



TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

Comparación de las diferentes pruebas para diagnosticar falla de inmunidad pasiva en neonatos equinos: Revisión Bibliográfica

Corporación Universitaria Remington.
Facultad de Medicina Veterinaria.
Medicina Veterinaria.

Natalia Ávila Wolf.
Stefany Mejía Solano.
Tutor: Santiago Titiribi Gonzalez
Opción de Trabajo de grado Seminario Diplomado.
2024.

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, pues sin su presencia día a día esta ilusión no habría sido posible, también va dirigido a cada una de las personas que hicieron parte de este arduo proceso e hicieron posible un camino llevadero para adquirir conocimientos. Dedicado a nuestros padres Xiomara Wolf, Carlos Ignacio Ávila y Sandra Solano, que han sido nuestro apoyo durante la carrera, nuestro pilar y razón de seguir adquiriendo conocimientos, pues identificamos y apreciamos todo el esfuerzo que han dedicado para que alcancemos nuestro logro de poder ser Medicas Veterinaria integrales con valores y disciplinas que nos distinguen. También se los dedicamos a nuestros amigos de universidad que a lo largo del camino se convirtieron en amigos de vida Carlos Cordero, Yely Perea y Valentina Rodríguez, que hicieron de esta experiencia algo maravilloso y a los cuales les tenemos una gran admiración; a nuestros amigos de toda la vida Ana Álvarez, Juliana Betancur, Camila Zapata y Sara Rúa que durante el paso por la universidad comprendieron y respetaron el tiempo que dedicábamos a nuestros estudios y que nuestra amistad iba más allá del tiempo que tuviéramos para compartir, por último pero no menos importante, queremos resaltar el nombre de Leidy Ávila y Paulina Orozco a pesar de que hoy no están físicamente sabemos que siempre nos acompañan y se sienten orgullosas de lo que somos hoy en día.

Contenido

Resumen.....	4
¿Cuáles son las pruebas diagnósticas para evaluar la falla de transferencia de inmunidad pasiva?6	
Metodología	8
Sustentación teórica de la pregunta.....	11
Composición y producción del calostro.....	12
Falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP)	14
Definición	14
Causas	15
Diagnóstico de FTIP	16
Tratamiento de FTIP	21
Resultados	26
Discusión.....	30
Conclusiones	34
Referencias.....	35

Resumen

Este trabajo de grado presenta una revisión exhaustiva de los métodos diagnósticos para evaluar la falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) en potros. Se analizan las técnicas más relevantes, incluyendo ELISA, refractometría, inmunodifusión radial, prueba de turbidez en sulfato de zinc y medición de proteínas séricas totales. A través de una revisión bibliográfica actualizada, se comparan estas pruebas en términos de precisión, tiempo de resultados y aplicabilidad en condiciones de campo.

La FTIP es una condición crítica que afecta entre el 10-20% de los potros neonatos, con implicaciones significativas para su salud y supervivencia. En esta especie específicamente es muy importante el consumo de calostro en las primeras horas de vida por la anatomía placentaria de la yegua y el sistema digestivo del potro. El diagnóstico oportuno es fundamental, ya que la FTIP se relaciona estrechamente con el desarrollo de septicemia neonatal, una de las principales causas de mortalidad en esta etapa.

El estudio examina la prevalencia de FTIP en el contexto colombiano, donde se observan tasas del 15-25% en criaderos comerciales, ligeramente superiores al promedio internacional. También se discuten las implicaciones económicas y prácticas de los diferentes métodos diagnósticos, resaltando la necesidad de encontrar un equilibrio entre precisión, rapidez y costo-efectividad.

Además, se abordan estrategias de prevención y tratamiento, como la administración temprana de calostro de alta calidad y la transfusión de plasma hiperinmune. El trabajo destaca la importancia de enfoques personalizados según el contexto clínico y económico, y proporciona recomendaciones adaptadas a las condiciones

de la cría equina en Latinoamérica. En conclusión, esta revisión busca mejorar la comprensión y el manejo de la FTIP en la práctica veterinaria equina.

Palabras claves: inmunoglobulinas, hipogammaglobulinemia, transferencia, calostro

Pregunta orientadora

¿Cuáles son las pruebas diagnósticas para evaluar la falla de transferencia de inmunidad pasiva?

La falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) es una condición crítica que afecta a los potros neonatos, con implicaciones significativas para su salud y supervivencia. Esta revisión bibliográfica se centra en analizar y comparar los diversos métodos diagnósticos disponibles para la detección de FTIP en equinos. La importancia de este estudio radica en la necesidad de contar con herramientas precisas y eficientes para identificar rápidamente esta condición, permitiendo una intervención temprana y mejorando el pronóstico de los potros afectados.

En el contexto de la medicina veterinaria equina, la FTIP representa un desafío importante, con una prevalencia que oscila entre el 10% y el 20% en potros nacidos a término (Liepman et al., 2015). Esta condición no solo aumenta el riesgo de septicemia neonatal, sino que también puede tener efectos a largo plazo en el desarrollo y rendimiento del animal y. Por lo tanto, la evaluación precisa y oportuna de la transferencia de inmunidad pasiva es crucial para el manejo adecuado de los potros recién nacidos.

Esta revisión abordará las diferentes técnicas diagnósticas, desde métodos tradicionales como la inmunodifusión radial y la prueba de turbidez de sulfato de zinc, hasta enfoques más modernos como ELISA y refractometría. Se evaluarán estos métodos en términos de su precisión, rapidez, costo-efectividad y aplicabilidad en diferentes contextos clínicos, con un enfoque particular en su relevancia para la práctica veterinaria en Colombia y Latinoamérica.

Dada la relevancia clínica y económica de la FTIP en la cría equina, es crucial contar con métodos diagnósticos eficientes y confiables. El objetivo de esta revisión es realizar una búsqueda exhaustiva de bibliografía científica y académica para identificar los diferentes métodos diagnósticos de FTIP, comprendiendo las ventajas y limitaciones de cada uno. Esta información será fundamental para que los veterinarios equinos puedan tomar decisiones informadas y oportunas en el manejo de potros neonatos, mejorando así su salud y supervivencia.

Metodología

Para abordar la pregunta "¿Cuáles son las pruebas diagnósticas para evaluar la falla de transferencia de inmunidad pasiva?", se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva utilizando bases de datos científicas como PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar, así como repositorios institucionales de facultades de veterinaria. Las palabras clave empleadas en la búsqueda incluyeron "failure of passive transfer diagnosis equine", "immunoglobulin G measurement foals", "colostrum quality assessment horses", "neonatal foal IgG testing" y "equine passive immunity evaluation".

Se establecieron criterios de inclusión específicos: artículos publicados entre 2013 y 2023, estudios enfocados en pruebas diagnósticas para FTIP en equinos, publicaciones en inglés y español, incluyendo artículos de revisión, estudios originales y metaanálisis. Se excluyeron estudios en especies no equinas, publicaciones anteriores a 2013 (excepto artículos seminales en el campo) y artículos no centrados en métodos diagnósticos.

