

Bombas de infusión y lesión celular en glóbulos rojos en la terapia transfusional: revisión integradora de la literatura¹

Ana Maria Miranda Martins Wilson²
Maria Angélica Sorgini Peterlini³
Mavilde da Luz Gonçalves Pedreira³

Objetivos: identificar en la literatura la producción científica acerca de los efectos de la bomba de transfusión en la administración de glóbulos rojos y evaluar las implicaciones del uso de esos equipos en la práctica transfusional de enfermería. Método: revisión integradora de literatura en las bases de datos Pubmed/Medline, Scopus, Biblioteca Virtual en Salud, SciELO, Web of Science y Cochrane, utilizando los descriptores "bombas de infusión", "transfusión de sangre", "transfusión de eritrocitos" y "hemólisis". La fecha inicial no fue delimitada y la final fue en diciembre de 2014. Fueron identificados 17 artículos de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión. Resultados: todas las publicaciones incluidas eran estudios experimentales in vitro y abordaban el uso de bombas de infusión en la terapéutica transfusional. La síntesis de los datos se presenta en un cuadro sinóptico y el análisis generó dos categorías relevantes: lesión celular y mecanismo de transfusión. Conclusión: las bombas de infusión pueden ser perjudiciales para los glóbulos rojos de acuerdo el mecanismo de transfusión, siendo que las peristálticas lineares fueron más predisponentes para la hemólisis. La lesión celular fue relacionada a la liberación plasmática de marcadores, predominando la hemoglobina libre y el potasio. Se reitera la necesidad de realizar investigaciones adicionales e inversiones tecnológicas que puedan orientar el desarrollo de protocolos que promuevan la práctica segura y que ayuden a futuros estudios clínicos.

Descriptores: Enfermería; Bombas de Infusión; Eritrocitos; Hemólisis.

¹ Artículo parte de la disertación de maestría "Marcadores de hemólise de concentrados de hemácias administrados por bombas de infusão peristálticas lineares", presentada a la Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Apoyo financiero de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, proceso nº 2012/25284-9 y de la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil.

² MSc, RN, Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

³ PhD, Profesor Asociado, Escola Paulista de Enfermagem, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Cómo citar este artículo

Wilson AMMM, Peterlini MAS, Pedreira MLG. Infusion pumps and red blood cell damage in transfusion therapy: an integrative revision of the academic literature. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2016;24:e2763. [Access  ]; Available in: . DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1518-8345.1155.2763>.  mes  día

año URL

Introducción

La transfusión sanguínea es una tecnología terapéutica frecuentemente presente en la práctica clínica, en los más diversos establecimientos de asistencia a la salud. Aproximadamente 85 millones de transfusiones de sangre son realizadas anualmente en el mundo, siendo que 15 millones ocurren en los Estados Unidos EUA⁽¹⁾. En Brasil, en 2014 fueron realizadas 3.127.957 transfusiones, en las cuales el concentrado de glóbulos rojos (CGR) fue el hemocomponente más empleado, alcanzando 57,98% de las transfusiones en ambulatorios y hospitales en el país⁽²⁾.

La indicación de transfusión de CGR es clínica y de laboratorio; de acuerdo con niveles de hemoglobina y hematocrito, así como de las señales y síntomas presentados por los pacientes^(1,3).

La implementación de la terapéutica transfusional requiere integración de esfuerzos del equipo multidisciplinario desde la captación del donador, recolección, procesamiento, control de calidad, distribución, prescripción de la terapia, administración en el receptor y monitorización de las respuestas clínicas⁽³⁻⁴⁾. El enfermero es un profesional relevante en ese proceso y, de acuerdo con la Resolución del Consejo Federal de Enfermería (COFEN) nº 306/2006, que normaliza la actuación del enfermero en hemoterapia, se trata del profesional capacitado para planificar, ejecutar, coordinar, supervisar y asistir al paciente durante la terapia transfusional⁽⁵⁾.

Para la administración de hemocomponentes, la enfermería cuenta con distintos dispositivos de transfusión disponibles en el mercado, los que presentan diferencias en lo que se refiere a los métodos de control de calidad, precio, presentación y recomendación de uso. En la práctica transfusional nacional, la administración del producto sanguíneo es predominantemente realizada por medio de equipo gravitacional, con sistema de control manual del flujo^(4,6).

Las bombas de infusión (BI) son equipos que regulan el flujo de líquidos administrados bajo presión positiva al paciente y son utilizadas en la terapia intravenosa en diversos ambientes de asistencia a la salud⁽⁷⁻⁸⁾. Actualmente, las BI vienen siendo gradualmente inseridas en el mercado con finalidades de transfusión.

En lo que se refiere al control del flujo, las BI pueden ser clasificadas en volumétrica, flujo métrica y de jeringa. El equipo volumétrico es aquel que controla el líquido a ser transfundido en volumen por unidad de tiempo, por medio de programación de la tasa de flujo, por el operador, excepto en el caso de bombas de

jeringa. Flujo métrico o gota a gota es aquel en que la tasa de flujo también es controlada por el operador, sin embargo el control del volumen transfundido es realizado por medio del conteo de gotas por unidad de tiempo mediante un sensor electrónico. Los equipos de jeringa son aquellos en que el volumen administrado al paciente es almacenado por medio de una o más jeringas, y el embolo de la jeringa es empujado por un pistón móvil controlado por el equipo; la selección de la tasa de flujo es hecha por el operador y es indicada en volumen por unidad de tiempo en el equipo. Exceptuando las BI de jeringa, los demás equipos actúan esencialmente por mecanismo peristáltico y de pistón⁽⁷⁻⁸⁾.

El mecanismo peristáltico consiste en la transfusión del líquido por medio del aplastamiento de una parte del equipo por donde pasa el líquido y puede ser ejecutado por dos métodos: peristáltico linear y rotación; estos se distinguen en el tipo de movimiento ejercido sobre el equipo en movimientos ondulatorios y de compresión en placa linear o polea giratoria, respectivamente, resultando en que el líquido es impulsado del frasco reservatorio con solución a ser transfundida a través de la red venosa del paciente⁽⁷⁻⁸⁾.

El mecanismo de pistón/casete consiste en la transfusión por medio de accionamiento de pistones. Esos equipos poseen cámaras generalmente localizadas en el medio de los equipos. El pistón, una vez accionado, se mueve para dentro y para fuera de cilindros contenidos en las cámaras; el movimiento interno impulsa el líquido en la dirección del paciente, en cuanto el externo extrae el líquido del frasco reservatorio para llenar la cámara. Adicionalmente, pueden existir diafragmas montados sobre pistones móviles inseridos en la cámara. El motor transmite un movimiento a los pistones que entran y salen de los reservatorios, comprimiendo las membranas diafragmáticas de silicona, que ejecutan el llenado y el vaciado. Cuando los pistones entran, el líquido es impulsado en dirección al paciente y, cuando el pistón sale, ocurre la aspiración de líquido del recipiente que lo contiene, llenando nuevamente los reservatorios de la cámara⁽⁷⁻⁸⁾.

A pesar de que existen numerosas ventajas para la seguridad del paciente con el uso de BI en la terapia intravenosa, como alarmas, control del volumen transfundido y tiempo adecuado para la administración, todavía existen dudas sobre su uso en la terapia transfusional, debido al desconocimiento de la acción de los mecanismos de transfusión de las bombas sobre los glóbulos rojos, que podrían causar hemólisis⁽⁹⁻¹⁰⁾.

Pacientes transfundidos con CGR hemolizados, además de recibir niveles menores de hemoglobina

funcional, pueden presentar efectos perjudiciales para el organismo por la presencia de biomarcadores liberados en la vigencia de la hemólisis⁽⁹⁻¹⁰⁾. De ese modo, la pregunta orientadora de este estudio fue: ¿Transfundir glóbulos rojos utilizando BI puede ocasionar lesión celular y hemólisis?

