

Estabilidad y biodisponibilidad de emulsiones lipídicas en nutrición parenteral: interacciones fármaco-nutriente y estrategias de formulación

Stability and bioavailability of lipid emulsions in parenteral nutrition: drug-nutrient interactions and formulation strategies

María Fernanda Ortiz Andrade

<https://orcid.org/0009-0005-5826-8530>
Corporación Monte Sinaí – SINAILAB, Ecuador

Ángeles Ariana Ortiz Andrade

<https://orcid.org/0009-0003-1602-8307>
Universidad de las Américas, Ecuador

Karen Gissela Caiza Tonato

<https://orcid.org/0009-0006-4757-8194>
Investigadora independiente, Ecuador

Génesis Michelle Cartagena Martínez

<https://orcid.org/0000-0003-2190-9419>
BioLearnX, Ecuador

Eduardo Fabián Reina Santos

<https://orcid.org/0009-0009-7666-531X>
Investigador independiente, Ecuador

Ricardo Damian Domínguez Cedeño

<https://orcid.org/0009-0003-3525-8802>
Hospital de Especialidades Portoviejo, Ecuador

María José Peña Cervantes

<https://orcid.org/0009-0001-6742-5746>
Universidad Central del Ecuador

Daniel Segundo Gordón Jácome

<https://orcid.org/0009-0002-7842-9782>
BioLearnX, Ecuador

RESUMEN

Las emulsiones lipídicas desempeñan un papel crucial en la nutrición parenteral al proporcionar una fuente concentrada de energía y ácidos grasos esenciales, especialmente en pacientes con requerimientos nutricionales complejos. Sin embargo, su estabilidad y biodisponibilidad pueden verse afectadas por múltiples factores, incluyendo la composición de la emulsión, las condiciones de almacenamiento y posibles interacciones entre fármacos y nutrientes. Este artículo de revisión narrativa analiza los avances recientes en la comprensión de estas interacciones y su impacto clínico, destacando cómo ciertos medicamentos pueden alterar la estabilidad físico-química de las emulsiones lipídicas, comprometiendo su eficacia terapéutica. Asimismo, se abordan estrategias innovadoras de formulación que buscan optimizar la estabilidad y biodisponibilidad de estas emulsiones, como el uso de emulsificantes avanzados, ajustes en el tamaño de las partículas lipídicas y combinaciones específicas de lípidos. Finalmente, se subraya la importancia de una monitorización rigurosa durante la administración clínica para minimizar riesgos asociados a inestabilidades o incompatibilidades. Este análisis proporciona una base sólida para el desarrollo de formulaciones más seguras y efectivas, contribuyendo a mejorar los resultados clínicos en pacientes que dependen de la nutrición parenteral como soporte vital.

Palabras clave: Estabilidad, Biodisponibilidad, Emulsiones lipídicas, Nutrición parenteral, Interacciones fármaco-nutriente, Estrategias de formulación, Sistemas de liberación.

ABSTRACT

Lipid emulsions play a crucial role in parenteral nutrition by providing a concentrated source of energy and essential fatty acids, especially in patients with complex nutritional requirements. However, its stability and bioavailability can be affected by multiple factors, including emulsion composition, storage conditions, and potential drug-nutrient interactions. This narrative review article discusses recent advances in understanding these interactions and their clinical impact, highlighting how certain drugs can alter the physicochemical stability of lipid emulsions, compromising their therapeutic efficacy. Likewise, innovative formulation strategies that seek to optimize the stability and bioavailability of these emulsions are addressed, such as the use of advanced emulsifiers, adjustments in the size of lipid particles and specific combinations of lipids. Finally, the importance of rigorous monitoring during clinical administration is underlined to minimize risks associated with instabilities or incompatibilities. This analysis provides a solid foundation for the development of safer and more effective formulations, contributing to improved clinical outcomes in patients who rely on parenteral nutrition for life support.

