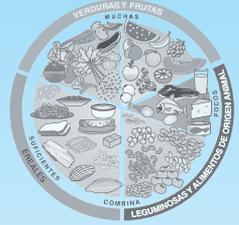


Cálculo de alimentación enteral



El apoyo nutricional enteral se emplea en sujetos con problemas para consumir, masticar, deglutir o digerir alimentos, pero que **conservan la capacidad de absorción a nivel intestinal**. Las fórmulas de alimentación se infunden a través de sondas de alimentación, de manera que deben ser de consistencia líquida al momento de infundirla.

Se indica en pacientes con desnutrición que sufren de anorexia, en casos de obstrucción en la parte alta del aparato gastrointestinal, debido a estenosis, tumores, entre otros.

La alimentación enteral puede ser utilizada a nivel gástrico o a nivel intestinal. La vía de introducción de la sonda de alimentación puede ser a través de la nariz (nasoenteral), o mediante una incisión directa a través de la piel, en la superficie del estómago o intestino conocida como estomía (figura 14-1).

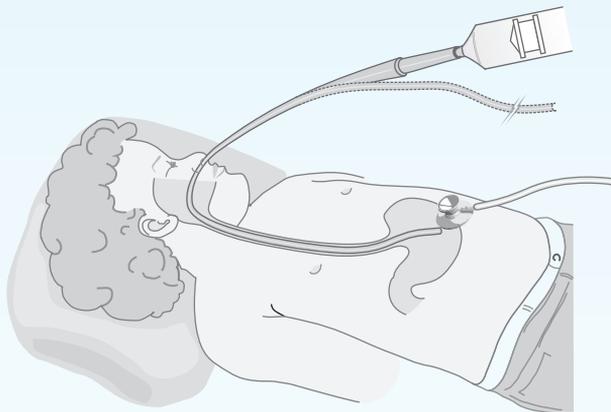


Figura 14-1. Alimentación por sonda nasogástrica.

De este modo, a nivel gástrico puede emplearse una sonda nasogástrica, o una gastrostomía.

A nivel intestinal, las sondas se colocan en el yeyuno, por lo que la alimentación se infunde mediante una sonda nasoyeyunal o por una yeyunostomía.

A continuación se analizan las diferencias en el tipo de fórmula que debe utilizarse a nivel gástrico e intestinal.

a) Nivel gástrico. Se recomienda **imitar** las condiciones normales de alimentación, cuando se emplea la alimentación enteral a nivel gástrico. Es decir, la infusión se administra en forma de **comidas** llamadas **bolos**. Por ejemplo, si la alimentación enteral requiere un volumen de 2 000 mL, se distribuye este volumen en 4 o 5 **bolos**. Esto se obtiene dividiendo el volumen total de la fórmula, entre el número de tomas totales al día:

$$2\ 000\ \text{mL} \div 5\ \text{tomas} = 5\ \text{bolos de 400 mL cada uno}$$

Estos bolos se distribuyen en horarios a lo largo del día; por ejemplo:

Primera toma: 7:00 h

Segunda Toma: 10:30 h

Tercera toma: 14:00 h

Cuarta toma: 17:30 h

Quinta toma: 21:00 h

Al igual que las comidas, los bolos se infunden en periodos relativamente cortos de tiempo, que van entre 20 y 45 min cada uno. Se sugiere emplear tiempos mayores en sujetos con trastornos digestivos como los ancianos o cuando existe riesgo de gastroparesia.

El sujeto que recibe alimentación a nivel del estómago, en especial mediante sonda nasogástrica, debe permanecer en posición semisentada (semifowler, es decir elevar la cabecera de la cama en un ángulo mínimo de 45° con respecto al plano horizontal) por lo menos una hora después de la infusión, debido a que aumenta el riesgo de reflujo gastroesofágico (figura 14-2).

La fórmula de alimentación indicada a nivel gástrico es la polimérica. Esto significa que los nutrimentos que contiene la fórmula, en especial sus proteínas, se encuentran en forma intacta; es decir, no digeridas. Los carbohidratos (o hidratos de carbono) pueden administrarse como almidones, dextrinas, disacáridos o monosacáridos. Se recomienda el empleo de carbohidratos complejos, ya que tienen una baja osmolaridad (alrededor de 350 a 450 mOsm/L).

Las fórmulas poliméricas pueden ser preparadas a base de alimentos o preparaciones y se conocen como poliméricas artesanales o bien, estar formuladas



Figura 14-2. Posición semisentada (semifowler).

con ingredientes concentrados, aislados, mezclados y homogeneizados en fórmulas comerciales preparadas por compañías farmacéuticas.

Las fórmulas pueden contener o eliminar ciertos componentes que ocasionan trastornos, tales como lactosa, gluten, soya o fibra. Como regla general, las fórmulas de alimentación enteral comerciales especifican si contienen o no estos compuestos.