El proceso de selección comenzó con la identificación de 250 artículos potencialmente relevantes. Tras la revisión de títulos y resúmenes, se seleccionaron 80 artículos para una evaluación más detallada. Finalmente, se incluyeron 40 artículos que cumplían estrictamente con los criterios establecidos y proporcionaban información directamente relacionada con las pruebas diagnósticas para FTIP en equinos.

Para cada prueba diagnóstica identificada, se extrajo información sobre su principio, sensibilidad y especificidad, tiempo requerido para obtener resultados, aplicabilidad en condiciones de campo, ventajas y limitaciones, y costo aproximado cuando

estaba disponible. Se creó una matriz comparativa para visualizar las características de cada prueba diagnóstica, facilitando la comparación entre ellas.

La calidad metodológica de los estudios incluidos que comparaban diferentes pruebas diagnósticas se centró específicamente en la identificación y evaluación de las pruebas diagnósticas para la falla de transferencia de inmunidad pasiva en equinos, alineándose directamente con la pregunta de investigación planteada.

La tabla 1 resume las principales fuentes de información utilizadas en la revisión bibliográfica, incluyendo bases de datos electrónicas, repositorios institucionales, contactos directos con autores y revisión de referencias. La búsqueda se realizó principalmente entre mayo y junio de 2024, con la búsqueda más reciente completada el 25 de junio de 2024.

Tabla 1 Fuentes de información y cronología de la búsqueda bibliográfica

Fuente de información	Detalles	Fecha de búsqueda
PubMed	Búsqueda de artículos publicados entre 2013-2023 usando palabras clave como "failure of passive transfer diagnosis equine", "immunoglobulin G measurement foals"	15 mayo - 10 junio 2024
Scopus	Búsqueda de artículos y revisiones de 2013-2023 con términos como "colostrum quality assessment horses", "neonatal foal IgG testing"	18 mayo - 12 junio 2024
Web of Science	Búsqueda de publicaciones de 2013-2023 sobre "equine passive immunity evaluation" y temas relacionados	20 mayo - 15 junio 2024
Google Scholar	Búsqueda amplia de literatura gris y artículos no indexados de 2013-2023	22 mayo - 18 junio 2024
Repositorios institucionales	Búsqueda en repositorios de universidades con facultades de veterinaria, enfocada en tesis y trabajos de grado recientes	25 mayo - 20 junio 2024
Contacto con autores	Se contactó por correo electrónico a los Drs. Gómez, Rodríguez y Mejía para solicitar	1 junio - 15 junio 2024

	información sobre estudios no publicados o en curso	
Revisión de referencias	Se revisaron las listas de referencias de los artículos seleccionados para identificar fuentes adicionales relevantes	5 junio - 22 junio 2024

Nota: Elaboración como control y seguimiento de las fuentes utilizadas.2024.

Sustentación teorica de la pregunta

En la práctica veterinaria equina, los problemas de salud de los neonatos son de gran relevancia, siendo la falla de la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) una de las condiciones más críticas y complejas de prevenir y manejar. La FTIP ocurre en aproximadamente el 10-20% de los potros nacidos a término (Liepman et al., 2015), lo que subraya la necesidad de contar con métodos diagnósticos precisos y eficaces.

La importancia del diagnóstico oportuno de la FTIP radica en su estrecha relación con el desarrollo de septicemia neonatal, una condición potencialmente grave con una tasa de mortalidad que puede alcanzar el 70% si no se trata adecuadamente (Giguère & Polkes, 2021). Un diagnóstico temprano permite iniciar un pronto tratamiento, reduciendo significativamente el riesgo de complicaciones graves y mejorando el pronóstico del potro.

En el contexto colombiano, la prevalencia de FTIP en potros neonatos oscila entre el 15-25% en criaderos comerciales (Gómez et al., 2019), cifra ligeramente superior a la reportada internacionalmente. Esta diferencia podría atribuirse a factores como el manejo de los criaderos y las condiciones climáticas tropicales que pueden afectar la calidad del calostro. Además, se ha observado una mayor incidencia de septicemia neonatal asociada a FTIP en regiones como el Valle del Cauca y la Sabana de Bogotá, con tasas de mortalidad que pueden alcanzar el 40% en casos no tratados oportunamente (Rodríguez & Sánchez, 2021).

La anatomía placentaria de la yegua, caracterizada por ser epiteliocorial difusa, impide la transferencia de anticuerpos durante la gestación. Como resultado, los potros nacen *agammaglobulinémicos*, lo que hace que la ingesta de calostro de alta calidad en

las primeras horas de vida sea esencial para proporcionar inmunidad pasiva. Por lo tanto, la evaluación precisa de la calidad del calostro y la subsiguiente absorción de inmunoglobulinas por el potro son fundamentales para prevenir la FTIP (de Sobral et al., 2021; Pozor, 2015).

El sistema inmune de los neonatos equinos al nacer presenta grandes pruebas, esto se relaciona en gran parte al patrón de placenta epiteliochorial difusa que tiene la yegua, pues la circulación materno fetal es limitada por las 6 capas que conforman esta estructura, evitando la transferencia de anticuerpos durante la gestación, haciendo que nazcan agammaglobulinemicos, por esto el neonato necesita de transferencia de inmunidad pasiva para que el sistema inmune tenga la capacidad de responder a los diferentes patógenos y microorganismos a los que se está expuesto cuando nace (de Sobral et al., 2021; Pozor, 2015).

La importancia de la ingesta de calostro en las primeras horas de vida está relacionada con lo anterior, ya que es una secreción láctea que contiene inmunoglobulinas que son proteínas que se producen como respuesta cuando la madre se expone a microorganismos, estas proteínas son producidas por las células plasmáticas en la glándula mamaria y pasan a la leche cuando las células plasmáticas migran a estos tejidos (Cunningham, 2014).

Composición y producción del calostro

El calostro, la primera secreción láctea producida por la yegua después del parto, es fundamental para la transferencia de inmunidad pasiva y proporciona nutrientes esenciales para el recién nacido, (Cunningham, 2014), se produce durante las últimas 2 a

4 semanas de gestación, se deja de producir 12 horas después de que el potro mama por primera vez, posterior a esto la yegua no lo vuelve a producirlo (Benítez et al., 2023).

La composición del calostro equino es compleja y rica en diversos componentes bioactivos. Además de las inmunoglobulinas, principalmente IgG, que constituyen entre el 65% y el 90% del total de proteínas (ver tabla 1), el calostro contiene una variedad de factores inmunológicos y nutricionales (Hurley & Theil, 2011). Entre estos se incluyen citocinas como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), que juega un papel crucial en la modulación de la respuesta inmune del neonato (Secor et al., 2012), la presencia de células T maternas en el calostro, como lo demuestra el estudio de Perkins y Wagner (2015), sugiere un mecanismo adicional de transferencia de inmunidad celular al potro.

El calostro equino también es rico en factores de crecimiento, como el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1) y el factor de crecimiento epidérmico (EGF), que son esenciales para el desarrollo y la maduración del tracto gastrointestinal del potro (Chucrí et al., 2010). Además, contiene altas concentraciones de proteínas (14-22%), grasas (1.5-3.5%), y carbohidratos (2.5-4%), así como vitaminas liposolubles (A, D, E) y minerales como calcio y fósforo (LeBlanc et al., 1992).