Objetivos

Identificar, en la literatura, la producción científica sobre los efectos de la bomba de transfusión en la administración de glóbulos rojos y evaluar las implicaciones del uso de esos equipos en la práctica transfusional de enfermería.

Material y método

Se trata de un estudio de revisión integradora de la literatura, con recolección de datos realizada a partir de fuentes secundarias, por medio de levantamiento bibliográfico y análisis de los datos sistematizados.

Para esto, fueron recorridas seis etapas: 1) identificación del tema y selección de la hipótesis o pregunta de investigación; 2) establecimiento de criterios para inclusión y exclusión de estudios, así como la búsqueda en la literatura; 3) definición de las informaciones a ser extraídas de las investigaciones seleccionadas; 4) categorización y evaluación de los estudios incluidos; 5) interpretación de los resultados; y 6) síntesis del conocimiento evidenciado⁽¹¹⁻¹³⁾.

La revisión integradora es considerada un método de investigación que permite traer evidencias científicas para la práctica clínica, posibilitando la inclusión de estudios con diferentes diseños, dando oportunidad para investigar, evaluar críticamente y sintetizar las evidencias encontradas acerca del tema propuesto⁽¹¹⁻¹³⁾.

Para la selección de los artículos, fueron utilizados los siguientes portales y/o bases de datos: *U.S. National Library of Medicine* (PUBMED), Biblioteca Virtual en Salud (BVS), SciELO, *The Cochrane Library* (Cochrane), SCOPUS e *ISI Web of Science*. Para la base de datos SciELO, los descriptores fueron investigados en el formulario básico.

Para la búsqueda de evidencias que respondiesen a la pregunta de la investigación, fueron seleccionados "infusion pumps", "blood transfusion", "erythrocyte transfusion" y "hemolysis" en los Descriptores en Ciencias de la Salud (DECS) y en el *Medical Subject Headings Section* (MESH), combinados por medio de los operadores booleanos AND y OR.

La búsqueda contempló todos los artículos publicados hasta el 31 de diciembre de 2014. Los criterios para inclusión de las publicaciones fueron: 1) artículos publicados en portugués, inglés y español; 2) artículos completos que retratasen el uso de BI en la terapéutica transfusional; y 3) cualquier diseño de estudio. Los criterios de exclusión fueron: 1) opinión de especialistas, capítulos de libros, revisión de literatura, patentes y editoriales; 2) artículos que describiesen la lesión celular en equipos de circulación extracorpórea; y 3) asistencia circulatoria con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO).

Las estrategias adoptadas para la localización de los artículos fueron adaptadas de acuerdo con la base de datos, debido a las características específicas para acceder a cada base, teniendo como eje orientador la pregunta de investigación y los criterios de inclusión de la revisión integradora previamente definidos. La Figura 1 presenta la estrategia de búsqueda adoptada en la base de datos PubMed, la cual fue adaptada para las demás bases analizadas.

Número de la búsqueda	Descriptor	Operador booleano
#1	"Blood transfusion" [MeSH Terms] "Erythrocyte transfusion" [MeSH Terms]	OR
#2	"Infusion pumps" [MeSH Terms] "Hemolysis" [MeSH Terms]	AND
#3	"Infusion pumps" [MeSH Terms] AND #1	AND
#4	#1 AND #2	AND
#5	#2 OR #3	OR

Figura 1 - Estrategia de búsqueda en la base de datos Pubmed – Sao Paulo, 2014

Procedimiento de recolección de datos

Inicialmente, los estudios fueron analizados por título y resumen para confirmar la presencia de los criterios de inclusión. La etapa siguiente fue el análisis de los datos con la lectura completa de los

textos seleccionados y con la finalidad de evaluar la pertinencia de los trabajos a la respuesta del problema de investigación. Las publicaciones no disponibles con el texto completo fueron solicitadas a través del *comut/SCAD*. El formulario de recolección de datos

elaborado por las propias investigadoras fue adaptado para los objetivos de la investigación, el que contenía los siguientes ítems: identificación del artículo original, características metodológicas, evaluación del rigor metodológico, intervenciones y principales resultados encontrados.

Los resultados fueron presentados de forma descriptiva, permitiendo que el lector evalúe la aplicabilidad de la revisión integradora elaborada, suministrando informaciones para la toma de decisiones en la práctica clínica transfusional, así

como la identificación de vacíos del conocimiento, para el desarrollo y perfeccionamiento de futuras investigaciones.

Procedimiento para análisis de los datos

De las seis bases de datos incluidas en el estudio, se obtuvo un total de 566 artículos; de esos, 511 no se encuadraban en los criterios de inclusión y en los objetivos propuestos, así quedaron 55 artículos. De ese total, 38 fueron eliminados por ser repetidos en las bases de datos, restando al final 17 artículos (Figura 2).

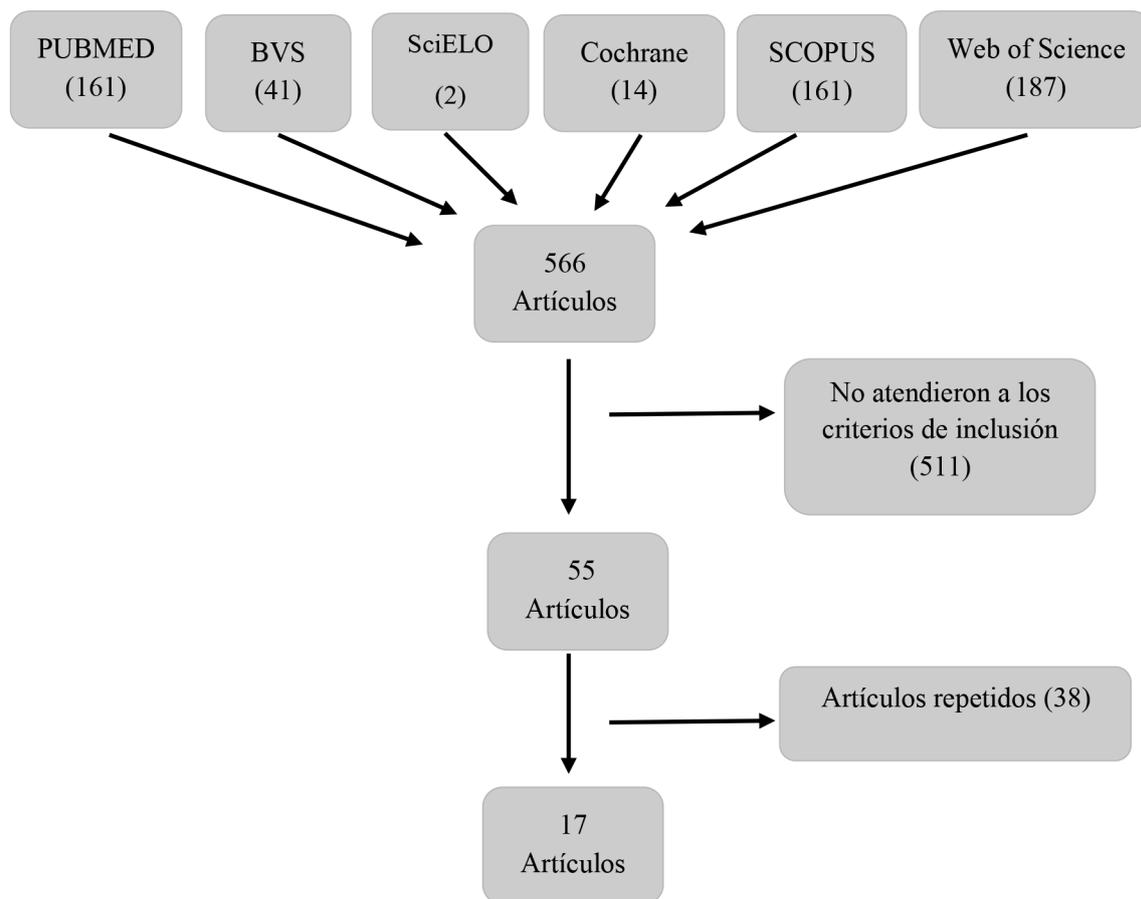


Figura 2 - Diagrama de flujo de la selección de los artículos por base de datos

Todos los estudios incluidos eran de diseño experimental *in vitro*, no siendo realizada la clasificación en niveles de evidencia, por ser considerados estudios preclínicos.