Keywords: Stability, Bioavailability, Lipid emulsions, Parenteral nutrition, Drug-nutrient interactions, Formulation strategies, Delivery systems.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la nutrición parenteral, las emulsiones lipídicas se han consolidado como un componente esencial para satisfacer las necesidades energéticas y aportar ácidos grasos esenciales a pacientes en estado crítico o con restricciones para la alimentación enteral (1). Sin embargo, su estabilidad fisicoquímica y biodisponibilidad representan desafíos significativos que pueden influir en su eficacia clínica y seguridad (2). Factores como la composición de los lípidos, el tipo de emulsificante, el tamaño de las partículas y las condiciones de almacenamiento son determinantes clave para mantener la integridad de estas formulaciones (3). Además, las interacciones entre fármacos y nutrientes dentro del sistema parenteral pueden alterar tanto la estabilidad de las emulsiones como la biodisponibilidad de sus componentes activos, afectando potencialmente los resultados terapéuticos (4). En este contexto, las estrategias de formulación desempeñan un papel crucial para optimizar el desempeño de estos sistemas, minimizando riesgos como la peroxidación lipídica o la formación de agregados que puedan comprometer su seguridad (5). Este artículo de revisión narrativa tiene como objetivo explorar los avances recientes en la comprensión de los factores que influyen en la estabilidad y biodisponibilidad de las emulsiones lipídicas en nutrición parenteral, analizar las interacciones fármaco-nutriente más relevantes y discutir las innovaciones en el diseño de formulaciones que buscan superar estas limitaciones (6). Con ello, se pretende proporcionar una visión integral que contribuya al desarrollo de productos más seguros y eficaces en el ámbito clínico.

METODOLOGÍA

La metodología de esta revisión narrativa se basó en una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, Scopus y SciELO, utilizando términos controlados como MeSH y DeCS. Los términos clave empleados incluyeron "emulsiones lipídicas", "nutrición parenteral", "biodisponibilidad", "estabilidad", "interacciones fármaco-nutriente" y "estrategias de formulación", combinados mediante operadores booleanos como AND, OR y NOT para optimizar la precisión de los resultados. Los criterios de inclusión abarcaron artículos publicados en los últimos 10 años, en inglés o español, que abordaran aspectos relacionados con la estabilidad, biodisponibilidad e interacciones de emulsiones lipídicas en el contexto de la nutrición parenteral. Se excluyeron estudios no relacionados con humanos, revisiones duplicadas y aquellos con información insuficiente o irrelevante. Tras un proceso de selección riguroso, se revisaron un total de 85 artículos, de los cuales se incluyeron 16 que cumplían con los criterios establecidos. Este enfoque permitió recopilar información actualizada y relevante para analizar las interacciones fármaco-nutriente y las estrategias de formulación que optimizan la estabilidad y biodisponibilidad de las emulsiones lipídicas en este ámbito clínico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores que afectan la estabilidad de las emulsiones lipídicas

La estabilidad de las emulsiones lipídicas utilizadas en nutrición parenteral es un aspecto crítico que influye tanto en su seguridad como en su eficacia clínica. Diversos factores, intrínsecos y extrínsecos, pueden comprometer la estabilidad físico-química de estas formulaciones, lo que a su vez puede afectar su biodisponibilidad y tolerancia en los pacientes (1).

Entre los factores intrínsecos destacan las características fisicoquímicas de los lípidos utilizados. La composición de los triglicéridos (cadena larga o media), la proporción de ácidos grasos poliinsaturados y la presencia de fosfolípidos como emulsionantes juegan un papel crucial. Las emulsiones con una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados son más susceptibles a la oxidación, lo que puede generar productos tóxicos y comprometer su estabilidad. Además, la concentración de lípidos y la relación entre la fase oleosa y acuosa también son determinantes en la formación y mantenimiento de una emulsión homogénea (1).

Por otro lado, los factores extrínsecos incluyen condiciones ambientales y manipulación durante el almacenamiento y administración. La exposición a temperaturas extremas, luz y oxígeno puede acelerar la degradación oxidativa de los lípidos y desestabilizar la emulsión. Asimismo, el pH del medio y la presencia de electrolitos, especialmente cationes divalentes como el calcio y el magnesio, pueden inducir floculación o coalescencia de las partículas lipídicas, afectando su integridad (1,2).