Con relación a las proteínas, las fórmulas poliméricas contienen proteínas intactas, tales como aislado de proteína de soya, concentrado de caseína, albúmina, entre otras. Habitualmente la fuente de proteína es de elevado valor biológico para favorecer la síntesis de proteínas tisulares.

Los lípidos suelen infundirse como triglicéridos de cadena media, debido a que su proceso de digestión, absorción y transporte se facilitan, en comparación con los triglicéridos de cadena larga.

Las fórmulas comerciales contienen mezclas de vitaminas y nutrientes inorgánicos, de manera que se asegure 100% de las recomendaciones en un volumen mínimo de infusión. Aunque los valores pueden variar, por lo regular cubren 100% de las recomendaciones en volúmenes de 1 200 o más kcal.

b) Nivel intestinal. Cuando el quimo pasa del estómago al intestino delgado, las proteínas han sufrido un proceso de digestión parcial mediante la pepsina de los jugos gástricos. En duodeno se secretan y reciben las enzimas digestivas provenientes del propio intestino, de los jugos pancreáticos y recibe además la

bilis para facilitar el proceso de digestión de los lípidos. Al llegar al yeyuno, la mayor parte de los nutrientes ya se han digerido. Es por esto, que las fórmulas enterales empleadas a nivel intestinal deben estar previamente digeridas. Estas fórmulas se conocen como semielementales (las cuales contienen algunos péptidos sin digerir) o elementales (que contienen sólo aminoácidos). Las fórmulas elementales y semielementales tienen una osmolaridad mayor (alrededor de 600 a 900 mOsm/L). La elevada osmolaridad de las fórmulas requiere que la infusión se controle con mucho cuidado, para evitar propiciar una diarrea de tipo osmótica. Por ello, los primeros días se inicia la infusión con una velocidad inferior a la normal. Esto significa que los dos o tres primeros días no se cubrirán 100% de los requerimientos de energía y nutrientes del paciente.

Las fórmulas a nivel intestinal **NO** deben administrarse mediante bolos. Se utiliza el sistema de infusión continua, mediante un goteo controlado de fórmula por un periodo determinado.

La velocidad de infusión se obtiene de dividir el volumen total de fórmula, entre el número de horas o minutos al día que se emplearán en la alimentación.

Ejemplo: infusión de una fórmula semielemental con un volumen de 2 500 mL, en 24 h:

$$2\,500\text{ mL} \div 24\text{ h} = 104.17\text{ mL/h}$$

$$2\,500\text{ mL} \div (24 \times 60) = 1.74\text{ mL/min}$$

Recordar que una hora tiene 60 min. Un día completo tiene 1 440 min.

Las sondas de alimentación tienen diferente calibre. Esto significa el diámetro del tubo, que puede ser más ancho o más delgado. Cuanto más delgado el calibre, el tamaño de la gota es más pequeño.

Las sondas de alimentación se miden en *frenchs*. Un *french* es la cantidad de gotas que se necesitan para infundir o recolectar 1 mL de fórmula. Por ejemplo, una sonda de 18 *frenchs* significa que es necesario infundir 18 gotas para obtener 1 mL, mientras que una sonda de 10 *frenchs* requiere de 10 gotas para obtener 1 mL. Es decir, las sondas de 10 *frenchs* son más gruesas que las sondas de 18 *frenchs*.

La densidad energética de la fórmula resulta de dividir el total de energía (kcal) que aporta entre el volumen total de fórmula. El resultado se obtiene como kcal/mL. Las fórmulas se dividen de acuerdo con su densidad energética en tres categorías:

- a) **Isocalóricas o normocalóricas.** Contienen cerca de 1 kcal/mL. Los valores normales son de 0.8 a 1.2 kcal/mL. Se utiliza como relación normal de energía en un sujeto con requerimientos promedio 30 kcal/kg de peso.
- b) **Hipercalóricas.** Contienen más de 1.2 kcal/mL. Por lo regular aportan entre 1.5 y 2.5 kcal/mL. Se emplean en sujetos con altos requerimientos de energía, por lo común entre 35 y 40 kcal/kg de peso.
- c) **Hipocalóricas.** Aportan menos de 0.8 kcal/mL. Se emplean en individuos con una recomendación menor de energía, aportando entre 20 y 25 kcal/kg de peso.