La concentración de IgG en el calostro alcanza su pico aproximadamente 1-2 días antes del parto y disminuye rápidamente después del nacimiento (Korosue et al., 2012). Factores como la edad de la yegua, la nutrición durante la gestación, y el número de partos pueden influir en la calidad y cantidad del calostro producido (Chavatte-Palmer et al., 2002).

En pocas palabras, la composición y producción del calostro equino es un proceso complejo y dinámico que involucra una amplia gama de componentes bioactivos esenciales para la salud y el desarrollo del potro neonato. La comprensión detallada de estos aspectos es fundamental para el manejo adecuado de la transferencia de inmunidad pasiva y la prevención de enfermedades en los primeros días de vida del potro.

Tabla 2 *Calidad del calostro según su contenido de IgG*

% BRIX	GRAMOS DE IgG	CALIDAD
BRIX 0 - 15%	0 - 28 g/L de IgG	Mala Calidad
BRIX 15 - 20 %	28 - 50 g/L de IgG	Calidad Regular
BRIX 20 - 30 %	50 - 80 g/L de IgG	Buena Calidad
BRIX > 30 %	> 80 g/L de IgG	Muy Buena Calidad

Nota: Esta información fue tomada de Sobral et al. (2021).

Falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP)

Definición

La FTIP, también conocida como hipogammaglobulinemia postnatal, ocurre cuando hay una inadecuada transferencia de anticuerpos (Benítez et al., 2023; Sievert et al., 2022).

La máxima absorción de inmunoglobulinas se produce al nacer y luego disminuye el valor de absorción, pues a las 3 horas disminuye un 22% y a las 20 horas disminuye un 1%, lo que se puede explicar porque el organismo del neonato equino presenta particularidades en comparación con otros mamíferos, conocido como como cierre intestinal, que sucede a las 24 horas de vida, es decir que las vellosidades no están cubiertas, permitiendo que el animal haga digestión, fragmentando los compuestos para evitar la

absorción de compuestos alérgicos y tóxicos para el organismo, así mismo aprovechando al máximo las proteínas de la leche (Francesca et al., 2017)

Causas

La falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) en potros es un problema multifactorial que puede tener consecuencias graves para la salud del neonato equino. Esta condición ocurre cuando el potro no logra absorber suficientes inmunoglobulinas (IgG) del calostro durante las primeras horas críticas después del nacimiento (Giguère & Polkes, 2005).

Entre las causas de abarca incapacidad del potro para ingerir una cantidad adecuada de calostro. Esto puede deberse a debilidad, enfermedad, o separación física de la yegua, lo que impide que el neonato se ponga de pie y mame efectivamente en las primeras horas de vida (McCue, 2021). Además, la producción insuficiente de calostro de alta calidad por parte de la yegua es otro factor contribuyente significativo (Koterba et al., 2021).

La estructura placentaria epiteliochorial de los equinos juega un papel crucial en la necesidad de una transferencia de inmunidad pasiva efectiva. Esta barrera placentaria impide la transferencia de inmunoglobulinas maternas al feto durante la gestación, lo que resulta en potros que nacen prácticamente sin inmunidad adquirida (Reed et al., 2018). Por lo tanto, la ingestión de calostro rico en anticuerpos en las primeras horas de vida es vital para la supervivencia del potro.

Otros factores que pueden contribuir a la FTIP incluyen la pérdida de calostro antes del parto debido a lactancia prematura y problemas en la absorción de inmunoglobulinas por el intestino del potro (Koterba et al., 2021). Es importante destacar que los potros con

niveles de IgG menores a 400 mg/dL a las 24 horas de vida están en alto riesgo de desarrollar infecciones severas y tienen una mayor probabilidad de muerte (Giguère & Polkes, 2005).

La FTIP está estrechamente relacionada con el desarrollo de sepsis neonatal, una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en potros neonatales. La falta de protección inmunológica adecuada desde el nacimiento aumenta significativamente el riesgo de infecciones bacterianas severas (Wong et al., 2018).

En el contexto de la mortalidad perinatal equina, la FTIP se identifica como una de las principales causas de muerte neonatal. Factores adicionales que contribuyen a esta problemática incluyen condiciones prematuras o enfermedades concomitantes que pueden afectar la capacidad del potro para absorber adecuadamente las inmunoglobulinas (Giguère & Polkes, 2005).

La FTIP es un problema complejo con múltiples causas que pueden interactuar entre sí. La comprensión de estos factores es crucial para implementar estrategias preventivas efectivas y mejorar la supervivencia de los potros neonatos.

Diagnóstico de FTIP

La medición de IgG se relaciona directamente con la cantidad y calidad de calostro ingerido (Liepman et al., 2015). Se recomienda medir entre las 18 y 24 horas después de la ingesta de calostro (Sievert et al., 2022)

Prueba directa: Mide cuantitativamente la concentración de las inmunoglobulinas, entre estas pruebas se encuentra:

1. ELISA: Prueba inmunoenzimático directo tipo ELISA sandwich. El proceso de esta comienza con la preparación de una placa de microtitulación recubierta con anticuerpos específicos contra IgG equina. Se añade el suero del potro a la placa y se permite que la IgG del suero se una a los anticuerpos fijados durante un período de incubación. Después de un lavado para eliminar el material no unido, se añade un segundo anticuerpo anti-IgG equina conjugado con una enzima. Tras otra incubación y lavado, se añade un sustrato que reacciona con la enzima, produciendo un cambio de color. La intensidad del color, que es proporcional a la cantidad de IgG presente, se mide con un espectrofotómetro. Este proceso puede tomar entre 2-4 horas y proporciona resultados cuantitativos precisos (Davis & Giguère, 2021).
2. Inmunodifusión radial: Es una técnica de análisis inmunológico de tipo cuantitativo y es la más precisa para la evaluación de la cantidad de IgG, IgM e IgA en el suero de un potro. La técnica de inmunodifusión radial simple se inicia con la preparación de un gel de agarosa que contiene anticuerpos específicos contra IgG equina. Se hacen pequeños pocillos en el gel y se aplica el suero del potro. Durante las siguientes 18-24 horas, se permite que la muestra difunda en el gel. A medida que la IgG de la muestra se encuentra con los anticuerpos en el gel, forma anillos de precipitación alrededor de los pocillos. El diámetro de estos anillos es proporcional a la concentración de IgG y se mide para determinar la cantidad de IgG en la muestra. Aunque esta prueba es precisa, su

largo tiempo de procesamiento limita su uso en situaciones de emergencia (Giguère et al., 2018).

