

Método gráfico para el cálculo de sustancias con concentraciones intermedias

Mayor M.C. Luis Alejandro **Padilla-Mukul***

Hospital Central Militar. Ciudad de México.

RESUMEN

Debido a la gran importancia que tiene la exactitud en cuanto a volúmenes, concentraciones, osmolalidades y otras características relacionadas con soluciones susceptibles de aplicarse en el tratamiento médico de pacientes, y por la imprecisión con que en algunas ocasiones estos cálculos se realizan, se propone un nuevo método capaz de encontrar las proporciones exactas de dos componentes base, para la elaboración de estas soluciones. El método se basa en cinco sencillos pasos: 1. Identificar claramente a qué opción corresponde cada límite. 2. Reconocer el rango de opciones. 3. Obtener la diferencia. 4. Dividir la diferencia obtenida entre el rango. 5. Preparar la solución con la cantidad exacta requerida.

El método puede usarse con cualquier par de sustancias de características similares y diferentes propiedades, por ello no se limita a los líquidos parenterales ni a la Medicina y puede utilizarse en cualquier situación similar en la vida diaria.

Palabras clave: líquidos parenterales, soluto, concentración, cálculo.

Introducción

Considerando que el volumen sanguíneo presente en el cuerpo humano en condiciones normales se relaciona directamente con el peso,^{1,2} un paciente pediátrico de un año de edad (aproximadamente 10 kilogramos de peso) tendría únicamente 700-800 mL de volumen circulante,³ con base en esto el manejo de líquidos requiere una acuciosidad trascendental en la sobrevida del paciente.

Hablando de fisiología de los líquidos corporales, el organismo se encarga de mantener la homeostasis por lo que cualquier alteración en los líquidos corporales generará cambios tendientes a reestablecer el equilibrio,¹ de modo que el sobrecargar a un paciente con únicamente la décima parte de un

Graphical method for the calculation of substances with intermediate concentrations

SUMMARY

Due to the great importance that have the accuracy of volumes, concentrations, contributions and other characteristics related to solutions able to be applied in the patients medical treatment, and by the inaccuracy with which sometimes these calculations are made, we propose a new method able to find the exact proportions of two base components to elaborate these solutions. The method is based on five simple steps: 1. To identify clearly to what option corresponds each limit. 2. To recognize the rank of options. 3. To obtain the difference. 4. To divide the difference obtained into the rank. 5. To prepare the solution with the required exact amount. The method can be used with any pair of substances of similar characteristics and different properties; it is not limited to parenteral liquids nor to the Medicine, and it can be used in any similar situation in daily life.

Key words: Parenteral liquids, solute, concentration, calculations.

litro de líquidos endovenosos, o con una decena de miliequivalentes (mEq) de solutos, en pacientes con poco peso o con función hemodinámica alterada, creará alteraciones y descompensación que pondrán en riesgo hasta la vida del paciente, de aquí la importancia trascendental del acucioso cálculo exacto de volúmenes, concentraciones, aportes y demás características fisicoquímicas de las sustancias destinadas a aplicarse al paciente en la práctica médica diaria.

Debido a la poca familiaridad con que se maneja el cálculo de líquidos, se propone seguir el siguiente método en el cálculo de volúmenes de soluciones con diferente concentración, como es el caso de la solución glucosada en sus distintas concentraciones como lo son a 5, 10, 50%, etcétera, para la obtención de una mezcla de ellas que brin-

* Departamento de Educación e Investigación. Hospital Central Militar.

Correspondencia:

M. C. Luis Alejandro Padilla-Mukul

Av. Sedesol, Lt. 13, Mza. 392, Col. Federal Burocrática, Huixquilucan, Edo. de México, C.P. 52777. Tel.: 5290-5799

Recibido: Junio 11, 2004.

Aceptado: Septiembre 30, 2004.

de un aporte exacto para los requerimientos calculados para un caso determinado.