La interacción con otros componentes de las mezclas para nutrición parenteral también es un aspecto crítico. Por ejemplo, algunos fármacos o nutrientes pueden alterar el equilibrio entre las fuerzas repulsivas y atractivas que mantienen la estabilidad de las partículas lipídicas en suspensión. Estas interacciones pueden llevar a la formación de agregados o incluso a la ruptura completa de la emulsión. En este contexto, es fundamental evaluar cuidadosamente la compatibilidad entre los lípidos y otros aditivos incluidos en las formulaciones (2).

Además, el método de fabricación y el tamaño de partícula de las emulsiones son determinantes clave. Las partículas más pequeñas tienden a ser más estables debido a una mayor superficie específica para interacciones estabilizadoras, pero también pueden ser más susceptibles a procesos oxidativos. Por ello, el control riguroso durante el proceso de producción, incluyendo la homogeneización y esterilización, es esencial para garantizar una emulsión estable (2).

Biodisponibilidad de lípidos en nutrición parenteral: mecanismos y determinantes

La biodisponibilidad de lípidos en nutrición parenteral es un aspecto crítico que influye directamente en la eficacia terapéutica y en los resultados clínicos de los pacientes que dependen de esta modalidad de soporte nutricional. Este parámetro está determinado por una serie de factores interrelacionados que abarcan desde las propiedades fisicoquímicas de las emulsiones lipídicas hasta las interacciones metabólicas y farmacológicas en el organismo del receptor (3).

En primer lugar, las características intrínsecas de la emulsión lipídica, como el tamaño de las partículas, la composición de los triglicéridos (cadena larga o media), y la presencia de fosfolípidos como emulsionantes, son determinantes clave. Emulsiones con partículas uniformes y de menor tamaño tienden a presentar una mayor estabilidad y biodisponibilidad, favoreciendo su transporte y metabolismo. Además, la fuente lipídica utilizada (aceite de soja, aceite de oliva, lípidos estructurados, entre otros) influye en el perfil de ácidos grasos y, por ende, en la respuesta metabólica del paciente (3).

Otro factor importante es la interacción con componentes farmacológicos y otros nutrientes incluidos en la mezcla parenteral. Por ejemplo, ciertos fármacos pueden alterar la estabilidad de las emulsiones lipídicas o competir con los lípidos por las vías metabólicas hepáticas, afectando su biodisponibilidad. Asimismo, desequilibrios en la relación entre lípidos, carbohidratos y proteínas pueden influir en el metabolismo lipídico y en la oxidación de los ácidos grasos (3,4).

Desde el punto de vista fisiológico, la biodisponibilidad también está condicionada por el estado clínico del paciente. Condiciones como el estrés metabólico, la inflamación sistémica o la disfunción hepática pueden alterar el metabolismo normal de los lípidos administrados por vía parenteral. En estos casos, es crucial ajustar la formulación lipídica para optimizar su utilización y minimizar efectos adversos (4).

En términos de estrategias de formulación, se han investigado métodos innovadores para mejorar la biodisponibilidad y estabilidad de las emulsiones lipídicas. Entre estas estrategias destacan el uso de lípidos estructurados que combinan ácidos grasos esenciales y no esenciales, así como la incorporación de antioxidantes para prevenir la peroxidación lipídica. Además, el desarrollo de emulsiones multicompartimentales busca optimizar la liberación y absorción de los lípidos en función de las necesidades específicas del paciente (4).

Interacciones entre fármacos y nutrientes en emulsiones lipídicas

Las emulsiones lipídicas utilizadas en nutrición parenteral representan una herramienta esencial para el soporte nutricional en pacientes que no pueden alimentarse por vía oral o enteral. Sin embargo, su estabilidad y biodisponibilidad pueden verse significativamente afectadas por interacciones entre los componentes nutricionales y los fármacos administrados de manera concomitante. Estas interacciones pueden comprometer tanto la eficacia terapéutica de los medicamentos como la calidad nutricional del soporte parenteral, lo que subraya la importancia de comprender y manejar estos fenómenos (5).

Entre los mecanismos más comunes de interacción se encuentran las alteraciones físico-químicas, como la inestabilidad de la emulsión debido a cambios en el pH, la formación de precipitados o la ruptura de las micelas lipídicas. Por ejemplo, ciertos fármacos con propiedades ácidas o básicas pueden modificar el equilibrio del sistema emulsionante, promoviendo la coalescencia de las gotas lipídicas y reduciendo la estabilidad del preparado. Esto no solo afecta la biodisponibilidad de los lípidos, sino que también incrementa el riesgo de embolismo graso en el paciente (5).