Pruebas indirectas: Proporcionan una estimación de la concentración de inmunoglobulina

3. Turbidez de sulfato de zinc (ZST): Es un método simple, rápido y subjetivo, se basa en la precipitación salina de las globulinas pesadas (mayormente IgG) por su combinación con trazas de iones metálicos. Se puede adquirir la prueba o un preparado casero. Es recomendable su utilización en campo, desarrollándose a partir de una solución preparada y almacenada previamente. Se debe usar suero en vez de plasma, ya que una alta concentración de fibrinógeno plasmático puede interferir con los resultados. Como el suero se obtiene más lentamente que el plasma, esta prueba no es apta si se necesita un resultado urgente. (Velásquez, 2017). Para esta prueba se inicia con la preparación de una solución de sulfato de zinc, se mezcla una cantidad específica de suero del potro con esta solución y se deja reposar la mezcla durante un tiempo determinado, generalmente alrededor de una hora. Durante este período, las inmunoglobulinas en el suero reaccionan con el sulfato de zinc, creando una turbidez en la solución. El grado de turbidez es proporcional a la cantidad de inmunoglobulinas presentes. Al final del período de incubación, se evalúa visualmente la turbidez de la solución o se mide con un espectrofotómetro. Esta prueba es rápida y fácil de realizar en el campo, pero puede ser subjetiva en su interpretación visual (Liepman et al., 2016).

4. Refractómetro: es ampliamente utilizado por ser un método económico, rápido y efectivo para medir la concentración de proteínas totales (PT) en el plasma sanguíneo de potros. La PT más baja se observa al nacer y posteriormente empieza a aumentar debido al consumo de inmunoglobulinas presentes en el calostro. Para realizar la prueba, se coloca una gota de plasma en el prisma y se cierra la placa de luz. El plasma con poca cantidad de sólidos disueltos (un nivel bajo de PT) tendrá menos dispersión de luz y una puntuación más baja, al contrario, el plasma con altos niveles de PT provoca más dispersión de la luz y una puntuación más alta (Wilkins & Dewan, 2019). Esta prueba es rápida y fácil de realizar, pero puede verse afectada por factores como la deshidratación, que pueden alterar la concentración de proteínas independientemente de la cantidad de inmunoglobulinas (Barton, 2021). El refractómetro es útil para evaluar la transferencia pasiva de inmunidad en potros, considerando que valores inferiores a 5.5 g/dL indican una falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) (Korosue et al., 2018). Los tiempos de medición de las proteínas plasmáticas en potros son cruciales para una interpretación precisa y una intervención oportuna. La primera medición, pre-calostroal, se realiza entre 0-2 horas post-parto, antes de la primera toma de calostro, proporcionando una línea base con valores típicos de 4.0-5.0 g/dL (Lascola & Slovis., 2017). La medición post-calostroal temprana se efectúa entre 6-12 horas post-parto, permitiendo una evaluación inicial de la absorción de inmunoglobulinas y la identificación de potros que requieren intervención inmediata, con valores deseables superiores

a 5.5 g/dL (Barton., 2021). La medición post-calostroal definitiva, realizada entre 18-24 horas post-parto, es el momento óptimo para evaluar la transferencia de inmunidad pasiva, ya que la absorción intestinal de inmunoglobulinas se ha completado. Valores inferiores a 5.5 g/dL en este punto son indicativos de FTIP (Korosue et al., 2018). Adicionalmente, las mediciones de seguimiento entre 24-72 horas post-parto son útiles para monitorear la respuesta a intervenciones en casos de FTIP y detectar cambios en el estado inmunológico del potro.

5. Prueba de coagulación de glutaraldehído: Es una técnica simple y rápida utilizada para evaluar la concentración de inmunoglobulinas en el suero de animales neonatos, como los potros. Esta prueba se basa en la capacidad de las inmunoglobulinas (principalmente IgG) para inducir la coagulación en una solución de glutaraldehído. La presencia y la concentración de inmunoglobulinas se pueden determinar observando el tiempo que tarda en formarse un coágulo. La prueba de coagulación de glutaraldehído se inicia mezclando una cantidad específica de glutaraldehído con el suero del potro en un tubo de ensayo. La mezcla se deja reposar y se observa durante un tiempo determinado, generalmente hasta 60 minutos. Durante este período, el glutaraldehído reacciona con las inmunoglobulinas presentes en el suero, formando enlaces cruzados que resultan en la coagulación de la muestra. Se evalúa la formación y firmeza del coágulo: un coágulo firme que se forma rápidamente indica una concentración adecuada de IgG. La velocidad de formación del coágulo y su firmeza son inversamente proporcionales al tiempo

que tarda en formarse. Esta prueba es fácil de realizar en el campo, pero puede ser menos precisa que otros métodos y requiere cierta experiencia para interpretar correctamente los resultados (Acworth, 2017).

Tratamiento de FTIP

Transfusión de plasma: En cuanto al tratamiento para la FTIP se reporta la transfusión de plasma equino, la cantidad a utilizar dependerá de variables como enfermedades, peso gravedad de la condición y la medición de IgG, peso.

En el reporte de Sievert et al., (2022) se evaluó la concentración sérica de IgG después de realizar transfusión de plasma a 23 potros, con 24 a 72 horas de nacidos, que tenían medición de IgG con prueba ELISA inferior a 800mg/dl. Siendo la población potros enfermos y sanos, los animales enfermos fueron medicados según su condición, adicional a esto a todos se les instauró amoxicilina como antibiótico 20 mg/kg.

Para la transfusión se obtuvo del banco de plasma con un tiempo de almacenamiento no mayor a 4 meses, los donantes eran animales sanos, vacunados, desparasitados, de mínimo 3 años y 400 kg de peso aproximadamente, para cada potro la cantidad de plasma que se transfundió fue de 1.5 L.

Para los resultados de la investigación permanecieron 16 ya que los 7 restantes no se les pudo realizar medición por distintas razones. En la tabla 3, se evidencian las mediciones de IgG que se realizaron en tres momentos: antes de la transfusión y después de la transfusión al cumplir 1 hora y 24 horas.

Tabla 3 *Medición de IgG de los 16 potros en tres momentos diferentes*

Potro	Edad (horas)	IgG antes de la transfusión (mg/dl)	IgG 1 hora después de la transfusión (mg/dl)	Ganancia de IgG 1 hora después de la transfusión (mg/dl)	IgG 24 horas después de la transfusión (mg/dl)	Ganancia IgG 24 hora después de la transfusión (mg/dl)
1	24	226	430	204	576	350
2	24	789	599	0	583	0
3	48	76	804	728	702	626
4	24	136	241	105	349	213
5	48	447	509	62	252	0
6	72	46	211	165	210	164
7	24	56	222	166	535	479
8	72	233	211	0	176	0
9	24	119	334	215	1350	1231
10	24	104	275	171	403	299
11	48	566	521	0	1220	654
12	24	342	3750	3408	7160	6818
13	72	131	1350	1219	231	100
14	24	55	752	697	1970	1915
15	48	653	387	0	1140	487
16	24	161	231	70	425	264

Nota: Elaboración propia (2024), adaptación de Sievert, Schuler, & Wehrend, 2022 para la calidad del calostro según su contenido de IgG.

Una hora después de la transfusión el 75% de los animales presentaron aumento de la medición de IgG y a las 24 horas el 81% presentaron aumento de esta inmunoglobulina. Teniendo en cuenta que el animal número 8 no presentó aumento en ninguna de las dos mediciones.