Objetivos

Se presentará un método para el cálculo de líquidos parenterales, soluciones, concentraciones y otras propiedades aplicables a sustancias obtenidas de la mezcla de dos orígenes o soluciones madre.

Método gráfico

En el caso específico de líquidos parenterales de mantenimiento, inicie con las siguientes consideraciones:

Calcule el volumen requerido por el paciente, atendiendo principalmente al peso del paciente, el aporte hídrico deseado y al lapso de mantenimiento (8 horas, 24 horas, etcétera).

Realice las sustracciones que correspondan a los electrolitos iones y otros elementos que se requiere brindar al paciente para su estabilidad hidroelectrolítica, atendiendo a las mismas consideraciones previas.

Calcule la cantidad total en gramos (o en una unidad similar acorde con las necesidades del paciente), de modo que usted pueda conocer una cantidad total requerida, lo cual le permite usar varias opciones para llegar a esa “meta”.

Aplique el volumen total a cada una de las soluciones considerando los siguientes valores o valores similares, acorde con las necesidades de su paciente (*Cuadro 1*).

Con estas consideraciones, supongamos que se requiere de aplicar 6.5 g de glucosa, pero no pueden excederse 100 mL, de modo que si usáramos solución glucosada a 5% se requerirían:

$$6.5 \text{ g} \times 20 \text{ mL/g} = 130 \text{ mL (nos excedemos)}$$

Por otro lado, si se usa solución glucosada a 10% se requerirían:

$$6.5 \text{ g} \times 10 \text{ mL/g} = 65 \text{ mL (¡insuficiente!)}$$

Entonces se requiere 100 mL de una mezcla de estas dos soluciones que aporte 6.5 g de glucosa, ¿cuánto de cada una de ellas usaría? 50-50, 20-80, 40-60%, etcétera.

Si usted usara 50-50% quedaría cerca de la respuesta correcta, pero recuerde, ¡fue casualidad!

$$50\% \text{ de } 100 \text{ mL} = 50 \text{ mL}$$

Cuadro 1. Concentraciones de las distintas soluciones glucosadas disponibles en el mercado, expresadas en gramos/decilitro (g/dL), mililitros/gramo (mL/g), y gramos/mililitro (g/mL).

Solución glucosada 5%	Solución glucosada 10%	Solución glucosada al 50%
g/dL 5	10	50
mL/g 20	10	2
g/mL 0.05	0.1	0.5

$$50 \text{ mL} \times 10 \text{ mL/g} = 5 \text{ g de glucosa (solución glucosada a 10\%)}$$

$$50 \text{ mL} \times 20 \text{ mL/g} = 2.5 \text{ g de glucosa (solución glucosada a 5\%)}$$

1. De este modo los 100 mL de solución aportarían 5 g + 2.5 g = 7.5 g. Cerca, ¿verdad?, ¿lo suficiente?

Su inteligencia le haría probar ahora una opción que incluyera menos solución glucosada a 10%, por ejemplo 40-60%, y así, hasta encontrar la proporción correcta, si tiene suerte terminará pronto, si no, simplemente terminará.

Partiendo de las siguientes consideraciones:

1. El primer paso es identificar claramente a qué opción corresponde cada límite, en este caso el límite inferior corresponde a la solución glucosada a 5% y el límite superior corresponde a la solución glucosada a 10%.
2. La situación hipotética requiere reconocer el rango de opciones de las cuales se puede elegir, en el caso específico de las soluciones glucosadas a 5 y 10%, el rango se presenta en la *figura 1*.

Planteemos ahora nuestra propuesta.

De este modo, si consideramos el rango de las cantidades de glucosa contenida en 100 mL de las dos soluciones glucosadas, tendremos que:

$$5 \text{ g/100 mL} \text{ ————— Glucosa ————— } 10 \text{ g/100 mL}$$

El rango es: 10 g-5g = 5g

Antes de continuar es necesario establecer una condición: se requiere que el valor incógnita se encuentre entre el rango de valores, es decir, sea mayor que el límite inferior y menor que el límite superior.