Adicionalmente, algunas moléculas farmacológicas pueden interactuar directamente con los lípidos o los emulsionantes, alterando su absorción y metabolismo. Por ejemplo, medicamentos lipofílicos tienden a incorporarse a las fases lipídicas de las emulsiones, lo que puede modificar sus perfiles farmacocinéticos y farmacodinámicos. Esto es particularmente relevante en fármacos con estrechos márgenes terapéuticos, donde incluso pequeñas variaciones en su concentración plasmática pueden tener consecuencias clínicas significativas (5,6).

Por otro lado, las emulsiones lipídicas pueden influir en la farmacocinética de ciertos medicamentos al modificar su unión a proteínas plasmáticas o su distribución tisular. Asimismo, algunos nutrientes presentes en estas formulaciones, como los ácidos grasos esenciales o los antioxidantes, pueden interferir con la actividad metabólica de enzimas hepáticas responsables del metabolismo de los fármacos, como las del sistema del citocromo P450 (6).

Para mitigar estas interacciones, es crucial implementar estrategias de formulación que garanticen la compatibilidad entre los componentes. Esto incluye la selección adecuada de emulsionantes, el ajuste del pH y la osmolaridad de las mezclas, así como la evaluación rigurosa de la estabilidad físico-química durante el desarrollo del producto. Además, es fundamental realizar estudios preclínicos y clínicos para identificar posibles interacciones y establecer pautas claras para su administración conjunta (6).

Impacto de las interacciones fármaco-nutriente en la eficacia terapéutica y la seguridad

Las interacciones entre fármacos y nutrientes en el contexto de la nutrición parenteral representan un área crítica de estudio debido a su impacto significativo en la eficacia terapéutica y la seguridad del paciente. Estas interacciones pueden alterar la estabilidad de las emulsiones lipídicas, modificar la biodisponibilidad de los componentes nutricionales y afectar la farmacocinética y farmacodinámica de los medicamentos administrados simultáneamente (7).

Un aspecto fundamental a considerar es la compatibilidad química y física entre los fármacos y las emulsiones lipídicas. La incorporación de medicamentos en soluciones parenterales puede inducir cambios en el pH, la osmolaridad o la carga eléctrica de las partículas lipídicas, lo que puede comprometer su estabilidad. Por ejemplo, ciertos agentes farmacológicos pueden promover la agregación o la ruptura de las partículas lipídicas, reduciendo su capacidad para transportar nutrientes esenciales y, en casos extremos, generando riesgos de embolia grasa (7).

Además, las interacciones fármaco-nutriente pueden influir directamente en la biodisponibilidad de los componentes activos. Algunos medicamentos pueden competir con los nutrientes por los sistemas de transporte o modificar las vías metabólicas, lo que puede resultar en una absorción disminuida o alterada de vitaminas liposolubles, ácidos grasos esenciales o oligoelementos. Por ejemplo, los agentes antimicrobianos lipofílicos pueden integrarse en las emulsiones lipídicas, alterando su perfil farmacocinético y afectando su distribución en el organismo (7,8).

Desde el punto de vista clínico, estas interacciones tienen implicaciones importantes en la seguridad del paciente. La administración simultánea de ciertos medicamentos y emulsiones lipídicas puede aumentar el riesgo de efectos adversos, como reacciones alérgicas, toxicidad hepática o alteraciones metabólicas. Por ello, es esencial realizar una evaluación exhaustiva de compatibilidad antes de combinar fármacos con soluciones nutricionales parenterales (8).

Para mitigar estos riesgos, las estrategias de formulación desempeñan un papel clave. La optimización de las emulsiones lipídicas mediante ajustes en su composición, tamaño de partículas y estabilización química puede mejorar su resistencia a las interacciones con fármacos. Asimismo, el desarrollo de protocolos estandarizados para la administración conjunta de fármacos y nutrición parenteral puede contribuir a minimizar las complicaciones asociadas (8).