Posteriormente, los trabajos fueron analizados y agrupados por similitud de contenido, considerando la forma de dos categorías para análisis: mecanismos de las BI y lesión celular.

La presentación de los resultados, de los datos obtenidos, fue hecha de forma descriptiva en un cuadro sinóptico conteniendo datos referentes a la autoría, objetivo del estudio, tipo de estudio, resultado,

conclusión e implicaciones en la práctica transfusional de enfermería. Este último asunto está compuesto de puntos relevantes sintetizados a partir del análisis de cada artículo concerniente al uso de las bombas de infusión en la práctica transfusional de enfermería, ya que, en algunos escenarios de práctica existe la implementación de esos dispositivos en transfusiones sanguíneas.

Resultados

En los 17 artículos encontrados, fue predominante el idioma inglés con 15 (88,2%) artículos, seguido del

español con uno (5,9%) y uno en portugués (5,9%). En lo que se refiere al local de realización de los estudios, 10 (58,9%) de ellos fueron producidos en los Estados Unidos, uno (5,9%) en Inglaterra y los seis (35,2%) restantes en Brasil, España, Australia, Dinamarca, Holanda y Suiza. Entre los estudios seleccionados, el más antiguo es del año de 1981 y el más reciente de 2011.

Con relación al diseño de los 17 estudios seleccionados, todos eran experimentales con simulación

de los procedimientos en laboratorio. En lo que se refiere a las categorías incluidas, en los mecanismos de transfusión, fueron analizadas las peculiaridades en relación a la transfusión sanguínea y a la probabilidad de ocurrir lesión celular por la acción de la fuerza mecánica de los equipos. En la categoría lesión celular, se agruparon variables relacionadas a hemocomponentes y marcadores de lesión celular.

En la Figura 3, se presenta la síntesis de los estudios identificados e incluidos en la presente revisión integradora y sus principales resultados.

Autores/local/año	Objetivo	Diseño del estudio	Muestra e intervenciones	Resultados y Conclusión	Implicaciones en la práctica transfusional de enfermería
Wilcox GJ, Barnes A, Modanlou H. California,EUA,1980(14)	Evaluar hemólisis en sistema de transfusión de jeringa y catéter de aguja de 25G*, de acuerdo con el flujo y almacenamiento.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> 1617 unidades de CGR† en alícuotas de 15 ml[‡]. Velocidades de transfusión: 70; 20,5 y 10,6 mL/h[§] Períodos de almacenamiento 2 y 9 días. Variables de resultado: Hblibre y potasio. 	Hemólisis significativa en unidades con 9 días de recolección en solución de CPDA-1* y con la velocidad de transfusión de 10,6 ml/h [§]	Sistema de transfusión usualmente utilizado en neonatología y pediatría. Enfatizada selección de CGR con menor plazo de almacenamiento para prevención de hemólisis.
Herrera AJ, Corless J.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	1617 unidades de CGR† en alícuotas de 15 ml [‡] .	36 unidades de ST†† y 24 CGR, ambos con 24 horas de recolección. <ul style="list-style-type: none"> Velocidades: 20,50 y 100 mL/h en los diferentes calibres de catéter conectados a la línea final de transfusión. 24 CGR evaluados solamente en flujo de 20 y 50 mL/h. Variables de resultado: Hb libre. 	No fue encontrada hemólisis entre las muestras de control y experimentales, inclusive en alto flujo y pequeño calibre de catéter para resultados de hemólisis.	Sistema de transfusión evaluado como un todo, englobando las variables: catéter, flujo y equipo. Importancia de la evaluación aislada de cada variable en la implementación de la terapia.
Veerman MK, Leff RD, Roberts RJ. Iowa, EUA, 1985(17)	Evaluar hemólisis en BI volumétrica de pistón.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	2 BI de pistón. <ul style="list-style-type: none"> CGR y ST con 2 a 3 días de recolección, en solución de CPDA-1 en 5 flujos. Total de 20 análisis experimentales. Velocidades de transfusión evaluadas: 5, 10, 25, 50 y 100 mL/h. Calibre del catéter: 22G. Variable de resultado: Hb libre y porcentaje de hemólisis. 	Encontrados resultados hemolíticos sin embargo debajo de lo recomendado para el último día (35°) de recolección. Concluyen que la hemólisis presentada fue insignificante.	La BI de pistón es considerada segura por los autores, con variaciones pequeñas dentro de los estándares de control de calidad.
Thompson HW, Lasky LC, Polesky HF. Minnesota, EUA, 1986(18)	Evaluar hemólisis en dos BI volumétrica de pistón.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	10 unidades de CGR almacenadas en CPDA-1 por 35 días. <ul style="list-style-type: none"> Flujos evaluados fueron de 300 a 850 mL/h Las muestras de la bolsa fueron obtenidas por aspiración por medio de aguja calibre 19G Variables de resultado: Hb libre, fragilidad osmótica y potasio. 	Resultados hemolíticos no estadísticamente significativos. Hb libre aumentó en las dos BI, asociándose a mayor flujo y plazo final de almacenamiento.	A pesar de que la hemólisis no fue significativa, se enfatiza la evaluación crítica del flujo y período de almacenamiento del hemocomponente para implementación de la terapéutica prescrita.

(la Figura 1 continúa en la próxima pantalla)