Las fórmulas enterales se clasifican con base en su aporte de proteínas en tres categorías:

- a) **Normoproteínicas o isoproteínicas.** Aportan alrededor de 1 g de proteína por cada 30 kcal o 1 g de proteína por kilogramo de peso. Los valores normales van de 0.83 a 1.2 g de proteína por kilogramo de peso.
- b) **Hiperproteínicas.** Aportan más de 1.2 g de proteínas por kilogramo de peso o por cada 30 kcal. Es común que las fórmulas hiperproteínicas tengan también una alta concentración de energía y se indican en pacientes con hipercatabolismo (quemaduras, septicemias).
- c) **Hipoproteínicas.** Aportan menos de 0.8 g de proteínas por cada 30 kcal. Se emplean en pacientes con restricción de nitrógeno en la dieta, como las nefropatías o hepatopatías. Estas fórmulas modifican la proporción de aminoácidos indispensables y dispensables, de modo que la restricción afecte de forma principal el contenido de aminoácidos dispensables.

La relación energía/nitrógeno de las fórmulas se obtiene de la siguiente manera:

- a) Las proteínas contienen 16% de nitrógeno. Para poder conocer su contenido de nitrógeno, se dividen los gramos de proteínas de un volumen conocido de fórmula (p. ej., una lata), entre 6.25.
- b) Se divide el total de la energía en el mismo volumen conocido de fórmula, entre los gramos de nitrógeno que aporta. El resultado se obtiene como kcal/g N. La relación energía/nitrógeno de las fórmulas isocalóricas e isoproteínicas suele ser de 160 a 200 kcal/g N.

Cuando la relación kcal/N es baja, significa que la fórmula de alimentación es hiperproteínica (menos energía por cada gramo de nitrógeno). Cuando la relación energía/nitrógeno es alta, significa que la fórmula es hipoproteínica (mas energía por cada gramo de nitrógeno).

Ejemplo:

Una fórmula de alimentación enteral contiene los siguientes ingredientes y composición nutrimental:

Ingredientes: caseinato de sodio y calcio, maltodextrinas, aceite de maíz, aceite de girasol, aceite de soya, mezcla de vitaminas y nutrimentos inorgánicos.

De acuerdo con los ingredientes, se puedan considerar que la fórmula es polimérica, ya que la proteína que contiene está intacta. Si la fórmula es polimérica, sólo se puede infundir a nivel gástrico.

Composición nutrimental:

Cada lata de 237 mL contiene:

Energía	232 kcal
Proteínas	7.7 g
Carbohidratos	29 g
Lípidos	9.47 g

1. Obtener la densidad energética de la fórmula.

$$232 \text{ kcal} \div 237 \text{ mL} = 0.98 \text{ kcal/mL. La fórmula es isocalórica}$$

2. Obtener la relación entre proteínas y energía:

$$232 \text{ kcal} \div 7.7 \text{ g de proteínas} = 30.1 \text{ kcal/g proteína. La fórmula es isoproteínica}$$

3. Calcular la proporción de nutrimentos en la fórmula:

Cuadro dietosintético de la dieta

Nutrimento	Porcentaje	kcal	Gramos
Carbohidratos	50	116	29
Proteínas	13.3	30.8	7.7
Lípidos	36.7	85.2	9.47
Total	100	232	

4. Calcular la relación energía nitrógeno de la fórmula:

$$7.7 \text{ g de proteínas} \div 6.25 = 1.232 \text{ g N}$$

$$\text{Relación energía/N} = 232 \text{ kcal} \div 1.232 = 188.31 \text{ kcal/g N}$$

5. Calcular el número de latas que se requieren administrar, para una dieta de 1 800 kcal y 60 g de proteínas.

$$1\ 800\ \text{kcal} \div 232\ \text{kcal/lata} = 7.75\ \text{latas de 237 mL cada una por día}$$

En 7.75 latas hay 59.67 g de proteínas.

$$1\ \text{lata} \quad - \quad 7.7\ \text{g de proteínas}$$

$$7.75\ \text{latas} \quad - \quad X \quad = \quad 59.67\ \text{g de proteínas}$$

Con 7.75 latas del producto, se administran 1 800 kcal y 60 g de proteínas.

6. Calcular el volumen de infusión, si la fórmula se administra en cuatro bolos.

$$237\ \text{mL por lata} \times 7.75\ \text{latas} = 1\ 836.75\ \text{mL}$$

$$1\ 836.75\ \text{mL} \div 4 = 459.18\ \text{mL}$$

Se administrarán cuatro bolos de 460 mL cada uno.

Cálculo de alimentación parenteral



El apoyo nutricional parenteral se emplea en pacientes en los que la capacidad de absorción a nivel intestinal se encuentra alterada y sirve como apoyo nutricional en pacientes con altos requerimientos de energía y proteínas, por encontrarse en estados hipercatabólicos, como son las quemaduras graves y extensas, pacientes con pancreatitis aguda, pacientes politraumatizados, entre otros.