Nuestro valor incógnita 6.5 g/100 mL sí cumple esta condición, luego entonces continuemos.

3. El paso siguiente es obtener la diferencia entre el valor incógnita y el límite inferior, en este caso 6.5 - 5 = 1.5 (g de glucosa en 100 mL).
4. El cuarto paso es dividir la diferencia obtenida entre el rango, en este caso 1.5/5 = 0.3 (o multiplicado por 100 = 30%). La fracción obtenida en este paso representa la fracción de la solución no utilizada para el cálculo

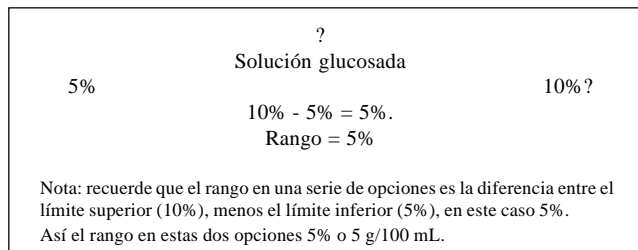


Figura 1. Rango de las soluciones disponibles.

de la diferencia del paso 3, que se debe utilizar para obtener el valor incógnita, es decir, representa la fracción de solución glucosada a 10% que se deberá utilizar para obtener el valor incógnita (6.5 g).

5. El siguiente paso es ya la preparación de la solución glucosada con la cantidad exacta de glucosa calculada para los requerimientos del paciente, 100 mL de solución con 6.5 g de glucosa total, usando 30% de solución glucosada a 10% = 30 mL y el resto (70%) de solución glucosada a 5%.

Comprobación:

30 mL de solución glucosada a 10% x 0.1 g/mL = 3 g de glucosa.

70 mL de solución glucosada a 5% x 0.05 g/mL = 3.5 g de glucosa.

En total, estos 100 mL de solución tendrían 6.5 g de glucosa.

Conclusiones

El método puede usarse con cualquier par de sustancias de características similares y diferentes concentraciones, incluso agua inyectable, considerada como solución glucosada a 0% o como solución salina a 0%.

En el paso 3 se puede utilizar la diferencia entre el valor problema y cualquiera de los dos límites, si se usa el superior, la fracción calculada representará a la sustancia no utilizada para el cálculo.

El método encuentra la fracción correcta por lo que se puede calcular cualquier volumen, con sólo aplicar las fracciones obtenidas al volumen total.

El método no se limita a los líquidos parenterales ni a la Medicina, puede utilizarse en cualquier situación similar en la vida diaria.

Se anexan casos clínicos para práctica

1. Ingres a Terapia Intermedia de Neonatología un recién nacido pretérmino hipotrófico masculino, con retraso en el crecimiento uterino simétrico, peso corporal de 1.720, por presentar síndrome de dificultad respiratoria secundaria a retención de líquido pulmonar; manejado con oxígeno suplementario, por campana cefálica a 40%, evoluciona favorablemente, de modo que 24 horas después se inicia la vía oral con leche humana o fórmula para prematuro media dilución y se decide su traslado a la Unidad de Crecimiento y Desarrollo para continuar con vigilancia médica estrecha y para la ganancia ponderal previa a un egreso definitivo.

Las indicaciones son:

Signos vitales cada cuatro horas.

Vía oral con LH o FPPMD (25 mL/kg/día) 5.5 mL cada tres horas.

Líquidos parenterales calculados a 90/4/3/2/200 para 24 horas.

Usted, médico especialista de guardia, procede al cálculo de los líquidos parenterales.

