobservador relacionada con la gravedad de la enfermedad, su evolución en relación al tiempo y la estratificación de riesgo son parte fundamental en la toma de decisiones. El objetivo de este trabajo es presentar una nueva propuesta de la evaluación del APACHE II basada en un modelo matemático de cambio en el tiempo/velocidad, velocidad instantánea y aceleración.

Palabras clave: APACHE II, velocidad, aceleración.

ABSTRACT

The illness severity scoring systems provide objective measures for inter and intra comparisons with time, provide useful information for comparing the severity of illness are an essential part of the improvement in clinical decisions and in stratifying patients. Appropriated application of these models helps in decision making at the right time. The aim of this paper is to submit a proposal for the evaluation of the APACHE II score based on a vectorial mathematical model of change in time/velocity, instant velocity and acceleration.

Keywords: APACHE II, velocity, acceleration.

RESUMO

Os instrumentos de avaliação da gravidade do paciente grave fornecem informações objetivas intra e interobservadores relacionadas à gravidade da doença, sua evolução em relação ao tempo, estratificação de risco são fundamentais para tomada de decisão. O objetivo deste trabalho é apresentar uma nova proposta para a avaliação do APACHE II baseada em um modelo matemático de mudança de tempo/velocidade, velocidade instantânea e aceleração.

Palavras-chave: APACHE II, velocidade, aceleração.

INTRODUCCIÓN

La velocidad se define como un cambio de posición con respecto al tiempo ($v = \frac{d}{t}$);¹ su fórmula permite determinar la velocidad, el tiempo o la distancia recorrida al conocer la ubicación inicial y final de dos puntos en una línea de tiempo. Al utilizar los criterios de la primera y segunda derivada, se puede determinar la velocidad instantánea y la aceleración a partir de una ecuación relacionada con el movimiento.

La escala APACHE II permite estimar la gravedad, lo que permite ponderar de manera porcentual el ries-

go de mortalidad en quienes ingresan a la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI) con base en la edad, historial de enfermedad crónica y 12 variables fisiológicas medidas en las primeras 24 horas, lo cual aporta valores (x) de $0 < x < 34$, y existe la relación directa (mayor ponderación-mayor gravedad).^{2,3}

El análisis de la dinámica de una enfermedad se puede basar en la «historia natural de la enfermedad», la cual describe las complicaciones de una determinada enfermedad a lo largo del tiempo, lo cual puede llegar incluso hasta la muerte,^{4,5} la recuperación puede entenderse como una relación inversa; de esta manera, si ponderamos al eje «y» de un eje cartesiano con los niveles de complejidad y en el eje «x» el tiempo de evolución, así a mayor valor en «y» (mayor complejidad) y mayor valor en «x» (mayor tiempo). Si en esta gráfica tomamos como valores del eje «y» las puntuaciones de la escala APACHE II e incluimos el periodo de recuperación con base en el tiempo, tendríamos una gráfica como se muestra en la *Figura 1*.

El objetivo de este trabajo es presentar una propuesta para la determinación del cambio de velocidad, velocidad instantánea y aceleración a partir del puntaje APACHE II en aquellos en estado crítico.

PROPUESTA DE MEDICIÓN FÍSICA-MATEMÁTICA

La velocidad está determinada por la fórmula $v = \frac{d}{t}$, si se considera como distancia la diferencia entre la medición inicial y la final de un periodo determinado al utilizar la escala APACHE II, en donde esta diferencia se da en un periodo de tiempo determinado ($D = \text{APACHE II}_{\text{puntaje inicial}} - \text{APACHE II}_{\text{puntaje final}}$). De esta manera, el valor de D representa la distancia entre un punto y otro en un tiempo determinado, el cual será positivo si existe una recuperación o negativo si aumenta la gravedad (por las propiedades de la reducción matemática), y al sustituir en función del tiempo, podemos cambiar distancia por el valor obtenido de «D» y convertimos la fórmula de la velocidad en una función con respecto al tiempo ($f(t)$), de esta manera $f(t) = \frac{D}{t}$, fórmula con la que se podrá determinar la velocidad de recuperación

* Centro Médico ABC Santa Fe. Ciudad de México, México.

† Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Ciudad de México, México.

§ Centro Nacional de Investigación y Atención de Quemados del Instituto Nacional de Rehabilitación «Luis Guillermo Ibarra Ibarra». Ciudad de México, México.

|| Hospital HMG Coyoacán. Ciudad de México, México.