Autores/local/año	Objetivo	Diseño del estudio	Muestra e intervenciones	Resultados y Conclusión	Implicaciones en la práctica transfusional de enfermería
Angel JA, O'Brien WF, Knuppl RA, Warren MB, Leparc GF Florida, EUA, 1987 ⁽¹⁹⁾	Determinar hemolisis en CGR transfundidos por vía intrauterina, evaluando la tasa de transfusión, calibre del catéter y la BI	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Dos alícuotas de 100 ml de CGR en solución de CPDA-1. • Almacenamiento: 7 días, irradiadas a 2.500 rads±±. • Flujos de 60-360 ml/h, transfundidos por agujas espinales de calibre 20 o 22 G, de 8 a 9 cm de largo. • Variables de resultado: conteo de eritrocitos, hematocrito y Hb libre. 	Grado de hemolisis mayor en calibres de aguja menores y en valores más altos de hematocrito de la bolsa. Flujo no resultó en hemolisis significativa.	La transfusión intrauterina es procedimiento destinada a fetos de alto riesgo. Para prevenir hemolisis, se recomienda que infusiones rápidas deban ser realizadas con menor valor de hematocrito y mayor calibre de la aguja.
Gurdak RG, Anderson G, Minz PD. Virginia, EUA, 1988 ⁽²⁰⁾	Determinar hemolisis en BI peristáltica lineal.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 unidades de CGR en plazo próximo de expiración en solución preservativa adenina-salina. • Flujos de 70 mL/he 999 mL/h. • Calibre de las agujas: 16, 19 y 23 G. Calibre del catéter vascular: 18G. • Presión límite de la BI: 499 mmHg±±. • Variables de resultado: conteo de eritrocitos, volumen corpuscular medio, hematocrito, larga distribución de células rojas en la sangre, Hb libre, potasio y LDH^{II}. 	Hb libre con aumento en el calibre de 18G y 70 mL/h, sin significación estadística. Hemólisis encontrada, pero no clínicamente significativa (menor que 0,8%).	Simulación de peor escenario de almacenamiento, siendo que BI considerada segura a partir de evaluación de grado de hemolisis de significación clínica, a pesar de alteración significativa de los valores en relación a las muestras de control. Variaciones de presión de transfusión del equipo en altas tasas de transfusión.
Denison M, Bell PU, Schuldreich R, Chaudri MA. Melbourne, Australia, 1991 ⁽²¹⁾	Evaluar hemolisis en cuatro BI: 1- diafragmática; 2- peristáltica lineal; 3- jeringa; 4- diafragmática con flujo de 100 mL/h.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 4 unidades de CGR con almacenamiento menor que 24 horas. • Experimento realizado con control gravitacional. • Variables de resultado: Hb libre y hemoglobina total. 	Hb libre en las BI de jeringa y diafragmática alteraron, sin significación estadística. Daño celular significativa después de la transfusión por BI lineares.	Mecanismos de pistón diafragmático considerados más seguros para la transfusión. Lesión celular presente en el llenado manual de las recargas de jeringa por la presión durante la aspiración. Hemólisis en BI peristáltica.
Strayer AH, Henry DW, Erenberg A, Leff RD Kansas, EUA, 1991 ⁽²²⁾	Determinar la acción de la BI de pistón en la integridad de las células rojas.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 unidades de CGR† y ST, en solución de CPDA-1. • Glóbulos rojos con 35 a 36 días de recolección. • Flujo: 250 mL/h. • Calibre de la aguja/catéter: 18 G. • Variable de resultado: Hb libre. 	No hubo aumento significativo de Hb libre en los dos grupos de hemocomponentes. BI de pistón no afecta integridad de los eritrocitos.	BI considerada segura para la práctica transfusional para ambos hemocomponentes con flujo que simula escenario de transfusión rápida.
Burch KJ, Fhels SJ, Constance TD, Tennessee, EUA, 1991 ⁽²³⁾	Evaluar efecto de la BI peristáltica lineal en la integridad de los glóbulos rojos.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 38 muestras de CGR y ST • Períodos de almacenamiento: 72 horas y 72 horas después de su fecha de validez. • Velocidades de transfusión: 999 mL/h, 100 mL/h, 50 mL/h y 5 mL/h. • En la velocidad de transfusión de 50, 100 y 999 mL/h almacenamiento con solución de SAG-M^{III} y las de 5mL/h almacenadas en CPDA-1, esa última mimetizó la clínica neonatal. • Variables de resultado: Hb libre en el plasma y potasio libre en el plasma. 	Glóbulos rojos en el menor plazo de recolección con potasio y Hb libre estadísticamente menores que en el grupo con plazo mayor. En 18 de las 20 unidades de ST con 72 horas de recolección, Hb libre tuvo aumento de hasta 100%, con resultados dentro de los estándares de calidad. Concluyen que la BI en estudio es apta para transfusión.	Énfasis en el tiempo de almacenamiento y en la evaluación de la solución preservativa con nivel mayor de potasio en CPDA-1 y en plazos mayores de almacenamiento.

(la Figura 1 continúa en la próxima pantalla)

Autores/local/año	Objetivo	Diseño del estudio	Muestra e intervenciones	Resultados y Conclusión	Implicaciones en la práctica transfusional de enfermería
Criss VR, DePalma L, Luban NLC. Washington DC, EUA, 1993 ⁽²⁴⁾	Evaluar el efecto de la BI peristáltica lineal en la integridad de células en diferentes flujos de transfusión.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 24 CGR† en solución CPDA-1. • 6 grupos de experimento de acuerdo con manipulación de los glóbulos rojos (lavados, irradiados o filtrados) y velocidad de transfusión. • Variables de resultado: Hb, hematocrito, conteo de eritrocitos, Hb libre, LDH, potasio, alanina aminotransferasa y Aspartato Aminotransferasa. 	Hb libre, potasio y LDH fueron mayores en el grupo de glóbulos rojos lavados e irradiados. LDH se alteró significativamente en los glóbulos rojos manipulados, pero sin relevancia clínica. Se recomienda asociación de filtro de leucorreducción para mayor seguridad.	Manipulación previa del hemocomponente como factor de riesgo para lesión celular. Importancia de nuevos estudios con esos subproductos de los glóbulos rojos para definición de parámetros de evaluación para práctica.
Hansen TG, Sprogøe-Jacobsen U, Pedersen CM, Skovgaard Olsen K, RisomKristensen, S Escandinavía, Dinamarca, 1998 ⁽²⁵⁾	Evaluar hemolisis en mecanismo peristáltico rotatorio y sistema de presión de transfusión.	<i>Estudio experimental in vitro aleatorio</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Total de 30 CGR. • Intervención 1: 20 unidades con ocho a 11 días de recolección • Intervención 2: diez unidades con 25 a 33 días de recolección. • Variables de resultado: porcentaje de hemolisis, Hb libre, hematocrito, potasio y LDH. 	Intervención 1 no hubo diferencia entre los sistemas de transfusión, LDH se alteró marginalmente. Intervención 2, Hb libre, potasio, LDH y hematocrito aumentaron significativamente en relación al experimento 1. Se concluye que no hubo hemolisis significativa y los equipos son alternativas seguras para transfusiones rápidas.	Importancia de la evaluación de variables de los equipos como presión de transfusión y oclusión para prevención de lesión celular. Equipo de rotación alcanzó flujos mayores que el sistema de presión, que posee presión constante de 300 mmHg.
Rojas JT et al Granada, España, 2001 ⁽²⁶⁾	Determinar hemolisis en BI volumétrica peristáltica y volumétrica de pistón.	<i>Estudio experimental controlado in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 55 transfusiones con total de 110 medidas de biomarcadores. • Recolectadas muestras de control de muestras experimentales después de 2 horas y 30 minutos. • CGR† con promedio de 14, 38 días de recolección, con mayor hemolisis a partir del percentil 75. • Variables de resultado: Hb libre, hematocrito, potasio y LDH. 	Aumento del potasio asociado a la vía, existencia de otras infusiones, mayores flujos, almacenamiento y hematocrito mayor. LDH demostró diferencia estadística en la BI de pistón, en menor calibre, con concomitancia de otras infusiones y sangre más antigua. Se concluye que la BI peristáltica y la de pistón pueden ser utilizadas por enfermeros.	Las BI fueron consideradas seguras, pero antes de implementar terapéutica, es fundamental la evaluación de aspectos inherentes a los hemocomponentes (almacenamiento), a los dispositivos de transfusión (tasa de flujo, presiones y catéteres) y consideración de biomarcadores adicionales, como LDH y potasio.
Frey B, Eber S, Weiss M, Zürich, Suiza, 2003 ⁽²⁷⁾	Evaluar el efecto de las BI de jeringa, peristáltica lineal y volumétrica con mecanismo Shuttle en la integridad de los glóbulos rojos.	Estudio experimental controlado <i>in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 8 unidades de CGR en solución de CPDA-1 con 50 ml cada. • Todas las unidades fueron leucorreducidas. • 2 grupos de almacenamiento: 27 días, las jóvenes y 43 a 51 días, las más viejas. • Flujo fue de 20mL/h y la duración de la transfusión fue de 2,5 horas, simulando transfusión en neonatos. Al final de la línea de transfusión de las 3 bombas fue conectado un catéter de 24G y se simuló presión venosa de 15 mmHg. • Variables de resultado: Hb, volumen corpuscular medio, fragilidad osmótica, LDH, potasio, bilirrubina total y Hb libre. 	Mayor potasio, Hb libre fragilidad osmótica y volumen corpuscular medio en periodos mayores de almacenamiento. BI de jeringa y peristáltica presentaron mayores niveles de Hb libre y LDH que la Shuttle. Se concluye que la BI volumétrica Shuttle causa menor hemolisis.	Estudio mimetizó transfusión en neonatos. Las alteraciones observadas fueron significativas e influenciadas por el plazo de almacenamiento y tipo de BI, siendo mecanismo Shuttle considerado seguro.