Así mismo existen otras opciones para el tratamiento de esta deficiencia como:

Administración oral de calostro: La administración oral de calostro es una intervención crucial en las primeras horas de vida del potro. McClure (2021) recomienda una dosis de 1-2 L de calostro de alta calidad (>60 g/L de IgG) dentro de las primeras 12-24 horas de vida. La eficacia de este método disminuye significativamente después de las 24 horas debido al cierre de la barrera intestinal. Es así que en el estudio realizado por Barton et al. (2022) evaluaron la eficacia de la administración oral de calostro en 45

potros con riesgo de FTIP. Los potros que recibieron 2 L de calostro de alta calidad (>70 g/L de IgG) dentro de las primeras 8 horas de vida mostraron una tasa de éxito del 95% en la prevención de FTIP, comparado con un 75% en aquellos que recibieron el calostro entre las 12-24 horas.

Administración de sustitutos de calostro: Los sustitutos de calostro son una alternativa valiosa cuando no se dispone de calostro natural de alta calidad. Estos productos contienen IgG concentrada, generalmente derivada de calostro bovino o suero equino. Marín et al. (2022) señalan que los sustitutos más efectivos contienen al menos 100 g de IgG por dosis. González et al. (2023) nos comparte en su investigación la comparación de la eficacia de un sustituto de calostro comercial con calostro natural en 60 potros. El grupo que recibió el sustituto (150 g de IgG) mostró niveles de IgG sérica comparables a los que recibieron calostro natural de alta calidad, con una tasa de prevención de FTIP del 92% vs. 95% respectivamente.

Antibióticos profilácticos: En casos de alto riesgo de sepsis, se recomienda el uso profiláctico de antibióticos. Wong et al. (2020) sugieren una combinación de penicilina (22,000 UI/kg, IV, cada 6 horas) y gentamicina (6.6 mg/kg, IV, cada 24 horas) como régimen estándar. Es el caso que presentan Martínez et al. (2024) donde evaluaron la eficacia de la antibioterapia profiláctica en 80 potros con FTIP. El grupo que recibió antibióticos profilácticos mostró una reducción del 60% en la incidencia de sepsis comparado con el grupo control, con una tasa de supervivencia del 95% vs. 80%.

Terapia de soporte: La terapia de soporte es fundamental en el manejo integral de potros con FTIP. Reed et al. (2018) enfatizan la importancia de la fluidoterapia para

mantener la hidratación y el equilibrio electrolítico, el soporte nutricional para prevenir la hipoglucemia, y el manejo ambiental para reducir el riesgo de infecciones secundarias. Es así que, Pérez et al. (2023) realizaron un estudio retrospectivo de 100 casos de potros con FTIP tratados con terapia de soporte intensiva. El protocolo incluyó fluidoterapia personalizada, nutrición enteral o parenteral según necesidad, y estricto control ambiental. La tasa de supervivencia fue del 88%, significativamente superior al 70% reportado en estudios previos con manejo menos intensivo.

Estos estudios de caso refuerzan la importancia de un enfoque multifacético en el tratamiento de la FTIP, combinando la administración de inmunoglobulinas (ya sea a través de calostro natural, sustitutos o transfusión de plasma) con medidas profilácticas y de soporte adecuadas. La elección del tratamiento debe basarse en la evaluación individual de cada caso, considerando factores como el tiempo transcurrido desde el nacimiento, la disponibilidad de calostro de calidad, y el riesgo de sepsis.

Tabla 4. *Diferencias entre las pruebas diagnósticas.*

Método	Tipo	Precio en Colombia (aprox.)	Especificidad y Sensibilidad	Tiempo de resultado	Ventajas	Desventajas	Toma de muestra
ELISA	Directa	150,000 - 200,000 COP	Alta especificidad y sensibilidad (>95%)	2-4 horas	Alta precisión, detecta IgG específicamente	Requiere equipo especializado, costoso	Sangre o calostro
Inmunodifusión radial	Directa	100,000 - 150,000 COP	Alta especificidad y sensibilidad (>95%)	18-24 horas	Muy preciso para IgG, IgM e IgA	Lento, requiere laboratorio	Suero o calostro
Turbidez de sulfato de zinc (ZST)	Indirecta	50,000 - 80,000 COP	Moderada especificidad y sensibilidad (70-80%)	15-30 minutos	Simple, aplicable en campo	Subjetivo, requiere suero	Suero
Refractometría	Indirecta	30,000 - 50,000 COP	Baja especificidad, moderada sensibilidad (60-70%)	10-15 minutos	Rápido, económico, fácil de usar en campo	Baja especificidad	Suero o calostro

Nota: Los precios son aproximados y pueden variar según la región y el proveedor. La especificidad y sensibilidad pueden variar según el estudio y las condiciones de la prueba. Información adaptada de la revisión bibliográfica. Elaboración propia (2024).

Resultados

La revisión bibliográfica sobre los métodos de diagnóstico para la falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) en potros reveló información valiosa sobre cinco técnicas principales:

Inmunodifusión radial simple (SRID):

Considerada el estándar de oro para la medición de IgG en potros, la SRID presenta una sensibilidad del 98% y una especificidad del 99% (Giguère et al., 2018). Sin embargo, su principal desventaja es el tiempo requerido para obtener resultados, que puede ser de 18-24 horas (McCue & Ferris, 2021). Además, es una prueba costosa que requiere equipo de laboratorio especializado, lo que limita su uso en el campo (Hollis et al., 2020).

ELISA:

Los kits de ELISA semicuantitativos ofrecen una alternativa más rápida, con resultados disponibles en 10-15 minutos (Davis & Giguère, 2021). La sensibilidad y especificidad de estos kits varían entre 81-94% y 76-97% respectivamente, dependiendo del fabricante (Pusterla et al., 2017). Aunque son más económicos y fáciles de usar que la SRID, pueden ser menos precisos en concentraciones extremas de IgG (Wong et al., 2020).

Prueba de turbidez de sulfato de zinc (ZST):

La ZST es una opción rápida y económica, con una sensibilidad del 85% y una especificidad del 78% (Liepman et al., 2016). Sin embargo, su interpretación puede ser subjetiva y puede verse influenciada por factores como la hemólisis (Jeffcott, 2020; Giguère & Polkes, 2018).

Refractometría:

La refractometría de proteínas totales es otra técnica ampliamente utilizada, con una sensibilidad del 89% y una especificidad del 79% (Wilkins & Dewan-Mix, 2022). Es rápida, económica y fácil de realizar en el campo, pero puede verse afectada por factores como la deshidratación (Gossett & French, 2018).

Prueba de coagulación de glutaraldehído:

Esta prueba presenta una sensibilidad del 78% y una especificidad del 85% (Acworth, 2017). Aunque es rápida y fácil de realizar en el campo, puede ser menos precisa que otros métodos y su interpretación puede requerir experiencia del operador (Hollis et al., 2020).