o deterioro a lo largo del tiempo, con base en las intervenciones clínicas y las características fisiopatológicas. Por otra parte, al aplicar los criterios de la primera y segunda derivada, con la finalidad de conocer la velocidad instantánea y aceleración, tenemos que $f(t) = \frac{D}{t}$ utilizando las propiedades de los exponentes ($a^{-n} = \frac{1}{a^n}$) de esta manera $f(t) = Dt^{-1}$ y utilizando las propiedades de los exponentes ($a^{-n} = \frac{1}{a^n}$). De esta forma, la primera derivada, al utilizar la fórmula $(x^n)' = nx^{n-1}$ derivando con respecto al tiempo tenemos: $f'(t) = -Dt^{-2}$ o $f'(t) = -\frac{D}{t^2}$, en donde al sustituir los valores se obtendrá la velocidad instantánea. Es importante mencionar que la obtención de un valor negativo en esta ecuación representará un cambio en la dirección de la velocidad, de la misma manera al calcular la segunda derivada al utilizar la fórmula previa tenemos que $f''(t) = 2Dt^{-3}$ o $f''(t) = \frac{2D}{t^3}$, a partir de esta fórmula se podrá calcular la aceleración con respecto a los puntajes obtenidos.⁶ Cabe señalar que en todos los casos el tiempo es inversamente proporcional a la diferencia de los puntajes obtenidos en la evaluación, por lo que a mayor distancia en menor tiempo la recuperación es más efectiva.

Con la finalidad de ejemplificar el uso de las fórmulas, se tomaron los valores obtenidos en la escala

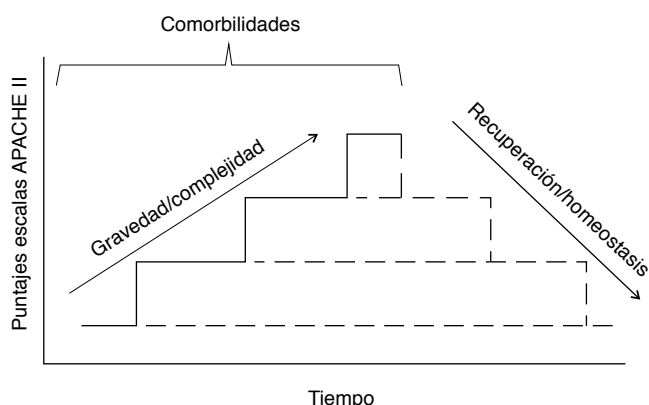


Figura 1: Representación de la dinámica de enfermedad en el eje cartesiano.

APACHE II de un ingresado a la UCI, se cumplió con lo estipulado en la declaración de Helsinki y se obtuvo el consentimiento informado. Sólo se consideraron los valores en donde se registraron cambios, y se excluyeron los motivos de ingreso y las condiciones generales del ingresado, ya que la finalidad del presente trabajo es demostrar la aplicación del modelo matemático con base en la velocidad, velocidad instantánea y aceleración con relación a tiempo determinado, por lo que las mediciones fueron tomadas de esta forma. Una hora posterior a la administración de albúmina, al tener como primer registro 17 y como segundo 19, por lo que la diferencia fue de -2, valor negativo resultado de incremento del estado crítico; al sustituir los valores en las fórmulas propuestas se obtiene una velocidad de 2 puntos, velocidad instantánea de 2 puntos y aceleración de 4, en la siguiente tabla se presentan los valores resultantes de las evaluaciones de la escala de APACHE II durante las primeras 20 horas (Tabla 1).

Con los resultados obtenidos, se construyeron gráficas de desplazamiento utilizando los principios de las magnitudes vectoriales, se consideró **velocidad** (distancia de puntajes entre horas), **aceleración** (distancia de puntajes entre horas al cuadrado), **dirección** (positiva (+) referente a mejoría o negativa (-) a gravedad) y **sentido** (desplazamiento con respecto a una línea de tiempo). De esta manera, los vectores más pequeños representan mayor velocidad de cambio y los de mayor longitud significan mayor tiempo para un cambio en el puntaje (Tabla 2 y Figura 2).

CONCLUSIONES

Al utilizar y adaptar fórmulas de la física clásica y los principios del cálculo diferencial, se pueden establecer mediciones de la dinámica de diferentes enfermedades. En este trabajo se propone utilizar la fórmula de la velocidad, y sustituir el valor de la distancia (d) de la fórmula original por D (diferencia entre puntajes) obtenidos por los pacientes en dos momentos diferentes, con la finalidad de establecer la velocidad de mejoría o deterioro.

Tabla 1: Variables y su modificación evaluadas con relación a tiempo/velocidad, velocidad instantánea y aceleración.

Intervención	Valor inicial	Valor final	Tiempo Horas	Valor de D	Tiempo velocidad $f(t) = \frac{D}{t}$	Velocidad instantánea $f'(t) = -\frac{D}{t^2}$	Aceleración $f''(t) = \frac{2D}{t^3}$
Albúmina	17	19	1	-2	-2	2	-4
Polimérica	19	21	3	-2	-0.6666	0.2222	-0.1481
Norepinefrina	21	18	1	3	3	-3	6
Dobutamina/albumina	18	19	1	-1	-1	1	-2
Dobutamina/albumina	19	21	1	-2	-2	2	-4
Albúmina	21	16	1	5	5	-5	10
Albúmina	16	13	4	3	0.75	-0.1875	0.0937
Antibióticos	13	11	4	2	0.5	-0.125	0.0625
Cargas de volumen	11	9	4	2	0.5	-0.125	0.0625

Tabla 2: Vectores con respecto a velocidad y aceleración.