(la Figura 1 continúa en la próxima pantalla)

Autores/local/año	Objetivo	Diseño del estudio	Muestra e intervenciones	Resultados y Conclusión	Implicaciones en la práctica transfusional de enfermería
Carvalho EB, Borges EL, Carlos LMB et al Ceará, Brasil, 2007(28)	Evaluar hemólisis en BI peristáltica rotatoria y dos peristálticas lineares (volumétrica y flujo métrica)	<i>Estudio experimental controlado in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> 36 CGR con menos de diez días de recolección. Velocidades de transfusión analizadas: V1 =120 mL/h; V2=240 mL/h; V3=360 mL/h. Variables de resultado: Hb libre, porcentaje de hemólisis y potasio. 	No hubo hemólisis estadísticamente significativa entre las BI. Equipos indicados como seguros a la práctica transfusional.	Mecanismos considerados seguros para transfusión. Solución de SAG- M reduce el hematocrito final. Hemocomponentes con hematocrito previo más alto son más propensos a la lesión celular durante la transfusión.
Parfitt HS, Davies SV, Tighe, P, Ewings P, Inglaterra, 2007(29)	celular en dos BI de mecanismo peristáltico lineal.	<i>Estudio experimental controlado in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> Seis CGR en alícuotas almacenadas con SAG-M. CGR† con 9, 28 y 35 días de recolección. Flujos: 40 mL/h transfundidas en 4 horas simulando práctica pediátrica y 150 mL/h transfundidos en 2 horas simulando la práctica en adultos. Realizadas pruebas gravitacionales como control. Variables de resultado: potasio y Hb libre. 	El potasio y Hb libre aumentaron a cada período de almacenamiento. Los flujos no tuvieron influencia en la hemólisis. Se concluye que B tiene potencial hemolítico principalmente en CGR con mayor tiempo de almacenamiento.	Utilizada sangre en alícuotas sin evaluación de la bolsa original y hemocomponente. Período de almacenamiento mayor con mayor presencia de hemólisis.
Lieshout-Krikk RW, Van der Meer PF, Koopman MMW, Korte D. Amsterdam, Holanda, 2011(30)	Investigar hemólisis en BI peristáltica lineal volumétrica.	<i>Estudio experimental controlado in vitro</i>	<ul style="list-style-type: none"> Diez BI peristálticas lineares. 11 unidades de CGR almacenadas en CPDA-1. Con 30 a 35 días de almacenamiento. 10 transfundidos por BI y 1 gravitacional. Flujos de la BI:100 mL/he 300 mL/h. Variables de resultado: Hb libre, conteo de glóbulos rojos, Hb total, morfología de los glóbulos, potasio libre, y conexión de la anexina A5 en los glóbulos. 	No hubo hemólisis en los flujos de 100 mL/he 300 mL/h. BI peristálticas lineares recomendadas para transfusión sanguínea.	Mecanismo peristáltico considerado seguro para transfusión inclusive en peor escenario de almacenamiento.

Figura 3 - Síntesis de los estudios analizados referente a la autoría, objetivo del estudio, tipo de estudio, resultado y conclusión e implicaciones para la práctica de enfermería.

* Gauge; † Concentrados de glóbulo rojo; ± Mililitros; § Mililitros por hora; || Hemoglobina; ¶ Citrato fosfato dextrosa adenina; ** Bombas de infusión; ++ Sangre total; ±±Dosis de radiación absorbida; §§Milímetros de mercurio; ||| Lactato deshidrogenasa; ¶¶ Salina-adenina-glucosa-*manitol*.

Mecanismo de las bombas de infusión

Entre los 17 estudios seleccionados, fueron identificados 40 tipos de sistemas de transfusión utilizados en la terapéutica transfusional, siendo 39 (97,5%) BI y 01 (2,5%) sistema de presión. Algunos trabajos optaron por analizar apenas un mecanismo de transfusión aisladamente o de fabricantes diferentes, en cuanto otros evaluaron la diferencia entre los mecanismos.

Los estudios contemplaron BI volumétricas, flujo métricas y de jeringa, siendo que en un estudio no se describió el tipo de equipo. De las 39 BI descritas,

predominaron las volumétricas, con un total de 32 (82,0%), las de jeringa fueron cinco (12,8%) y flujo métricas, dos (5,2%).

De la totalidad de las bombas descritas, los mecanismos de transfusión encontrados fueron: cinco (12,8%) de jeringa, nueve (23,1%) de pistón, 22 (56,4%) peristálticas lineares y dos (5,1%) rotatorias y una (2,6%) con mecanismo *Shuttle*.

En lo que se refiere al mecanismo de transfusión, el peristáltico lineal fue el que más predispone a la hemólisis, siendo citado como posible predictor de eventos hemolíticos por 10 (76,9%) publicaciones de las 13 que estudiaron la actuación de BI peristálticas

lineares. Los otros trabajos afirmaron que la BI considerada más segura para la terapéutica transfusional fue la volumétrica de pistón, apuntada en seis estudios, con resultados considerados seguros para la transfusión sanguínea en 4 (66,7%) de ellos.

En lo que se refiere al flujo de transfusión, los mismos fueron simulados de acuerdo con la práctica clínica transfusional, tanto pediátrica, neonatal, como en la de adultos. Las velocidades de transfusión variaron de cinco mililitros por hora (mL/h) a 999 mL/h.

En relación a la presión de transfusión, dos estudios (11,8%) la determinaron, siendo uno con dispositivo de presión inflable, cuyo manómetro era acoplable y el otro como presión máxima alcanzada en la BI peristáltica linear^(20,25).

Lesión celular

Del total de los 17 estudios, el hemocomponente que predominó fue el CGR en 10 de ellos (58,8%), uno (5,9%) que utilizó solamente la sangre total (ST) y seis (35,3%) evaluaron los dos productos sanguíneos en sus experimentos.

En relación a la solución conservante, ocho (47,1%) utilizaban la solución de citrato fosfato dextros y adenina (CPDA-1); cuatro (23,5%), soluciones aditivas a base de manitol, cuatro (23,5%) no especificaron la solución conservante utilizada y uno (5,9%) analizó muestras de las dos soluciones. Ninguna publicación enfocó la temática de la propensión a efectos hemolíticos de acuerdo con la solución conservante; apenas en dos (11,8%) de ellas, sugirieron que las soluciones aditivas disminuyen el hematocrito final de la bolsa, disminuyendo la viscosidad del hemocomponente.

En lo que se refiere al tiempo de almacenamiento de los hemocomponentes, se observa que el período de almacenamiento de los glóbulos rojos varió de 24 horas a 44 días y en ocho estudios (47,1%) hubo descripción de hemolisis significativa cuando los glóbulos rojos estaban en plazo final de expiración^(16,18,26-27,29).