Calcula el volumen total:

$$90 \text{ mL/kg} \times 1.72 \text{ kg} = 154.8 \text{ mL}$$

Calcula el sodio:

$$3 \text{ mEq/kg} \times 1.72/3.4 \text{ mEq/mL} = 1.52 \text{ mL}$$

Calcula el potasio:

$$2 \text{ mEq/kg} \times 1.72/4 \text{ mEq/mL} = 0.86 \text{ mL}$$

Calcula el calcio:

$$200 \text{ mg/kg} \times 1.72 / 100 \text{ mg/ml} = 3.44 \text{ mL}$$

Calcula la glucosa:

$$4 \text{ mg/kg/min} \times 1.72 \times 1,440 \text{ min/día} \times 1000 \text{ mg/g} = 9.907 \text{ g}$$

Calcule el volumen de solución base para el requerimiento:

$$154.8 \text{ mL} - 1.52 \text{ mL} - 0.86 \text{ mL} - 3.44 \text{ mL} = 149 \text{ mL}$$

En este momento, olvidándose de sus prácticas obsoletas, realice lo siguiente:

El volumen de solución calculado (149 mL), es la base para sus cálculos ulteriores. Multiplíquelo por la cantidad en mg/mL de cada una de las soluciones a la mano, para verificar cuál le conviene utilizar, es decir, multiplique:

$$149 \text{ mL} \times 0.5 \text{ mg/mL} = 74.5 \text{ g (glucosado al 50%)}$$

$$149 \text{ mL} \times 0.1 \text{ mg/mL} = 14.9 \text{ g (glucosado al 10%)}$$

$$149 \text{ mL} \times 0.05 \text{ mg/mL} = 7.45 \text{ g (glucosado al 5%)}$$

Si lo prefiere puede intercambiar esta multiplicación por una división entre la cantidad de mL/g, es decir, 2, 10 y 20, respectivamente.

Para continuar es necesario verificar se cumpla una de las condiciones que exige el método: se requiere que el valor incógnita se encuentre entre el rango de valores, de modo que no se podrían utilizar las soluciones glucosadas al 10 y al 50% simultáneamente en virtud que ambas aportan una cantidad de glucosa mayor a los requerimientos para el volumen específico establecido, de este modo escogemos realizar el cálculo con las soluciones glucosadas al 10 y al 5%.

Paso 1: Identificación de los límites:

14.9 corresponde a solución glucosada al 10%.
7.45 corresponde a solución glucosada al 5%.

Paso 2: rango de opciones:

Solución glucosada al 10% 14.9 g
Solución glucosada al 5% 7.45 g
Rango 14.9 g – 7.45 g = 7.45 g

Paso 3: La diferencia.

Valor incógnita: 9.907 g
 $9.907 \text{ g} - 7.45 \text{ g} = 2.457 \text{ g}$

Paso 4: El cociente:

$2.38 \text{ g}/7.45 \text{ g} = 0.33$

El resultado es la fracción de la solución no usada para el cálculo que se deberá utilizar para la obtención de la cantidad exacta requerida, es decir, se usó 7.45 g que corresponde a la solución glucosada al 5%, de modo que la fracción corresponde a la solución glucosada al 10%; entonces: use 0.33 (33% se asimila más fácilmente) de solución glucosada al 10% y el resto de solución glucosada al 5%.

Paso 5: Obtenga el éxito.

$149 \text{ mL} \times 0.33 = 49.17 \text{ mL}$ (de solución glucosada al 10%)

El resto, 0.68 corresponde a solución glucosada al 5%.

$149 \text{ mL} \times 0.67 = 99.83 \text{ mL}$ (de solución glucosada al 5%)

Ahora, si usted duda del resultado comprobemos:

$99.83 \text{ mL} + 49.17 \text{ mL} = 149 \text{ mL}$ (el volumen es correcto)

$99.83 \text{ mL} \times 0.05 \text{ g/mL} = 4.99 \text{ g}$
 $49.17 \text{ mL} \times 0.1 \text{ g/mL} = \underline{4.917 \text{ g}}$

9.907 g (la glucosa es correcta)

Ahora su paciente pronto estará saludable y ya no usará las enormes cantidades de agua inyectable a que está acostumbrado.