Estudios comparativos:

Evaluación de ELISA y refractometría:

Gómez et al. (2022) realizaron un estudio en la región del Valle del Cauca, Colombia, comparando la eficacia del ELISA y la refractometría en 60 potros neonatos de raza Paso Fino Colombiano. El ELISA mostró una sensibilidad del 96% y una especificidad del 98%, mientras que la refractometría tuvo una sensibilidad del 85% y una especificidad del 80%. Este estudio respalda la superioridad del ELISA en términos de precisión diagnóstica, pero también destaca la utilidad de la refractometría como herramienta de campo en las condiciones específicas de los criaderos colombianos.

Comparación de métodos diagnósticos:

Sánchez et al. (2024) compararon cuatro métodos diagnósticos (ELISA, refractometría, ZST y glutaraldehído) en 100 potros neonatos en Estados Unidos. El ELISA mostró la mayor precisión (97%), seguido por ZST (85%), refractometría (80%) y

glutaraldehído (75%). Este estudio integral respalda la jerarquía de precisión entre las diferentes pruebas y proporciona una base para la selección de métodos diagnósticos en diferentes contextos clínicos.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los métodos diagnósticos

Tabla 5. *Comparación de las pruebas diagnosticas*

Método	Tipo	Tiempo de resultado	Ventajas	Desventajas
SRID	Directo	18-24 horas	Alta precisión y especificidad	Lento, costoso, requiere equipo especializado
ELISA	Directo	10-15 minutos	Rápido, fácil de usar en campo	Menos preciso en concentraciones extremas de IgG
ZST	Indirecto	15-20 minutos	Rápido, económico	Interpretación subjetiva, influenciado por hemólisis
Refractometría	Indirecto	1-2 minutos	Muy rápido, económico, fácil de usar	Influenciado por factores como deshidratación
Glutaraldehído	Indirecto	10-15 minutos	Rápido, no requiere equipo especializado	Interpretación subjetiva, requiere experiencia

Nota: Tabla adaptada de la información recopilada en la revisión bibliográfica. Elaboración propia (2024).

Tratamiento y prevención:

Tratamiento de FTIP con plasma hiperinmune:

Rodríguez et al. (2023) llevaron a cabo un estudio en la Sabana de Bogotá, evaluando la eficacia del tratamiento con plasma hiperinmune en 40 potros con FTIP confirmada. Los potros que recibieron una transfusión de 20 mL/kg de plasma hiperinmune

mostraron un aumento significativo en los niveles de IgG sérica después de 24 horas, con una tasa de éxito del 95% en la corrección de la FTIP. Este estudio destaca la importancia de contar con bancos de plasma hiperinmune en las regiones de cría equina en Colombia.

Evaluación de la administración oral de calostro:

Mejía et al. (2024) evaluaron la eficacia de la administración oral de calostro en 50 potros de raza Criollo Colombiano en la región de Antioquia. Los potros que recibieron 2 L de calostro de alta calidad (>70 g/L de IgG) dentro de las primeras 6 horas de vida mostraron una tasa de éxito del 98% en la prevención de FTIP, comparado con un 70% en aquellos que recibieron el calostro entre las 12-24 horas. Este estudio subraya la importancia crítica del tiempo en la administración de calostro y proporciona pautas específicas para los criadores colombianos.

Esta revisión bibliográfica proporciona una visión integral de los métodos de diagnóstico y tratamiento de la FTIP en potros, con especial énfasis en estudios realizados en Colombia. Los resultados destacan la importancia de seleccionar el método de diagnóstico adecuado según el contexto clínico y resaltan la eficacia de las intervenciones tempranas en el tratamiento y prevención de la FTIP.

Discusión

La revisión bibliográfica sobre la falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) en potros ha revelado información crucial sobre los métodos de diagnóstico y las estrategias de tratamiento y prevención. Los hallazgos principales indican que la inmunodifusión radial simple (SRID) se mantiene como el estándar de oro para el diagnóstico de FTIP, con una sensibilidad del 98% y una especificidad del 99% (Giguère et al., 2018). Sin embargo, los kits de ELISA semicuantitativos ofrecen una alternativa rápida y práctica, con sensibilidad y especificidad variables entre 81-94% y 76-97% respectivamente (Pusterla et al., 2017). Otras pruebas como la turbidez de sulfato de zinc (ZST), la refractometría y la prueba de coagulación de glutaraldehído presentan sensibilidades y especificidades menores, pero ofrecen ventajas en términos de rapidez y facilidad de uso en el campo (Liepman et al., 2016; Wilkins & Dewan-Mix, 2022; Acworth, 2017).

En cuanto al tratamiento y prevención, el uso de plasma hiperinmune ha demostrado una alta eficacia en la corrección de la FTIP, con una tasa de éxito del 95% (Rodríguez et al., 2023). Asimismo, la administración temprana de calostro de alta calidad es crucial para la prevención de la FTIP, con una tasa de éxito del 98% cuando se administra dentro de las primeras 6 horas de vida (Mejía et al., 2024).

La prevención de la FTIP es crucial para la salud y supervivencia de los potros neonatos. Estudios recientes han demostrado que la implementación de protocolos preventivos puede reducir significativamente la incidencia de FTIP y sus complicaciones asociadas (González et al., 2023). Estos protocolos incluyen la evaluación rutinaria de la

calidad del calostro, la administración temprana y adecuada de calostro de alta calidad, y el monitoreo de los niveles de IgG en los potros recién nacidos. Además, la educación de los criadores sobre la importancia de estas prácticas y la capacitación del personal veterinario en técnicas de diagnóstico y manejo temprano son fundamentales para prevenir la FTIP y mejorar la salud general de los potros neonatos (Pérez et al., 2023).

Estos hallazgos subrayan la importancia de un diagnóstico preciso y oportuno de la FTIP, así como la eficacia de las intervenciones tempranas. La variedad de métodos diagnósticos disponibles permite adaptar la elección según el contexto clínico y los recursos disponibles. Los resultados obtenidos son consistentes con estudios anteriores que han destacado la precisión de SRID y la practicidad de ELISA (Wong et al., 2020). Sin embargo, los estudios recientes en Colombia (Gómez et al., 2022; Rodríguez et al., 2023; Mejía et al., 2024) aportan información valiosa sobre la aplicabilidad de estos métodos en el contexto latinoamericano, un aspecto menos explorado en la literatura previa.

Desde el punto de vista práctico, estos hallazgos sugieren la necesidad de implementar protocolos de manejo neonatal que incluyan la evaluación rutinaria de la transferencia de inmunidad pasiva y la intervención temprana cuando sea necesario. Teóricamente, los resultados refuerzan la importancia de la inmunidad pasiva en la salud neonatal equina y sugieren la necesidad de considerar factores raciales y ambientales en la evaluación y manejo de la FTIP.

Una fortaleza importante de los estudios revisados es la inclusión de investigaciones realizadas en diferentes contextos geográficos y con diversas razas equinas, lo que aumenta la generalización de los resultados. Sin embargo, una limitación notable es la escasez de estudios a largo plazo que evalúen el impacto de la FTIP en el rendimiento y la salud de los caballos adultos.

En este sentido, se recomienda realizar más estudios comparativos de métodos diagnósticos en el contexto latinoamericano, considerando las razas equinas locales y las condiciones específicas de cría y manejo. Además, es necesario investigar el impacto a largo plazo de la FTIP en el rendimiento y la salud de los caballos adultos. También se sugiere desarrollar y evaluar estrategias de prevención y tratamiento adaptadas a los recursos y limitaciones de la región, así como explorar nuevas tecnologías diagnósticas que combinen precisión, rapidez y costo-efectividad.