La característica principal del apoyo nutricional por vía parenteral, es decir, a través de vasos sanguíneos, es que los nutrimentos se deben infundir en su forma más simple mediante infusión continua por varias horas. Como fuente de carbohidratos (o hidratos de carbono) sólo se utiliza glucosa, para aportar proteínas se emplean soluciones de aminoácidos y como soluciones de lípidos se usan triglicéridos de cadena media. Estas soluciones deben controlarse con cuidado en cuanto a su preparación bajo condiciones estériles y su administración y monitoreo para evitar complicaciones metabólicas, mecánicas, infecciosas, entre otras.

El tiempo estimado de empleo de la alimentación parenteral ayuda a definir si su colocación será central o periférica, ya que mediante la vía periférica no se pueden administrar el total de los requerimientos energéticos y nutrimentales de un adulto promedio. Si este sistema periférico fuera la única forma de alimentación de un individuo, en pocos días se presentaría pérdida de peso y desnutrición. Sin embargo, si el sujeto utiliza alguna otra vía de alimentación, ya sea mediante apoyo nutricional enteral con sonda de alimentación o por consumo voluntario por vía oral, puede ser utilizado por plazos mayores. Se suele usar como punto de corte de **corto plazo** cuando el sistema de alimentación parenteral se emplea por un periodo menor a 10 o 15 días. Este plazo puede reducirse en casos de sujetos con desnutrición previa o con altos requerimientos de energía (hipercatabólicos).

La osmolaridad es uno de los factores que determina la vía de administración de la fórmula parenteral. Cuando la fórmula total aporta menos de 900 mOsm/L se puede administrar a través de venas periféricas de mediano calibre (parenteral periférica). Cuando la fórmula parenteral aporta más de 900 mOsm/L deberá infundirse mediante una vena de gran calibre (subclavia) por lo que se conoce como parenteral central.

1. Soluciones de glucosa. Las soluciones de glucosa disponibles para apoyo nutricional artificial van de 3 a 70%. Una solución porcentual indica la cantidad de gramos de soluto disuelto en un volumen de líquido, en este caso 100 mL. Una solución al 3% significa que contiene 3 g de glucosa por cada 100 mL de solución, mientras que una solución al 70% significa que aporta 70 g por cada 100 mL de solución.

Para cubrir 250 g de carbohidratos en forma de glucosa, con una solución al 3% se necesitarían 8 333.3 mL (8.3 L), lo que sería poco útil para alimentar a una persona.

3 g glucosa – 100 mL

250 g glucosa – X = 8 333.3 mL

En alimentación parenteral, en general se emplean soluciones concentradas de glucosa, siendo la más común la solución al 50%.

50 g glucosa – 100 mL

250 g glucosa – X = 500 mL

Con una solución concentrada de glucosa, la cantidad de volumen se reduce de manera considerable, en el caso de una solución al 50%, los 250 g de glucosa se cubren con 500 mL.

El contenido energético de la glucosa es de 3.4 kcal/g. En este caso, no es recomendable utilizar el factor de Atwater para carbohidratos de 4.0 kcal/g, ya que se sobreestimaría su aporte real de energía.

Si un sujeto requiere una fórmula de alimentación parenteral que aporte 1 250 kcal como glucosa, la cantidad de gramos de glucosa necesarios se obtiene de la siguiente manera:

$$1 \text{ g glucosa} - 3.4 \text{ kcal}$$

$$X \quad - \quad 1 \text{ 250 kcal} = 367.64 \text{ g}$$

El mismo resultado se obtiene de dividir la energía requerida entre 3.4 kcal/g.

$$1 \text{ 250} \div 3.4 = 367.64 \text{ g de glucosa}$$

La glucosa es el nutrimento que contribuye en mayor proporción a la osmolaridad final de la fórmula. Cada gramo de glucosa aporta 5 mOsm.

En el ejercicio anterior, los 367.64 g de glucosa aportarán $367.64 \times 5 \text{ mOsm} = 1 \text{ 838.2 mmOsm}$.

En pacientes críticos, el aporte de dosis superiores a 4 o 5 mg de glucosa por kilogramo de peso por minuto no aumenta la oxidación ni mejora la síntesis de proteínas, por lo que no se recomienda. Por el contrario, a dosis mayores puede asociarse con complicaciones metabólicas relacionadas con lipogénesis y mayor producción de CO_2 . Por lo tanto, la dosis mayor que debe emplearse es de 5 mg/kg/min, que es la tasa máxima que el organismo puede metabolizar a la glucosa, sin que presente hiperglucemia.

Este límite de oxidación corresponde a calcular 7 g de glucosa por kilogramo de peso por día.