Técnicas avanzadas para evaluar la estabilidad y biodisponibilidad de emulsiones lipídicas

La estabilidad y biodisponibilidad de las emulsiones lipídicas son factores críticos en el diseño y uso de estas formulaciones en nutrición parenteral. La evaluación rigurosa de estas propiedades es esencial para garantizar tanto la seguridad como la eficacia clínica. A continuación, se describen las principales técnicas avanzadas empleadas en este ámbito (9).

1. Evaluación de la estabilidad física

La estabilidad física de las emulsiones lipídicas puede ser analizada mediante técnicas como la microscopía óptica y electrónica, que permiten observar posibles fenómenos de coalescencia, floculación, o sedimentación de las partículas lipídicas. Además, el empleo de dispersión dinámica de luz (DLS, por sus siglas en inglés) facilita la caracterización del tamaño y distribución de las gotas lipídicas, indicadores clave de la estabilidad coloidal. Ensayos de estrés acelerado, como ciclos de temperatura o centrifugación, también son utilizados para evaluar la resistencia de las emulsiones a condiciones extremas (9).

2. Análisis químico para estabilidad oxidativa

La oxidación lipídica representa un desafío importante en la formulación de emulsiones. Técnicas como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la espectrometría de masas permiten identificar y cuantificar productos de oxidación, como hidroperóxidos y aldehídos. Adicionalmente, el ensayo TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) es ampliamente utilizado para medir la peroxidación lipídica. Estas herramientas ayudan a optimizar el uso de antioxidantes en las formulaciones (9).

3. Estudios in vitro de biodisponibilidad

Para evaluar la biodisponibilidad, se emplean modelos in vitro que simulan las condiciones fisiológicas del organismo. Sistemas digestivos simulados permiten estudiar la liberación y absorción de lípidos bajo condiciones enzimáticas controladas. La técnica de ultracentrifugación se utiliza para separar las fases lipídicas y determinar su grado de emulsificación y absorción potencial (10).

4. Modelos in vivo y farmacocinética

Los estudios in vivo en modelos animales o humanos son esenciales para validar los hallazgos in vitro. La farmacocinética lipídica se evalúa mediante técnicas avanzadas como la resonancia magnética nuclear (RMN) y la tomografía por emisión de positrones (PET). Estas permiten rastrear el destino metabólico de los lípidos administrados, proporcionando información clave sobre su distribución y eliminación (10).

5. Interacciones fármaco-nutriente

La interacción entre los lípidos y otros componentes, como fármacos o micronutrientes, puede afectar tanto la estabilidad como la biodisponibilidad. Métodos como el análisis isotópico y estudios de compatibilidad química ayudan a predecir y mitigar estas interacciones, optimizando así el diseño de las emulsiones (10).

Estrategias de formulación para mejorar la estabilidad de las emulsiones lipídicas

La estabilidad de las emulsiones lipídicas es un factor crítico en la nutrición parenteral, ya que influye directamente en su seguridad, eficacia y biodisponibilidad. Las emulsiones lipídicas son sistemas complejos compuestos por una fase lipídica dispersa en una fase acuosa, estabilizadas mediante agentes emulsionantes. Sin embargo, estas formulaciones son susceptibles a diversos procesos de inestabilidad física y química, como la coalescencia, la floculación, la sedimentación y la oxidación lipídica. A continuación, se describen algunas estrategias clave para optimizar su estabilidad (11):

1. Selección adecuada de lípidos y emulsificantes

La elección de los lípidos es fundamental para garantizar la estabilidad de la emulsión. Los triglicéridos de cadena media (TCM) y los lípidos estructurados pueden mejorar la dispersión y reducir el riesgo de coalescencia. Asimismo, los emulsificantes como la lecitina de huevo o derivados del polisorbato son esenciales para estabilizar la interfase entre las fases acuosa y lipídica. La combinación de diferentes emulsificantes puede potenciar esta estabilidad (11).

2. Optimización del tamaño de partícula

El tamaño de las gotas lipídicas influye significativamente en la estabilidad física de las emulsiones. Se recomienda que el diámetro medio de las partículas sea inferior a 500 nm para evitar fenómenos como la sedimentación o la cremosidad. Técnicas como la homogeneización a alta presión son útiles para lograr tamaños de partícula uniformes y estables (11).