Cuando existe hemolisis es liberada hemoglobina en el plasma, y aumenta el potasio y deshidrogenasa láctica (LDH), entre otros biomarcadores. En los artículos seleccionados, la integridad de las células fue analizada por variables de resultado como las siguientes: hemoglobina libre, hematocrito, potasio, LDH, porcentaje de hemolisis, distribución grande de células rojas en la sangre, volumen corpuscular medio, conteo de eritrocitos, alanina aminotransferasa y aspartato aminotransferasa, siendo que el biomarcador presente en todas las publicaciones fue la hemoglobina libre. El potasio fue el segundo marcador de hemolisis más prevalente, descrito en 11 (64,7%) de los estudios

incluidos, entre estos, nueve (53,0%) relacionaron el aumento del potasio al mayor plazo de almacenamiento del producto hemoterapéutico.

En lo que se refiere al establecimiento de hemolisis como resultado de la acción del sistema de transfusión en las células, éste fue contemplado en 10 (58,9%) artículos. Cuatro publicaciones (23,5%) encontraron alteraciones estadísticamente significativas en las variables de resultado, entretanto, optaron por determinar la presencia de hemolisis clínicamente significativa por valor de grado de hemolisis arriba de 0,8%^(18,20,25,28).

Ninguna publicación abordó aspectos o consecuencias clínicas de la lesión celular y de la liberación de biomarcadores al paciente.

Discusión

Los estudios seleccionados en la literatura demostraron que las alteraciones en la integridad de los eritrocitos pueden ocurrir cuando CGR y ST son transfundidos por BI, tanto por la acción del mecanismo de transfusión, como por variables relacionadas a los equipos, por ejemplo, el flujo.

Es importante destacar que todas las evidencias encontradas son estudios realizados con simulación de la práctica en laboratorio, no siendo realizados con seres humanos, denominados como preclínicos. Una publicación que discute la clasificación de niveles de evidencia de las investigaciones científicas en escala de I a VIII, en que en el nivel I están las revisiones sistemáticas y metanálisis como mejor evidencia, refiere que los estudios preclínicos con animales de experimentación y en *in vitro* están en la escala VIII⁽³¹⁾. Entre tanto, son consideradas como evidencias fundamentales para elaboración de hipótesis a ser evaluadas e implementadas en futuros estudios clínicos.

Inclusive con un nivel más bajo de evidencia de los estudios *in vitro*, se pudo evaluar, en la presente investigación, el rigor metodológico de las publicaciones a partir del diseño del estudio, siendo que 16 (94,1%) engloban evaluaciones controladas y 01 (5,9%) trataban de estudio controlado aleatorio.

La lesión celular del glóbulo rojo en la presencia de hemolisis extravascular puede tener consecuencias clínicas perjudiciales para el paciente, ya que además de ser detectados niveles menores de hemoglobina funcional, puede desencadenar un grave comprometimiento de la función renal, con cuadro clínico de hemoglobinemia, hemoglobinuria y hasta el desarrollo de insuficiencia renal aguda. Como complemento, ocurre alteración de sustancias indicativas de hemolisis como LDH, haptoglobina y el potasio^(9-10,32).

El potasio libre en el plasma puede ocasionar eventos adversos al paciente, como arritmias y hasta la muerte súbita. Otros estudios correlacionaron el aumento del nivel de potasio con el aumento del tiempo de almacenamiento y de la solución preservadora presente en la bolsa⁽³³⁻³⁵⁾. Algunas evidencias apuntaron a la ocurrencia de hipercalemia y hasta de parada cardíaca, cuando sometidos a transfusión con CGR en mayor plazo de almacenamiento⁽³³⁻³⁵⁾. Las concentraciones de potasio en la sangre almacenado aumentan cerca de 1miliequivalente (mEq) por día⁽⁹⁾. No obstante, ninguna de las publicaciones seleccionadas abordó las consecuencias clínicas de la lesión celular al paciente, principalmente por tratarse de estudios *in vitro*. A pesar de eso, colocaron gran énfasis en las alteraciones de los biomarcadores como consecuencia de lesión celular y hemolisis.

Actualmente, agencias nacionales, europeas y norteamericanas establecen el grado de hemolisis máximo de 0,8% en el último día de almacenamiento, siendo que ese análisis es obligatorio en el control de calidad de los bancos de sangre⁽³⁶⁾. En algunos de los estudios incluidos, la opción de los autores fue designar la hemolisis por alteración de los marcadores después de los experimentos, en cuanto otros adoptaron el valor de referencia de grado de hemolisis de 0.8% para hemolisis de relevancia clínica. El valor determinado para control de calidad de los CGR en los bancos de sangre, en Brasil, es definido por la Resolución del Directorio Colegiado (RDC) n° 34, de 11 de junio de 2014, en la cual lo aceptable de hemolisis es de, como máximo, 0,8% en el último día de plazo de almacenamiento, alrededor del 35° día en soluciones conservadas con CPDA-1⁽³⁷⁾.

Otro punto abordado como factor de lesión al glóbulo rojo fue el tiempo de almacenamiento de la ST y el CGR. Fueron señaladas en algunas investigaciones que glóbulos rojos con plazo máximo de expiración son más frágiles y pueden estar más predispuestos a efectos hemolíticos. Las soluciones comúnmente utilizadas de CPDA-1 conservan los CGR por 35 días y las soluciones aditivas preservan los glóbulos rojos por 42 días. Algunas publicaciones sugieren que la solución preservativa salina-adenina-glucosa-*manitol*(SAG-M) reduce el hematocrito final del hemocomponentes, entretanto, investigaciones adicionales deben enfocar las diferencias entre las soluciones preservadoras, hematocrito y otros hemocomponentes, tales como glóbulos rojos leucorreducidos, lavados e irradiados^(19,28).

En los artículos, el mecanismo peristáltico lineal fue el que más predispone a la hemolisis; lo fue evaluado en 13 estudios de la presente revisión, siendo que apenas 03 (23,1%) lo consideraron como

mecanismo seguro para la práctica transfusional. Las BI flujo métricas encontradas en dos publicaciones no son actualmente recomendadas para terapia intravenosa, ya que necesitan de sensor electrónico de conteo de gotas para la precisión del volumen administrado, eso sin considerar la viscosidad, densidad, tensión superficial y temperatura de la solución, que son determinantes importantes en la formación de la gota⁽⁶⁾.

El mecanismo volumétrico de pistón es un equipo con eficiencia y excelencia comprobadas en la terapia intravenosa, por tener menor interferencia de las fuerzas mecánicas de la BI sobre el fluido a ser administrado. En los artículos incluidos en la presente revisión, fue designado como mecanismo de transfusión seguro para transfusiones sanguíneas^(6,17,21-22,26).

Una revisión de literatura realizada en Inglaterra, con la finalidad de evaluar si la transfusión era adecuada en la realidad local, determinó que el evento hemolisis es de causa multifactorial asociada al aumento del hematocrito y al tiempo de almacenamiento del hemocomponente y a la presión ejercida sobre los glóbulos rojos⁽⁹⁾. Se enfatiza que los fabricantes deben estar atentos a la norma internacional de la *International Organization for Standardization (ISO) 1135-4*⁽³⁸⁾, que determina el nivel máximo de presión de transfusión de 40 kilo pascal (kPa)^(9,25,38). Ninguna publicación incluida determinó el valor de la presión de transfusión del equipo como posible factor que predispone a la lesión celular, apenas describió que existieron variaciones de la presión en el equipo en altos flujos de transfusión⁽²⁰⁾. Aspectos relacionados a los accesorios de transfusión como catéteres fueron descritos y evaluados solamente en conjunto con el sistema de transfusión, con resultados no conclusivos y contradictorios.