Ejemplo: paciente de 60 kg.

$$\text{Aporte máximo de glucosa por día: } 7 \text{ g/kg/día} = 7 \times 60 = 420 \text{ g por día}$$

En el apoyo nutricional parenteral, no deben infundirse más de 420 g por día, para evitarle al paciente complicaciones metabólicas como hiperglucemia.

$$\text{Aporte por minuto: } 5 \text{ mg/kg/min}$$

Un día tiene 24 h y una hora tiene 60 min, por lo tanto, un día tiene $24 \times 60 = 1 \text{ 440 min}$.

$$5 \text{ mg} \times 60 \text{ kg} \times 1 \text{ 440} = 432 \text{ 000 mg o } 432 \text{ g de glucosa}$$

El valor de 432 g de glucosa (mg/kg/min) es más o menos similar al obtenido con la fórmula anterior (g/kg/día) de 420 g.

En pacientes con insuficiencia del parénquima hepático se recomienda no exceder 5 g de glucosa/kg/día.

- 2. Soluciones de aminoácidos.** Las soluciones de aminoácidos empleadas en alimentación parenteral contienen mezclas de aminoácidos indispensables y dispensables en proporciones específicas, adecuadas a la condición metabólica para la cual fueron creadas. Por ejemplo, en un paciente hepatópata con riesgo a sufrir de encefalopatía hepática, se puede utilizar una fórmula con bajo contenido de aminoácidos aromáticos y enriquecidos en aminoácidos de cadena ramificada. Las soluciones estándar de aminoácidos contienen entre 40 y 50% de aminoácidos indispensables y entre 50 y 60% de aminoácidos dispensables.

Las soluciones de aminoácidos pueden variar en concentración, aunque por lo regular se encuentran entre 3.5 y 15%. El aporte calórico de las soluciones de aminoácidos es de 4.0 kcal/g.

Es importante recordar que las soluciones porcentuales definen la cantidad de gramos de aminoácidos por cada 100 mL de solución. Una solución de aminoácidos al 10% contiene 10 g de aminoácidos en 100 mL. Si un sujeto requiere de un apoyo nutricional parenteral que contenga 80 g de proteínas, entonces requerirá 800 mL de una solución de aminoácidos al 10%:

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{10 \text{ g de aminoácidos} - 100 \text{ mL}} \\
 \mathbf{80 \text{ g} \quad \quad \quad - \quad X \quad = 800 \text{ mL}}
 \end{array}$$

Los aminoácidos también contribuyen con la osmolaridad de la fórmula. Cada gramo de aminoácidos aporta 10 mOsm.

En el ejercicio anterior, 80 g de aminoácidos aportan por lo tanto:

$$80 \text{ g} \times 10 \text{ mOsm} = 800 \text{ mOsm/L}$$

Si además de aminoácidos la fórmula de alimentación parenteral contiene los 367.64 g de glucosa que aportan 1 838.2 mOsm, entonces el apoyo nutricional aportará por lo menos: $800 + 1\,838.2 = 2\,638.2$ mOsm. El volumen mínimo de infusión sería de 735.28 mL como solución glucosada al 50% y de 800 mL de solución de aminoácidos al 10%, que da un volumen de 1 535.28 mL. Si se divide la osmolaridad de la fórmula entre el volumen ($2\,638.2 \text{ mOsm} / 1\,535.28 \text{ mL}$), obtenemos una osmolaridad de 1.718 mOsm/mL o 1 718 mOsm/L, lo que significa que deberá ser infundida por vía parenteral central.

Para la utilización efectiva del nitrógeno con fines de síntesis de proteínas, se deben administrar cantidades adecuadas de energía no proteínica proveniente de glucosa y lípidos. Sin un aporte adecuado de energía proveniente de glucosa o triglicéridos, los aminoácidos serán catabolizados para que suministren carbono para la oxidación y obtención de energía y más de la mitad del nitrógeno se excretará en lugar de utilizarse en la síntesis de proteínas. Aunque la relación energía no proteínica/nitrógeno debe estimarse de manera individual, una relación de 150 kcal/1 g nitrógeno satisface las necesidades de enfermos estables, mientras que los pacientes hipercatabólicos pueden requerir relación ENP/N de 120:1 o 80:1. Esto significa aportar 1 g de nitrógeno por cada 80 o 120 kcal.

Si un paciente requiere un aporte energético de 2 500 kcal, la cantidad de nitrógeno requerido en caso de permanecer estable se obtiene de la siguiente manera:

$$2\ 500\ \text{kcal} / 150 = 16.66\ \text{g N}$$

$$16.66\ \text{g N} \times 6.25 = 104.16\ \text{g proteínas}$$

En sujetos sanos, las recomendaciones de proteínas se calculan entre 0.8 y 1.2 gramos por kilogramo por día. En enfermos críticos o sépticos, las recomendaciones oscilan entre 1.2 y 2.5 g de proteínas por kilogramo de peso por día, con el fin de mantener un balance de nitrógeno positivo o al menos evitar que el balance se vuelva negativo y a la vez, evitando la sobrecarga de nitrógeno (aminoácidos) que aumentaría la uremia.