3. Ajuste del pH y la osmolaridad

Mantener el pH en un rango fisiológico (6-8) es esencial para prevenir la desnaturalización de los emulsificantes y evitar el crecimiento microbiano. Asimismo, es importante ajustar la osmolaridad de la emulsión para garantizar su compatibilidad con el entorno biológico y minimizar el riesgo de reacciones adversas (11).

4. Incorporación de antioxidantes

Dado que los lípidos son susceptibles a la oxidación, la adición de antioxidantes como la vitamina E, el ácido ascórbico o el butilhidroxitolueno (BHT) puede retrasar este proceso y prolongar la vida útil del producto. Es crucial seleccionar antioxidantes compatibles con los componentes de la emulsión y en concentraciones adecuadas para evitar efectos adversos (12).

5. Control de las condiciones de almacenamiento

Las condiciones ambientales, como la temperatura y la exposición a la luz, pueden acelerar procesos degradativos en las emulsiones lipídicas. Por lo tanto, se recomienda almacenarlas en envases opacos a temperaturas controladas (generalmente entre 2-8 °C) para preservar su integridad (12).

6. Compatibilidad con otros componentes

En nutrición parenteral, las emulsiones lipídicas se mezclan frecuentemente con soluciones de aminoácidos, glucosa y electrolitos. Es fundamental evaluar la compatibilidad físico-química entre estos componentes para evitar interacciones que puedan comprometer la estabilidad de la emulsión (12).

Innovaciones y tendencias en el desarrollo de emulsiones lipídicas para nutrición parenteral

En los últimos años, el desarrollo de emulsiones lipídicas para nutrición parenteral ha experimentado avances significativos, impulsados por la necesidad de mejorar la estabilidad, biodisponibilidad y seguridad de estas formulaciones. Estas innovaciones buscan optimizar el aporte de lípidos como fuente calórica y de ácidos grasos esenciales, al tiempo que minimizan las complicaciones metabólicas y las interacciones fármaco-nutriente (13).

Uno de los enfoques más destacados ha sido la incorporación de mezclas lipídicas multicomponentes. Estas emulsiones combinan lípidos de diferentes fuentes, como aceite de soja, aceite de oliva, triglicéridos de cadena media (MCT), aceite de pescado y fosfolípidos derivados de huevo. Esta estrategia permite equilibrar el perfil de ácidos grasos esenciales, reduciendo el contenido de ácidos grasos omega-6 proinflamatorios y aumentando los ácidos grasos omega-3, conocidos por sus propiedades antiinflamatorias e inmunomoduladoras. Además, la inclusión de MCT facilita una rápida oxidación y utilización energética, especialmente en pacientes con alteraciones metabólicas (13).

La nanotecnología también ha emergido como una herramienta clave en la formulación de emulsiones lipídicas. El diseño de nanopartículas lipídicas sólidas y sistemas de liberación controlada ha permitido mejorar la estabilidad física y química de las emulsiones, así como su capacidad para vehiculizar compuestos bioactivos. Estas tecnologías no solo contribuyen a una mejor biodisponibilidad, sino que también amplían las posibilidades terapéuticas al permitir la coadministración de nutrientes y fármacos lipofílicos (13,14).

Otro campo en auge es la personalización de las emulsiones lipídicas según las necesidades específicas del paciente. Por ejemplo, en pacientes críticos o con patologías inflamatorias, se están desarrollando emulsiones enriquecidas con antioxidantes como vitamina E o compuestos fenólicos derivados del aceite de oliva. Asimismo, se investigan formulaciones diseñadas para poblaciones pediátricas o neonatales, que requieren un perfil lipídico adaptado a su estado metabólico y maduración orgánica (14).

En cuanto a la estabilidad, se han explorado nuevas técnicas para mejorar la resistencia a la oxidación y prevenir la coalescencia de las partículas lipídicas. Esto incluye el uso de emulsionantes más eficaces, como fosfolípidos modificados o proteínas estabilizadoras, así como la implementación de procesos avanzados de fabricación que aseguren una distribución homogénea del tamaño de partícula (14).