2. Usted es el médico encargado de la guardia nocturna en el Hospital "México 2000", se requiere de aporte rápido de volumen a una paciente en estado de choque sin respuesta a la aplicación de grandes volúmenes de cristaloides, no hay disponibilidad de derivados sanguíneos, el único recurso disponible es el uso de soluciones hipertónicas a base de cloruro de sodio NaCl, que usted mismo tendría que preparar.

La solución recomendada en este caso es NaCl al 7.5%, usted cuenta únicamente con NaCl al 0.9% (solución salina fisiológica) y con ampolletas de 10 mL de NaCl al 17.7%.

Usted, médico especialista de guardia procede al cálculo de los líquidos parenterales.

Estima el volumen de líquido necesario en 500 mL de NaCl al 7.5%.

El volumen de solución estimado (500 mL), es la base para sus cálculos ulteriores. Recuerde que se requiere 500 mL de solución salina al 7.5%, por lo tanto se requiere realizar una mezcla de las soluciones mencionadas.

Para continuar es necesario verificar se cumpla una de las condiciones que exige el método: se requiere que el valor incógnita se encuentre entre el rango de valores, en este caso 7.5% se encuentre entre 0.9% y 17.7%.

Paso 1: Identificación de los límites:

Límite superior: Solución salina al 17.7%
Límite inferior: Solución salina al 0.9%.

Paso 2: Rango de opciones:

Solución salina al 0.9%
Solución salina al 17.5%
Rango: $17.7\% - 0.9\% = 16.8\%$

Paso 3: La diferencia.

Valor incógnita: 7.5%
Límite inferior: 0.9%
 $7.5\% - 0.9\% = 6.6\%$

Paso 4: El cociente.

$6.6\%/16.8 = 0.3928$

El resultado es la fracción de la solución no usada para el cálculo (solución salina al 17.7%) que se deberá utilizar para la obtención de la cantidad exacta requerida, es decir, se usó 0.9% que corresponde a la solución salina fisiológica, de modo que la fracción corresponde a la solución salina al 17.7%; entonces: use 0.3928 (39.28%) de solución glucosada al 10% y el resto de solución glucosada al 5%.

Paso 5: Obtenga el éxito.

$500 \text{ mL} \times 0.3929 = 196.4 \text{ mL}$ (solución salina al 17.7%)

El resto: 0.6071 corresponde a solución glucosada al 5%
 $500 \text{ mL} \times 0.6071 = 303.6 \text{ mL}$ (de solución salina al 0.9%)

Comprobemos los resultados:

$196.4 \text{ mL} + 303.6 \text{ mL} = 500 \text{ mL}$ (¡el volumen es correcto!)

$196.4 \text{ mL} \times 0.177 \text{ g/mL}$ (salina al 17.7%) = 34.77 g (de NaCl)

$303.6 \text{ mL} \times 0.009 \text{ g/mL}$ (salina al 0.9%) = 2.73 g (de NaCl)

$34.77 \text{ g} + 2.73 \text{ g} = 37.50 \text{ g}$ (de NaCl)

$37.50 \text{ g de NaCl} / 500 \text{ mL} = 0.075 \text{ g/mL} = 7.5\%$

Nota: Los valores obtenidos con el método son fracciones porcentuales, usando éstas usted puede preparar cual-

quier volumen de solución salina al 7.5% que requiera sin alterar la concentración (de NaCl = 0.075 g/mL).

Conclusiones

La frecuencia con que la práctica clínica exige al médico prescribir la administración de líquidos endovenosos contrasta con la preparación limitada al respecto. Este trabajo propone un método para el cálculo de volúmenes de soluciones con diferente concentración cuya aplicación puede contribuir a una mayor precisión en el uso y administración de líquidos parenterales.

Referencias

1. West Taylor. Tratado de Fisiología Humana. Interamericana; 2000.
2. Fauci. Medicina Interna de Harrison. Interamericana; 2000.
3. Simmons, Charles F. Manual de Cuidados Neonatales. Masson; 2000.