3. Soluciones de lípidos. Las soluciones de lípidos en alimentación parenteral tienen como objetivo el prevenir la deficiencia de ácidos grasos indispensables (linoleico y linolénico), además de participar como parte de la energía no proteínica. La deficiencia de ácidos grasos indispensables suele presentarse después de la tercera semana de no consumirlos, por lo que en ocasiones se suele retrasar el empleo de soluciones de lípidos hasta la tercera semana de tratamiento nutricional parenteral. Como medida general, se recomienda emplear por lo menos 50 a 100 g de lípidos una vez a la semana para evitar deficiencias de ácidos grasos indispensables.

En general, las soluciones de lípidos aportan entre 40 y 50% de la energía no proteínica de la fórmula. Esto es en especial importante en enfermos con intolerancia a la glucosa o insuficiencia pulmonar con aumento en la retención de bióxido de carbono.

Las emulsiones de lípidos utilizadas se encuentran en una concentración de 10 y 20%, las cuales aportan 1.1 y 2.0 kcal/mL, respectivamente. El empleo de soluciones de lípidos se asocian con menor frecuencia de hiperglucemia,

mejor control de la insulinemia y menor riesgo de daño hepático, que cuando se emplean soluciones de glucosa y aminoácidos de manera exclusiva.

En caso de utilizar soluciones de lípidos en la alimentación parenteral, éstos no deben sobrepasar de 2.5 g/kg de peso por día.

Las soluciones de lípidos suelen ser hipotónicas, por lo que no se toman en cuenta en el cálculo de la osmolaridad de la fórmula.

Si un paciente requiere 1 250 kcal en forma de soluciones de lípidos, la cantidad requerida se obtiene de la siguiente manera:

Solución de lípidos al 10%:

Solución de lípidos al 10%

1.1 kcal - 1 mL

1 250 kcal - X = 1 136.36 mL

Solución de lípidos al 20%:

Solución de lípidos al 20%

2.0 kcal - 1 mL

1 250 kcal - X = 625 mL

4. Requerimientos hídricos. Los requerimientos de agua en un sujeto sano son de alrededor de 1 a 1.5 mL/kcal ingerida. Esto significa que un sujeto que consume 2 000 kcal en su dieta, requiere entre 2 000 y 3 000 mL de agua por día.

En enfermos alimentados con nutrición parenteral, debe considerarse las necesidades basales de agua, la presencia de edema o deshidratación previa, las limitaciones impuestas por insuficiencia de órganos como el riñón o el corazón, las pérdidas anormales por la enfermedad (diarrea, vómitos, fístulas, quemaduras), el agua de oxidación metabólica y los líquidos infundidos por otras vías (medicamentos, entre otros).

5. Nutrientos inorgánicos. La alimentación parenteral debe incluir el aporte de todos los nutrientes, en especial cuando se emplea a largo plazo. Es necesario siempre que contenga sodio, potasio, calcio, fósforo y magnesio, tomando en cuenta la situación metabólica del individuo, las pérdidas renales y extra-renales, el balance de líquidos y electrólitos o la necesidad de compensar una deficiencia previa. Sus necesidades son dinámicas y se ajustan día con día a lo largo de la terapia con alimentación parenteral. Estos cambios suelen ajustarse de acuerdo con las concentraciones séricas y al volumen de pérdida de líquidos y electrólitos. Las concentraciones sugeridas para estos nutrientes se enlistan a continuación:

- a) Sodio: 50 a 150 mEq/día.
- b) Potasio: 60 a 150 mEq/día.
- c) Fósforo: 30 a 75 mEq/día.
- d) Calcio: 4.5 a 21 mEq/día.
- e) Magnesio: 8 a 35 mEq/día.
- f) Cloro: 50 a 150 mEq/día.

Estos nutrientes también aportan osmolaridad a la fórmula, lo que depende de las dosis sugeridas a cada paciente. Algunos de estos nutrientes pueden producir problemas de precipitación en la fórmula, por lo que se debe tener cuidado y experiencia en la forma química y cantidad administrada de cada uno.

Cuando la alimentación parenteral es la única vía de alimentación de un sujeto a largo plazo, se debe administrar todos los nutrientes inorgánicos, ya que de otro modo, se provocará su deficiencia. Los requerimientos de estos nutrientes dependen de la edad, sexo, condición de las reservas corporales previas y de los requerimientos en condiciones específicas. Estos nutrientes no se adicionan en todo momento en las fórmulas de alimentación, sino que se adicionan después de evaluar sus necesidades en el sujeto. El hierro es un nutriente que no suele adicionarse en la fórmula de alimentación parenteral, ya que puede incrementar el riesgo de crecimiento microbiano en pacientes infectados.