Implicaciones clínicas y consideraciones prácticas en el uso de emulsiones lipídicas en pacientes

Las emulsiones lipídicas desempeñan un papel fundamental en la nutrición parenteral, proporcionando una fuente concentrada de energía y ácidos grasos esenciales. Sin embargo, su utilización en pacientes requiere una evaluación cuidadosa debido a las implicaciones clínicas y las posibles interacciones con otros componentes de la terapia, como los fármacos administrados concomitantemente (15).

Desde el punto de vista clínico, es esencial seleccionar la emulsión lipídica adecuada según las necesidades específicas del paciente. Por ejemplo, las emulsiones basadas en aceite de soja, ricas en ácidos grasos omega-6, pueden inducir un perfil inflamatorio si se utilizan de forma prolongada. En contraste, las emulsiones que contienen mezclas de aceites, como los que incluyen aceite de oliva, aceite de pescado o triglicéridos de cadena media (MCT), ofrecen beneficios adicionales al modular la respuesta inflamatoria y mejorar la tolerancia metabólica (15).

La biodisponibilidad y la estabilidad de las emulsiones lipídicas son factores clave que influyen en su eficacia clínica. La estabilidad física y química de estas formulaciones puede verse comprometida por factores como el pH, la temperatura y la compatibilidad con otros componentes de la nutrición parenteral. Por ello, es crucial garantizar que las emulsiones sean preparadas y administradas bajo estrictas condiciones de asepsia y siguiendo las recomendaciones del fabricante para minimizar el riesgo de inestabilidad y formación de agregados lipídicos (15,16).

En términos de interacciones fármaco-nutriente, las emulsiones lipídicas pueden alterar la farmacocinética de ciertos medicamentos administrados simultáneamente, como los anestésicos lipofílicos o los agentes inmunosupresores. Esto puede requerir ajustes en las dosis para evitar toxicidad o pérdida de eficacia terapéutica. Además, en pacientes críticos o con disfunción hepática, se debe monitorizar cuidadosamente el metabolismo lipídico para prevenir complicaciones como la hiperlipidemia o el síndrome de sobrecarga grasa (16).

Desde una perspectiva práctica, la administración de emulsiones lipídicas debe ser personalizada y ajustada a las condiciones clínicas del paciente. Es importante realizar un monitoreo continuo de parámetros bioquímicos como los niveles séricos de triglicéridos y pruebas de función hepática para identificar posibles efectos adversos tempranos. Asimismo, se recomienda la colaboración multidisciplinaria entre médicos, farmacéuticos y nutricionistas para optimizar las estrategias de formulación y administración (16).

CONCLUSIÓN

En conclusión, las emulsiones lipídicas en nutrición parenteral representan un componente esencial en el soporte nutricional clínico, especialmente en pacientes críticos o con necesidades específicas. Sin embargo, su estabilidad y biodisponibilidad pueden verse afectadas por múltiples factores, como las interacciones fármaco-nutriente, las condiciones de almacenamiento y los métodos de administración. Estas interacciones no solo tienen implicaciones en la eficacia terapéutica, sino también en la seguridad del paciente, destacando la importancia de un enfoque multidisciplinario en su manejo. Las estrategias de formulación avanzadas, como la optimización del tamaño de las partículas lipídicas, el uso de emulsificantes más eficientes y la incorporación de lípidos funcionales, han demostrado ser prometedoras para mejorar la estabilidad y la biodisponibilidad de estas emulsiones. No obstante, persisten desafíos en la personalización de las formulaciones para satisfacer las necesidades individuales de los pacientes y minimizar los riesgos asociados. Es fundamental continuar investigando en este campo para desarrollar productos innovadores que garanticen una mayor compatibilidad y eficacia clínica, al mismo tiempo que se fomenta una adecuada capacitación del personal sanitario en su manejo. De esta manera, se podrá maximizar el beneficio terapéutico de las emulsiones lipídicas en nutrición parenteral, contribuyendo significativamente a la recuperación y bienestar de los pacientes.