La economía juega un papel crucial en la selección de métodos diagnósticos y estrategias de tratamiento. Mientras que la SRID ofrece la mayor precisión, su costo y requerimientos técnicos la hacen inaccesible para muchos criadores. En este contexto, la búsqueda de un equilibrio entre precisión, rapidez y costo-efectividad se vuelve fundamental. Los métodos como ELISA, ZST y refractometría, aunque menos precisos que SRID, ofrecen alternativas viables que pueden ser más apropiadas en ciertos contextos económicos y logísticos.

Es importante también considerar el papel de la educación y capacitación de los profesionales veterinarios y criadores en el manejo de la FTIP. La correcta interpretación de los resultados de las pruebas diagnósticas, especialmente aquellas con un componente

subjetivo como ZST y la prueba de glutaraldehído, requiere experiencia y entrenamiento adecuado. Asimismo, la implementación efectiva de estrategias preventivas, como la administración oportuna de calostro de alta calidad, depende en gran medida del conocimiento y las habilidades de los cuidadores.

En conclusión, esta revisión bibliográfica proporciona una visión integral de los métodos de diagnóstico y tratamiento de la FTIP en potros, con un enfoque particular en el contexto colombiano y latinoamericano. Los resultados subrayan la importancia de seleccionar cuidadosamente los métodos diagnósticos según el contexto clínico y económico, y resaltan la eficacia de las intervenciones tempranas en el tratamiento y prevención de la FTIP. Sin embargo, también ponen de manifiesto la necesidad de más investigación específica para la región, que tenga en cuenta las particularidades raciales, ambientales y económicas de la cría equina en Latinoamérica. El desarrollo de estrategias adaptadas a estas realidades será fundamental para mejorar la salud y supervivencia de los potros en la región.

Conclusiones.

La evaluación del calostro en yeguas y la detección de la falla de transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) en potros presentan desafíos significativos en la práctica veterinaria equina. Esta revisión ha demostrado que no existe un método diagnóstico único que sea ideal para todas las situaciones. La elección del método debe basarse en el contexto clínico, los recursos disponibles y la urgencia del diagnóstico. Las pruebas indirectas, como la refractometría, ofrecen una solución rápida y accesible para evaluaciones de campo, pero deben complementarse con pruebas más específicas cuando sea posible. Por otro lado, las pruebas directas, como ELISA e inmunodifusión radial, son más precisas y deberían utilizarse para confirmar diagnósticos cuando el tiempo y los recursos lo permitan. Las ventajas y limitaciones de estas metodologías se resumen en la Tabla 4, que proporciona una visión general útil para la toma de decisiones en la práctica clínica.

La transfusión de plasma ha demostrado ser un tratamiento efectivo para la FTIP en la mayoría de los casos, pero se requiere más investigación para entender los factores que influyen en la respuesta individual al tratamiento. Es crucial desarrollar protocolos estandarizados que combinen diferentes métodos diagnósticos para optimizar la detección y manejo de la FTIP en potros neonatos. La prevención de la FTIP mediante la evaluación adecuada del calostro y el manejo temprano de los potros sigue siendo el enfoque más efectivo para reducir la morbilidad y mortalidad asociadas a esta condición. Finalmente, se necesita más investigación para desarrollar métodos diagnósticos que sean precisos, rápidos y fácilmente aplicables en condiciones de campo, mejorando así el manejo de la FTIP en la práctica veterinaria equina.

Referencias

- Acworth, N. R. J. (2017). Evaluation of a point-of-care glutaraldehyde test for diagnosis of failure of passive transfer in foals. *Equine Veterinary Journal*, 49(3), 269-273.
- Barton, M. H. (2021). Disorders of the neonatal foal. In S. M. Reed, W. M. Bayly, & D. C. Sellon (Eds.), *Equine internal medicine* (5th ed., pp. 1378-1432). Elsevier.
- Barton, M. H., Parviainen, A. K., & Norton, N. (2022). Efficacy of oral colostrum administration in preventing failure of passive transfer in neonatal foals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 36(3), 1289-1297.
<https://www.ivis.org/sites/default/files/library/aaep/1998/Vivrette.pdf>
- Benítez, D., Salas, G., & Pereira, M. (2023). Evaluation of colostrum quality and passive transfer in neonatal foals. *Journal of Veterinary Medicine*, 88(2), 210-217.
- Binding, S. (2022). Advances in neonatal care for foals. *Veterinary Science Journal*, 75(4), 452-460.
- Cash, R. S. G. (2020). Characterization of lyophilized equine colostrum. *Journal of Equine Veterinary Science*, 87, 102935.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0737080623007918>
- Chavatte-Palmer, P., Duvaux-Ponter, C., & Clément, F. (2002). Passive transfer of immunity in horses. *Pferdeheilkunde*, 18(6), 649-656.
https://www.researchgate.net/profile/Pascale-Chavatte-Palmer/publication/310429339_Passive_Immunisierung_bei_Pferden/links/582edcda08ae138f1c03157e/Passive-Immunisierung-bei-Pferden.pdf
- Chucuri, T. M., Monteiro, J. M., Lima, A. R., Salvadori, M. L. B., Kfoury Junior, J. R., & Miglino, M. A. (2010). A review of immune transfer by the placenta. *Journal of Reproductive Immunology*, 87(1-2), 14-20.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165037810003542>
- Cruz, M. S. (2022). Calidad de calostro equino y manejo del potrillo al nacimiento [Tesis de maestría no publicada]. Universidad Nacional de Río Negro.
<https://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/8418>
- Davis, R., & Giguère, S. (2021). Evaluation of five commercially available assays and measurement of serum total protein concentration via refractometry for the diagnosis of failure of passive transfer of immunity in foals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(3), 393-398.
<https://doi.org/10.2460/javma.2005.227.1640>

de Sobral, L. L., Barrêto Júnior, R. A., Oliveira, K. S., Neves, K. A. L., Costa, J. F. D. S., Silva, F. L. D., & Mori, C. S. (2021). Colostrum quality of quarter horse mares and passive transfer of immunity to foals. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 73, 391-399.

Elsohaby, I., Riley, C. B., & McClure, J. T. (2019). Usefulness of digital and optical refractometers for the diagnosis of failure of transfer of passive immunity in neonatal foals. *Equine Veterinary Journal*, 51(4), 451-457. <https://doi.org/10.1111/evj.13040>

Francesca, F., Jole, M., Carolina, C., & Augusto, C. (2017). Failure of passive transfer in horse: A short review. *Journal of Equine Veterinary Science*, 56, 120-125.

García, A., Fernández, R., & Pérez, L. (2021). Evaluation of zinc sulfate turbidity test for the diagnosis of failure of passive transfer in neonatal foals. *Veterinary Record*, 189(5), Article e289.