Las BI volumétricas peristálticas lineares son las más prevalentes en las unidades de asistencia a la salud en el país; poseen ventajas comparables al mecanismo de pistón, como alarmas similares, demás los accesorios de transfusión son menos caros⁽⁶⁾. Estudios controlados más dirigidos a los equipos de mecanismo peristáltico lineal deben ser desarrollados, para que sean establecidas estandarizaciones para su uso, como: investigaciones con determinaciones de presiones de transfusión y oclusión; definición de escenarios de *worst case*; flujos que mimeticen la práctica transfusional; control de temperatura durante el procedimiento; y, amplio análisis de biomarcadores de evaluación de hemolisis que ya son un consenso en la literatura.

Se destaca la importancia de la institución de protocolos en los bancos de sangre y en las unidades asistenciales que tengan por objetivo garantizar la seguridad en el proceso transfusional y prevención de eventos adversos. Alternativas que orienten la seguridad

del proceso contemplan: protocolos de doble chequeo de los datos del hemocomponente y del individuo receptor; análisis de la seguridad de los equipos y dispositivos disponibles para transfusión en la institución; perfeccionamiento de la tecnología; e inspección visual de las bolsas, ya que a pesar de evidencias incipientes y no conclusivas, la verificación visual puede ser un factor adjunto a la detección de hemolisis⁽³⁹⁾.

Algunas acciones del equipo multiprofesional son necesarias para implementación de la terapia transfusional, tales como: prescripción del producto sanguíneo, planificación de la instalación de la terapia, selección del catéter y de los accesorios de transfusión adecuados, obtención de la vía de acceso, técnica de instalación, monitorización de las respuestas del paciente, control de la transfusión (tiempo, volumen y reacciones adversas), prevención de complicaciones, y monitorización constante de la transfusión. En el equipo, el enfermero es el profesional que evalúa e implementa la terapia intravenosa, debiendo seleccionar los materiales adecuados para el paciente y tratamiento⁽⁵⁾. En las publicaciones incluidas en este estudio, fueron encontrados relatos de mayor predisposición para hemolisis en catéteres de menor calibre, principalmente con mayores flujos, debido a la turbulencia acentuada de la sangre a través de calibres menores. Entretanto, todos los investigadores evaluaron el sistema de transfusión como el conjunto de la BI con el catéter y no solamente la acción del catéter aisladamente^(8,18,26).

La tecnología es aliada y utilizada cotidianamente en la práctica de la enfermería. El progreso relacionado al uso de BI en la terapia intravenosa permite mayor seguridad y eficacia en el proceso, por medio de recursos que facilitan y perfeccionan las acciones del enfermero, como control del volumen, tiempo de transfusión, memoria de infusiones anteriores y establecimiento de presiones de transfusión⁽⁴⁾.

La temática sobre la seguridad del paciente es actualmente una importante herramienta en la gestión de los procesos institucionales y ha recibido atención especial en ámbito global. Para promover la política de seguridad, es fundamental que los actores participantes conozcan los aspectos clínicos y técnicos contenidos en una transfusión sanguínea con los menores riesgos. Siendo así, es fundamental la evaluación de las características de: público-objetivo; intervalo etario; aspectos clínicos e indicaciones de los hemocomponentes; variables relacionadas a los dispositivos y equipos (precisión, influencia de la presión hidrostática, tipo de solución, calidad del flujo, sistemas de seguridad); y, finalmente, contrabalancear con los costos derivados.

El desarrollo de protocolos con parámetros de evaluación uniformes y globales y el perfeccionamiento de tecnologías futuras en los equipos con monitorización del proceso, son puntos a ser implantados y agregados a la seguridad de la transfusión. Futuras investigaciones con dispositivos como las BI inteligentes que, por ser informatizadas, alertan al profesional cuando existe la posibilidad de errores o cuando ocurren alteraciones de los estándares de seguridad, deben ser incentivadas. Por ser computadorizadas, son interconectadas con el sistema de la ficha electrónica médica del paciente y con los protocolos institucionales; esas BI presentan dispositivos de configuración ajustados a las necesidades clínicas y generan mayor eficacia del trabajo de la enfermería, por registrar directamente en la ficha electrónica médica el nombre del paciente, la dosis, el horario, el tipo y volumen de fármaco o solución transfundida⁽⁴⁰⁾. A pesar de ser cara, se trata de una tecnología bien desarrollada en los Estados Unidos y países europeos. Estudios futuros sobre el costo-beneficio para implementación en la terapia intravenosa y transfusional deben ser incentivados con la finalidad de mejorar el proceso de trabajo de la enfermería y la seguridad del paciente al borde de su lecho.

Conclusión

Los estudios seleccionados demostraron que las alteraciones en la integridad de los eritrocitos pueden ocurrir cuando el CGR y ST son transfundidos por BI. Entre los diferentes tipos y mecanismos de BI, las más seguras para la práctica transfusional son las volumétricas, de mecanismo de pistón y que el mecanismo más propenso a ocasionar efectos hemolíticos es el peristáltico linear. En lo que se refiere a la variable velocidad de transfusión, inherente a los equipos fue evidenciada divergencia entre los resultados encontrados.

Se observó que el tiempo de almacenamiento del hemocomponente a ser transfundido puede, adicionalmente, influenciar en el aumento de la fragilidad celular, evidenciando que cuanto más próximo está del plazo de expiración del producto sanguíneo, mayor será la predisposición a la hemolisis. La lesión del glóbulo rojo fue evidenciada en las publicaciones a partir de la liberación de biomarcadores, siendo que el más frecuentemente evaluado fue la hemoglobina libre seguido del potasio. El grado de hemolisis, variable evaluada rutinariamente en las agencias transfusionales, fue determinante en algunas publicaciones que optaron por designar la hemolisis a partir del valor de referencia de 0,8%. Ningún estudio enfocó las consecuencias clínicas de la hemolisis extravascular al paciente.

No existieron resultados conclusivos sobre la influencia del calibre de las agujas, catéteres conectados en la línea final de transfusión del equipo sobre la integridad de los glóbulos rojos de la ST y el CGR, habiéndose optado por la evaluación del sistema de transfusión como un todo, por algunas publicaciones.

Las inversiones en investigación y en tecnología para seguridad en la transfusión de eritrocitos por equipos automatizados son de gran relevancia. De ese modo, es fundamental el desarrollo de nuevas investigaciones experimentales que analicen multifactorialmente la hemólisis con el objetivo de crear una base para futuros estudios clínicos que objetiven la promoción de una práctica segura para el paciente.

Limitaciones del estudio

Se optó por la no delimitación de la fecha para la búsqueda de las evidencias, para así abarcar toda la literatura sobre el asunto, siendo que muchas son de fechas más remotas. A pesar de que la temática está relacionada a la tecnología e innovación en la terapéutica transfusional, existe escasez de publicaciones sobre el asunto que sustenten la utilización de BI en la transfusión sanguínea.

Adicionalmente, no fue posible determinar la calidad metodológica de los estudios experimentales *in vitro* que fueron incluidos, por no se encuadrar en el sistema de clasificación de evidencias de los estudios epidemiológicos, siendo considerados preclínicos, optándose apenas por la descripción del rigor del método aplicado.

Referencias

1. Carson JL, Grossman BJ, Kleinman S, Tinmouth AT, Marques MB, Fung MK, et al. Red blood cell transfusion: a clinical practice guideline from the AABB. *Ann Intern Med.* 2012;157:49-58.
2. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral de Sangue e Hemoderivados. Caderno de informação: sangue e hemoderivados: produção hemoterápica. 4 ed, Brasília; 2014
3. Ministério da Saúde (BR). Secretaria de Atenção à Saúde, Coordenação Geral de Sangue e Hemoderivados. Caderno de informação: sangue e hemoderivados: produção hemoterápica. 4ª ed. Brasília; 2011.
4. Philips LD. *Manual of IV Therapeutics: evidence-based practice to infusion therapy.* 5th ed. Philadelphia: F. A. Davis; 2010.
5. Conselho Federal de Enfermagem (BR). Resolução COFEN nº 306/2006. Normatiza a atuação do Enfermeiro em Hemoterapia. Rio de Janeiro; 2006.