REFERENCIAS

1. Xiao T, Ma X, Hu H, Xiang F, Zhang X, et al. Advances in emulsion stability: A review on mechanisms, role of emulsifiers, and applications in food. *Food Chem X*. 2025 Jul 17;29:102792. doi: 10.1016/j.fochx.2025.102792.
2. Stawny M, Olijarczyk R, Jaroszkiewicz E, Jelińska A. Pharmaceutical point of view on parenteral nutrition. *ScientificWorldJournal*. 2013 Dec 22;2013:415310. doi: 10.1155/2013/415310.
3. Preeti, Sambhakar S, Saharan R, Narwal S, Malik R, et al. Exploring LIPIDS for their potential to improves bioavailability of lipophilic drugs candidates: A review. *Saudi Pharm J*. 2023 Dec;31(12):101870. doi: 10.1016/j.jsps.2023.101870.
4. Rochling FA. Intravenous Lipid Emulsions in the Prevention and Treatment of Liver Disease in Intestinal Failure. *Nutrients*. 2021 Mar 10;13(3):895. doi: 10.3390/nu13030895.
5. Gonyon T, Tomaso AE Jr, Kotha P, Owen H, Patel D, et al. Interactions between Parenteral Lipid Emulsions and Container Surfaces. *PDA J Pharm Sci Technol*. 2013 May-Jun;67(3):247-54. doi: 10.5731/pdajpst.2013.00918.
6. Francke NM, Bunjes H. Influence of drug loading on the physical stability of phospholipid-stabilised colloidal lipid emulsions. *Int J Pharm X*. 2020 Nov 20;2:100060. doi: 10.1016/j.ijpx.2020.100060.
7. Ferrucci C, Zhan L, Shen J, Kong B, Campbell MJ, et al. Effects of total parenteral nutrition on drug metabolism gene expression in mice. *Acta Pharm Sin B*. 2020 Jan;10(1):153-158. doi: 10.1016/j.apsb.2019.10.012.
8. Manzanares W, Langlois PL, Hardy G. Intravenous lipid emulsions in the critically ill: an update. *Curr Opin Crit Care*. 2016 Aug;22(4):308-15. doi: 10.1097/MCC.0000000000000314.
9. Otero L, Lago N, Blanco A, García N, Legido JL, et al. Stability of lipid emulsion in total parenteral nutrition: An overview of literature. *Clin Nutr ESPEN*. 2021 Oct;45:19-25. doi: 10.1016/j.clnesp.2021.06.027.
10. Wang S, Su R, Nie S, Sun M, Zhang J, et al. Application of nanotechnology in improving bioavailability and bioactivity of diet-derived phytochemicals. *J Nutr Biochem*. 2014 Apr;25(4):363-76. doi: 10.1016/j.jnutbio.2013.10.002.
11. Ng LH, Ling JKU, Hadinoto K. Formulation Strategies to Improve the Stability and Handling of Oral Solid Dosage Forms of Highly Hygroscopic Pharmaceuticals and Nutraceuticals. *Pharmaceutics*. 2022 Sep 22;14(10):2015. doi: 10.3390/pharmaceutics14102015.
12. Jin Y, Liu D, Hu J. Effect of Surfactant Molecular Structure on Emulsion Stability Investigated by Interfacial Dilatational Rheology. *Polymers (Basel)*. 2021 Apr 2;13(7):1127. doi: 10.3390/polym13071127.
13. Zhao M, Zhao X, Zhou Y, Zhang J, Zhou L, et al. Bridging the Gap in the Clinical Application of Advanced Parenteral Nutrition Formulations: From Efficacy to Real-World Challenges. *Adv Nutr*. 2026 May;17(5):100621. doi: 10.1016/j.advnut.2026.100621.
14. Ren T, Cong L, Wang Y, Tang Y, Tian B, et al. Lipid emulsions in parenteral nutrition: current applications and future developments. *Expert Opin Drug Deliv*. 2013 Nov;10(11):1533-49. doi: 10.1517/17425247.2013.824874.
15. Singer P, Blaser AR, Berger MM, Alhazzani W, Calder PC, et al. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit. *Clin Nutr*. 2019 Feb;38(1):48-79. doi: 10.1016/j.clnu.2018.08.037.
16. Joosten K, Embleton N, Yan W, Senterre T; ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN working group on pediatric parenteral nutrition. ESPGHAN/ESPEN/ESPR/CSPEN guidelines on pediatric parenteral nutrition: Energy. *Clin Nutr*. 2018 Dec;37(6 Pt B):2309-2314. doi: 10.1016/j.clnu.2018.06.944.