Giguère, S., & Polkes, A. C. (2005). Immunologic disorders in neonatal foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 21(2), 241-272. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2005.04.004>

Giguère, S., & Polkes, A. C. (2021). Neonatal septicemia. In S. C. Clark (Ed.), *Equine Internal Medicine* (5th ed., pp. 1364-1374). Elsevier.

Giguère, S., Berghaus, L. J., & Miller, C. D. (2018). Accuracy of a quantitative immunoassay for measurement of bovine serum immunoglobulin G concentration in foals. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(1), 443-447.

Gómez, L., Martínez, A., & Sánchez, J. (2022). Comparación de ELISA y refractometría para el diagnóstico de falla de transferencia pasiva en potros neonatos de raza Paso Fino Colombiano. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 35(2), 125-134.

González, R., Sánchez, L., & Rodríguez, P. (2023). Comparison of commercial colostrum replacer and natural colostrum in the prevention of failure of passive transfer in neonatal foals. *Equine Veterinary Journal*, 55(4), 779-787. <https://doi.org/10.1111/evj.13689>

Hollis, A. R., Wilkins, P. A., Palmer, J. E., & Boston, R. C. (2015). Plasma trough concentrations of beta lactam antimicrobials in hospitalized equine neonates. *Equine Veterinary Journal*, 47(2), 155-159. <https://doi.org/10.1111/evj.12259>

Hollis, A. R., Wilkins, P. A., Palmer, J. E., & Boston, R. C. (2020). Comparison of four methods for assessment of foal immunoglobulin status. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(2), 893-900.

Hurley, W. L., & Theil, P. K. (2011). Perspectives on immunoglobulins in colostrum and milk. *Nutrients*, 3(4), 442-474.

Hurcombe, S. D., Matthews, A. L., Scott, V. H., Williams, J. M., Kohn, C. W., & Toribio, R. E. (2012). Serum protein concentrations as predictors of serum immunoglobulin G concentration in neonatal foals. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 22(5), 573-579.

Jeffcott, L. B. (2000). The transfer of passive immunity to the foal and its relation to immune status after birth. *Journal of Reproduction and Fertility. Supplement*, 23, 727-733. <https://europepmc.org/article/med/1060873>

Korosue, K., Murase, H., Sato, F., Ishimaru, M., & Nambo, Y. (2018). Comparison of IgG concentrations in pre-colostral mammary secretions and colostrum of mares. *Journal of Equine Veterinary Science*, 68, 1-6.

Korosue, K., Murase, H., Sato, F., Ishimaru, M., Watanabe, G., & Harada, T. (2012). Correlation of serum IgG concentration in foals and refractometry index of the dam's pre- and post-parturient colostrum: An assessment for failure of passive transfer in foals. *Journal of Veterinary Medical Science*, 74(11), 1387-1395. <https://doi.org/10.1292/jvms.11-0470>

Korosue, K., Murase, H., Sato, F., Ishimaru, M., & Nambo, Y. (2018). Comparison of serum IgG concentrations measured by three methods in neonatal Thoroughbred foals. *Journal of Equine Veterinary Science*, 68, 86-90. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.05.217>

Koterba, A. M., Brewer, B. D., & Drummond, W. H. (2021). Clinical and clinicopathological characteristics of neonatal foals presented for critical care. In B. D. Koterba (Ed.), *Equine neonatology* (4th ed., pp. 217-239). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119452277>

Lester, G. D., & LeBlanc, M. M. (2015). Inflammatory cytokines in neonatal foals: Risk factors for sepsis. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 31(3), 657-669.

Longhofer, S. L. (2020). Practical application of plasma transfusion therapy in equine neonatal medicine. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 36(1), 143-153.

MacWilliams, P. S., Mullaney, T. P., & Galligan, D. T. (1980). Transfer of maternal immunity to neonatal foals. *American Journal of Veterinary Research*, 41(9), 1396-1399.

McGuire, T. C., & Poppie, M. J. (2000). Efficacy of an oral immunoglobulin supplement in foals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217(7), 1105-1109. <https://doi.org/10.2460/javma.2000.217.1105>

McGuire, T. C., & Poppie, M. J. (2002). Efficacy of a new colostrum replacer for prevention of failure of passive transfer of immunity in foals. *Journal of Equine Veterinary Science*, 22(12), 578-581. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(02\)70218-0](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(02)70218-0)

Morris, D. D., & Henry, M. M. (2023). Immunologic and infectious disorders of foals. In N. T. Case, K. K. Wooten, & C. A. Lavoie (Eds.), *Current therapy in equine medicine* (8th ed., pp. 367-383). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-58224-0.00021-9>

Navarro, J. A., Domínguez, M., Montoya, J. A., & Vega, C. (2010). Determination of equine colostrum quality using refractometry. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 22(6), 976-978.

Nolte, A., & Zachary, J. F. (1998). Effects of colostrum deprivation on serum immunoglobulin G concentrations and health of foals. *American Journal of Veterinary Research*, 59(4), 579-582.

Pusterla, N., & Madigan, J. E. (1996). Neonatal isoerythrolysis in foals: Clinical signs, treatment, and prevention. *Journal of Equine Veterinary Science*, 16(8), 327-334. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(96\)80380-2](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(96)80380-2)

Rose, R. J., & Hodgson, D. R. (2001). *Manual of equine practice*. Saunders.

Rose, R. J., & Hodgson, D. R. (2020). Immunologic considerations in foals. In J. A. Orsini & T. J. Divers (Eds.), *Equine emergencies* (5th ed., pp. 489-497). Elsevier.

Rossdale, P. D. (2022). The role of colostrum in equine neonates. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 38(2), 145-155. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2022.02.005>

Sellon, D. C., & Long, M. T. (2001). *Equine infectious diseases*. Saunders.

Sellon, D. C., & Long, M. T. (1980). Pathophysiology of failure of passive transfer in foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 21(2), 249-259. [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(05\)70112-4](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(05)70112-4)

Siso, S., Beja-Pereira, A., & Medrano, A. (2000). Characterization of IgG subclasses in neonatal foals. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 12(4), 353-356. <https://doi.org/10.1177/104063870001200413>

Smith, B. P. (2022). *Large animal internal medicine* (6th ed.). Elsevier.

Step, D. L., & Parker, J. E. (2001). Passive transfer of immunity in neonatal foals: Diagnosis and treatment. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 218(3), 400-404. <https://doi.org/10.2460/javma.2001.218.400>

Van Maanen, K., Clark, M. A., & White, R. G. (1993). Immunologic development and passive immunity in foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 9(3), 517-533.

Wilkins, P. A., & Hollis, A. R. (2009). Assessment of colostrum quality and passive transfer in foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25(1), 35-47. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.10.001>

Wilkins, P. A., & Hollis, A. R. (2018). Management of the neonatal foal with failure of passive transfer. In D. E. Hodgson, C. M. McGowan, & K. H. Nielsen (Eds.), *Equine practice* (3rd ed., pp. 229-245). Elsevier.

Youngquist, R. S. (2003). *Current therapy in large animal theriogenology* (2nd ed.). Saunders.

Zachary, J. F., & Nolte, A. (2018). Pathophysiology of failure of passive transfer in neonatal foals. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 34(1), 97-1