6. Harada MJCS, Pedreira MLG. *Terapia Intravenosa e Infusões.* São Caetano do Sul: Yendis; 2011.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *Prescrições particulares para a segurança de bombas e controladores de infusão.* Rio de Janeiro; 1999. 84 p.
8. Emergency Care Research Institute (ECI). General purpose infusion 193 pumps. *Health devices.* 1998;27(4-5):123-70.
9. Nightingale MJ, Norfolk DR, Pinchon DJ. Current uses of transfusion administration sets: a cause for concern? *Transfus Med.* 2010;20(5):291-302.
10. Heaton A. Red blood cell hemolysis: an old standard in changing times. *Transfusion.* 2009;49(12):2551-4.
11. Beyea S, Nicoll LH. Writing an integrative review. *AORN J.* 1998;67(4):877-80.
12. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto Contexto Enferm.* 2008; 17(4):758-64.
13. Whittemore R, Knal K. The integrative review: updated methodology. *J Adv Nurs.* 2005;52(5):546-53.
14. Wilcox GJ, Barnes A, Modanlou H. Does transfusion using a syringe infusion pump and small-gauge needle cause hemolysis? *Transfusion.* 1981;21(6):750-1.
15. Herrera AJ, Corless J. Blood transfusions: effect of speed of infusion and of needle gauge on hemolysis. *J Pediatr.* 1981;99(5):757-8.
16. Gibson JS, Leff RD, Roberts RJ. Effects of intravenous delivery systems on infused red blood cells. *Am J Hosp Pharm.* 1984;41(3):468-72.
17. Veerman MW, Leff RD, Roberts RJ. Influence of two piston-type infusion pumps on hemolysis of infused red blood cells. *Am J Hosp Pharm.* 1985;42(3):626-8.
18. Thompson HW, Lasky LC, Polesky HF. Evaluation of a volumetric intravenous infusion pump for transfusion of blood components containing red cells. *Transfusion.* 1986;26(3):290-2.
19. Angel JL, O'Brien WF, Knuppel RA, Warren MB, Leparo GF. Infusion of packed erythrocytes: an *in vitro* study of hemolysis. *Obstet Gynecol.* 1987;69(6):948-50.
20. Gurdak RG, Anderson G, Mintz PD. Evaluation of IVAC Variable Pressure Volumetric Pump Model 560 for the delivery of red blood cells, adenine-saline added. *Am J Clin Pathol.* 1988;91(2):199-202.
21. Denison MUP, Bell R, Schuldreich R, Chaudhri MA. Effect of different pump mechanisms on transfusion of blood. *Australas Phys Eng Sci Med.* 1991;14(1):39-41.
22. Strayer AH, Henry DW, Erenberg A, Leff RD. Administration of whole blood, packed red blood cells, and platelets using a multipurpose infusion pump. *Am J Hosp Pharm.* 1991;48(9):1970-2.

23. Burch KJ, Phelps SJ, Constance TD. Effect of an infusion device on the integrity of whole blood and packed red blood cells. *Am J Hosp Pharm.* 1991;48(1):92-7.
24. Criss VR, DePalma L, Luban NL. Analysis of a linear peristaltic infusion device for the transfusion of red cells to pediatric patients. *Transfusion.* 1993;33(10):842-4.
25. Hansen TG, Sprogøe-Jakobsen U, Pedersen CM, Olsen KS, Kristensen SR. Haemolysis following rapid experimental red blood cell transfusion: an evaluation of two infusion pumps. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1998;42(1):57-62.
26. Rojas JT, Heras FB, García MRS, López EP, Vilchez MCM, Rodríguez JD. Volumetric pumps for blood transfusions: viability in pediatrics. 2001;24(11):8-12.
27. Frey B, Eber S, Weiss M. Changes in red blood cell integrity related to infusion pumps: a comparison of three different pump mechanisms. *Pediatr Crit Care Med.* 2003;4(4):465-70.
28. Carvalho EB, Borges EL, Carlos LMB, Silva MAM, Magalhães SMM, Gomes FVBAF, et al. Efeito da bomba de infusão de soluções sobre o grau de hemólise em concentrado de hemácias. *Rev Bras Hematol Hemoter.* 2007;29(2):149-52.
29. Parfitt HS, Davies SV, Tighe P, Ewings P. Red cell damage after pumping by two infusion control devices (Arcomed VP 7000 and IVAC 572). *Transfus Med.* 2007;17(4):290-5.
30. Lieshout-Krikke RW, Van der Meer PF, Koopman MMW, Korte DDE. Effect on the quality of blood components after simulated blood transfusions using volumetric infusion pumps. *Transfusion.* 2011;51(8):1835-9.
31. Cook DJ, Guyatt GH, Laupacis A, Sackett DL, Goldberg RJ. Clinical recommendations using levels of evidence for antithrombotic agents. *Chest.* 1995;108(4 Suppl):227S-30
32. Langhi Jr DM, Pereira JPM, Pereira CM. Reações Transfusionais Hemolíticas. In: Bordin JO, Langhi Jr DM, Covas DT. *Hemoterapia: fundamentos e prática.* São Paulo: Atheneu; 2007. p. 437-44.
33. Raza S, Baig Ma, Chang C, Dabas R, Akhtar M, Khan A. A Prospective Study on Red Blood Cell Transfusion Related Hyperkalemia in Critically Ill Patients. *J Clin Med Res.* 2015;7(6):417-21.
34. Vraets A, Lin Y, Callum J. Transfusion-Associated Hyperkalemia. *Transfusion Med Rev.* 2011;25(3):184-96.
35. Smith HM, Farrow SJ, Ackerman JD, Stubbs JR, Sprung J. Cardiac Arrests Associated with Hyperkalemia During Red Blood Cell Transfusion: A Case Series. *Anesth Analg.* 2008;106(4):1062-9.
36. McClelland B. *Guidelines for the Blood Transfusion Services in the United Kingdom.* 7th ed. London: The Stationery Office; 2005.
37. Ministério da Saúde (BR). Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC nº 34, de 11 de junho de 2004. Dispõe sobre as boas práticas no ciclo do sangue. Brasília; 2014.
38. International Electrotechnical Commission (IEC). International Organization for Standardization (ISO) nº 1135-4:2012: Transfusion equipment for medical use - Part 4: Transfusion sets for single use, 2012.
39. Janatpour KA, Paglieroni TG, Crocker VL, Holland PV. Visual assessment of hemolysis in red blood cell units and segments can be deceptive. *Transfusion.* 2004;44(7):984-9.
40. Pedreira MLG, Peterlini MAS, Harada MJCS. Tecnologia da informação e prevenção de erros de medicação em pediatria: prescrição informatizada, código de barras e bombas de infusão inteligentes. *Rev Soc Bras Enferm Ped.* 2005;5(1):55-61.

Recibido: 21.7.2015

Aceptado: 19.1.2016

Correspondencia:

Ana Maria Miranda Martins Wilson
Av. Onze de Julho, 737, Apto. 41
Bairro: Vila Clementino
CEP: 04041-052, São Paulo, SP, Brasil
E-mail: annymartins@yahoo.com.br

Copyright © 2016 Revista Latino-Americana de Enfermagem

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY.

Esta licencia permite a otros distribuir, mezclar, ajustar y construir a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre que le sea reconocida la autoría de la creación original. Esta es la licencia más servicial de las ofrecidas. Recomendada para una máxima difusión y utilización de los materiales sujetos a la licencia.