	Velocidad			Aceleración		
	Magnitud velocidad ($\frac{D}{h}$)	Dirección Mejoría (+)/agravamiento (-)	Sentido tiempo (horas)	Magnitud aceleración ($\frac{D}{h^2}$)	Dirección Mejoría (+)/agravamiento (-)	Sentido tiempo (horas)
Vector 1	-2	(-)	1	-4	(-)	1
Vector 2	-0.6666	(-)	3	-0.1481	(-)	3
Vector 3	3	(+)	1	6	(+)	1
Vector 4	-1	(-)	1	-2	(-)	1
Vector 5	-2	(-)	1	-4	(-)	1
Vector 6	5	(+)	1	10	(+)	1
Vector 7	0.75	(+)	4	0.0937	(+)	4
Vector 8	0.5	(+)	4	0.0625	(+)	4
Vector 9	0.5	(+)	4	0.0625	(+)	4

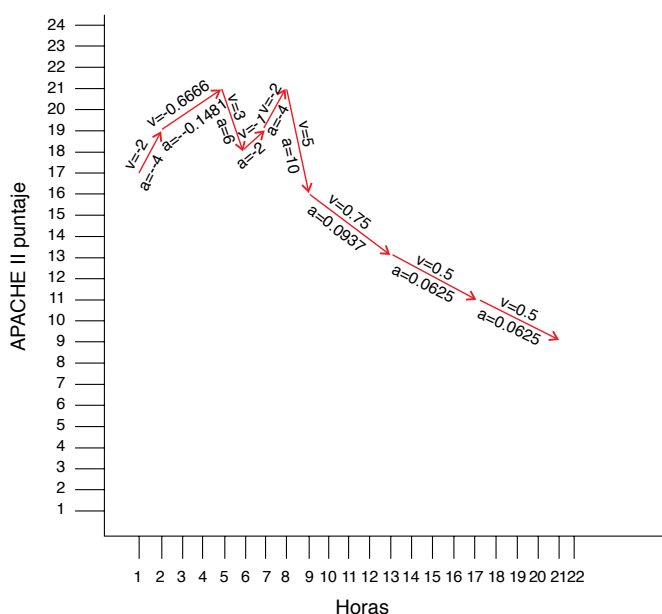


Figura 2: En función de los vectores resultantes, se observa que a excepción de la velocidad y aceleración del primer vector, la velocidad y la aceleración hacia la complejidad disminuyen con respecto al tiempo, de la misma manera, en el vector 6 se observa la mayor velocidad y aceleración registrada con base en la disminución del puntaje obtenido; por lo que se observa en los últimos tres vectores una magnitud constante con respecto a velocidad y aceleración.
^v Velocidad; ^a Aceleración.

Es posible evaluar velocidad instantánea y aceleración utilizando los criterios de la primera y segunda derivada, y asociando estos valores a las características fisiopatológicas por las que aquéllos fueron ingresados. Con estos resultados se podrán generar bases de datos multivariados que permitan analizar e interpretar velocidad, velocidad instantánea y aceleración durante el proceso de recuperación o deterioro de los ingresados

en las UCI, lo que genera indicadores dinámicos con base en las variables independientes y la variable dependiente (recuperación del paciente).

La utilización de las magnitudes vectoriales en el análisis del desplazamiento con respecto al tiempo en los estados mórbidos, facilita la comprensión y evaluación de la dinámica de cambio de los puntajes con respecto a las intervenciones realizadas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz-Solórzano S, González-Díaz L. Reflexiones sobre los conceptos velocidad y rapidez de una partícula en física. *Rev Mex Fis E*. 2010;56(2):181-189.
2. Huang J, Xuan D, Li X, Ma L, Zhou Y, Zou H. The value of APACHE II in predicting mortality after paraquat poisoning in Chinese and Korean population: a systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(30):e6838.
3. Raj R, Siironen J, Kivisaari R, Hernesniemi J, Skrifvars MB. Predicting outcome after traumatic brain injury: development of prognostic scores based on the IMPACT and the APACHE II. *J Neurotrauma*. 2014;31(20):1721-1732.
4. Espericueta-Romera V, López-Cervantes M. *Conocimientos fundamentales de ciencias de la salud*. Universidad Nacional Autónoma de México. México: Pearson educación; 2008.
5. Delgado-Rodríguez M, Llorca-Días J. Capítulo I. Concepto de salud. El continuo salud-enfermedad. Historia natural de la enfermedad. Determinantes de la salud. [Consultado 29 de agosto de 2018] Disponible en: <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sp/wp-content/uploads/2013/12/biblio-basica-1.1.3.pdf>.
6. Ayres F, Mendelson E. *Cálculo diferencial e integral*. México: McGraw-Hill; 1991.

Conflicto de interés: Ninguno.

Correspondencia:

Emilio Arch-Tirado
 Centro Neurológico, Centro Médico ABC Santa Fe.
 Carlos Graef Fernández Núm. 154,
 Col. Santa Fe, 05300, Cuajimalpa,
 Ciudad de México, México.
 E-mail: arch.tirado@gmail.com