A continuación se incluyen cantidades sugeridas de nutrientes inorgánicos en alimentación parenteral:

- a) Cinc: 2.5 a 4 mg (tomar en cuenta otras pérdidas como digestivas o hiperca-tabolismo).
- b) Cobre: 0.5 a 1.5 mg.
- c) Cromo: 10 a 15 mg.
- d) Selenio: 30 a 120 mg.
- e) Manganeso: 0.15 a 8 mg.
- f) Molibdeno: 100 a 200 mg.

- 6. Vitaminas.** En términos prácticos, todas las vitaminas desempeñan funciones fundamentales en el metabolismo de los tejidos, por lo que deben administrarse en forma de preparados multivitamínicos que cubren los requerimientos basales. La única vitamina que no contienen los preparados comerciales de multivitamínicos es la vitamina K, la cual deberá administrarse a dosis de 5 a 10 mg semanales y de acuerdo a los valores del tiempo de protrombina.
- 7. Velocidad de infusión.** El volumen total de fórmula se puede administrar mediante infusión continua en un número determinado de horas. Por ejemplo un volumen de fórmula de 2 500 mL, se puede infundir en 24 h a un ritmo de:

$$2\ 500\ \text{mL} \div 24\ \text{horas} = 104.16\ \text{mL/h}$$

Este valor se puede transformar a volumen de infusión por minuto:

$$2\ 500\ \text{mL} \div (24 \times 60) = 2\ 500 \div 1\ 440 = 1.736\ \text{mL/min}$$

El tiempo mínimo de infusión se puede determinar con base en la máxima capacidad de oxidación de glucosa en mg/kg/min. Es importante recordar que el límite de oxidación de la glucosa no debe sobrepasar 5 mg/kg/min.

Si la fórmula contiene 350 g de glucosa, en un volumen de 2 500 mL y es requerida para un paciente de 75 kg, el número de horas mínimo en que se puede infundir es el siguiente:

Se convierten los gramos de glucosa de la fórmula en mg, multiplicando el valor X 1 000:

$$350\ \text{g de glucosa} \times 1\ 000 = 350\ 000\ \text{mg}$$

Se estima el número menor de horas en la que no se sobrepasa el límite de oxidación de la glucosa:

$$\text{mg de glucosa} \div (\text{peso del paciente en kg por número de minutos})$$

Ejemplo de infusión en 12 horas:

$$350\ 000\ \text{mg de glucosa} \div (75 \times 12 \times 60) = 6.48\ \text{mg de glucosa por minuto}$$

En 12 h se sobrepasa el máximo de oxidación de glucosa, por lo que debe infundirse la solución en un tiempo mayor.

Ejemplo de infusión en 15 h:

$$350\,000 \text{ mg de glucosa} \div (75 \times 15 \times 60) = 5.185 \text{ mg de glucosa por minuto}$$

En 15 h se sobrepasa el máximo de oxidación de glucosa, por lo que la solución debe infundirse en un tiempo mayor.

Ejemplo de infusión en 18 h:

$$350\,000 \text{ mg de glucosa} \div (75 \times 18 \times 60) = 4.32 \text{ mg de glucosa por minuto}$$

Con 18 h no se sobrepasa el límite de oxidación, por lo que es un tiempo que puede utilizarse para administrar la fórmula de alimentación parenteral.

Si la infusión se realiza en 18 h, entonces la velocidad de infusión será de:

$$2\,500 \text{ mL} \div (18 \times 60) = 2.31 \text{ mL/min}$$

EJERCICIO

Paciente de sexo masculino de 45 años de edad, peso actual 68 kg, talla 174 cm. Ingresa al hospital con diagnóstico de pancreatitis aguda necrotizante secundaria a alcoholismo crónico, por lo que se indica apoyo nutricional parenteral como único sistema de alimentación.

Un estudio de calorimetría indirecta reveló que el paciente tiene un gasto de energía de 2 244 kcal. Se recomendó manejar la alimentación parenteral, con una relación energía no proteínica nitrógeno de 120 kcal/g N. Calcular la fórmula con 50% de lípidos y 50% de glucosa como energía no proteínica.

1. Calcular el límite de oxidación de glucosa en g/kg/día.

$$7 \text{ g de glucosa/kg/día} = 7 \times 68 = 476 \text{ g/día}$$

2. Calcular el límite de oxidación de lípidos.

$$2.5 \text{ g de lípidos por kilogramo} = 2.5 \times 68 = 170 \text{ g}$$

3. Calcular la cantidad de nitrógeno requerida, con base en la relación energía no proteínica nitrógeno sugerido.

$$2\,244 \text{ kcal} \div 120 \text{ kcal/g} = 18.7 \text{ g de nitrógeno}$$

4. Calcular la cantidad de aminoácidos que deben infundirse.

$$18.7 \text{ g de nitrógeno} \times 6.25 = 116.875 \text{ g}$$

5. Calcular la cantidad de gramos de proteínas (aminoácidos) por kilogramo de peso.

116.875 g de proteínas \div 68 kg = 1.72 g/kg. La relación energía no proteínica nitrógeno indica que corresponde a una dieta hiperproteínica

6. Calcular la cantidad de solución de aminoácidos a utilizar, si se cuenta con una solución al 7.5%.

Solución de aminoácidos al 7.5%

$$\begin{array}{r} 7.5 \text{ g} \quad - \quad 100 \text{ mL} \\ 116.875 \text{ g} \quad - \quad X \quad = \quad 1 \text{ 558.33 mL de solución de aminoácidos al 7.5\%} \end{array}$$

7. Calcular la osmolaridad aportada por los aminoácidos.

$$116.875 \text{ g de aminoácidos} \times 10 \text{ mOsm/g} = 1 \text{ 168.75 mOsm}$$

8. Distribuir la energía de la alimentación parenteral con 50% de carbohidratos y 50% de lípidos.

$$\begin{array}{r} 2 \text{ 244 kcal} \quad - \quad 100\% \\ X \quad \quad \quad - \quad 50\% \quad = \quad 1 \text{ 122 kcal} \end{array}$$

9. Calcular los gramos de glucosa que debe aportar la fórmula.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ g} \quad - \quad 3.4 \text{ kcal} \\ X \quad \quad 1 \text{ 122 kcal} \quad = \quad 330 \text{ g de glucosa} \end{array}$$

10. Comprobar si la concentración de glucosa a utilizar supera el límite de oxidación de la glucosa.

El máximo que puede utilizarse es de 476 g. No se supera el límite

11. Calcular los mililitros de solución glucosada al 50% que se requieren para cubrir los gramos de glucosa:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ mL de solución glucosada} \quad - \quad 50 \text{ g} \\ X \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad - \quad 330 \text{ g} \quad = \quad 660 \text{ mL solución glucosada al 50\%} \end{array}$$

12. Calcular la osmolaridad aportada por la glucosa.

$$330 \text{ g} \times 5 \text{ mOsm/g} = 1 \text{ 650 mOsm/L}$$

- 13.** Calcular la cantidad de solución de triglicéridos de cadena media a utilizar en la fórmula, si se cuenta con solución de triglicéridos al 20%.

$$1\ 122\ \text{kcal} \div 2.0\ \text{kcal/mL} = 561\ \text{mL de solución de lípidos al 20\%}$$

- 14.** Sumar la osmolaridad aportada por la glucosa y los aminoácidos.

$$1\ 650\ \text{mOsm por glucosa} + 1\ 168.75\ \text{mOsm solución de aminoácidos} = 2\ 818.75\ \text{mOsm}$$

- 15.** Sumar el volumen total de líquidos a infundir.

$$\begin{array}{r} 561\ \text{mL solución de lípidos al 20\%} \\ +\ 660\ \text{mL solución glucosada al 50\%} \\ 1\ 558.33\ \text{mL solución de aminoácidos al 7.5\%} \end{array}$$

$$\text{Total: } 2\ 779.33\ \text{mL o } 2.8\ \text{L.}$$

- 16.** Obtener la osmolaridad por litro de solución y definir la vía de administración por este concepto.

$$2\ 818.75\ \text{mOsm} \div 2.78\ \text{L} = 1\ 013.9\ \text{mOsm/L. La fórmula aporta más de } 900\ \text{mOsm/L, por lo que debe ser parenteral central}$$

- 17.** Calcular la cantidad de líquidos aportados por kilocaloría consumida.

$$2\ 779.33\ \text{mL solución} \div 2\ 244\ \text{kcal} = 1.23\ \text{mL/kcal consumida. Se encuentra dentro de los valores normales de recomendación de líquidos}$$

- 18.** Calcular el volumen de fórmula a infundir por hora y por minuto por día:

$$2\ 779.33\ \text{mL} \div 24\ \text{h} = 115.8\ \text{mL/hora o } 1.93\ \text{mL/min}$$

- 19.** Calcular la oxidación de glucosa en miligramos por kilogramo por minuto si se infunde en 20 h.

$$330\ \text{g de glucosa} \times 1\ 000 = 330\ 000\ \text{mg de glucosa}$$

$$330\ 000 \div (68 \times 20 \times 60) = 4.04\ \text{mg/kg/min}$$

La fórmula si se puede infundir en 20 h, de acuerdo con los límites de oxidación de la glucosa.