

## Revisión de tema

# Movimientos fetales: Su importancia clínica y su relación con el neurodesarrollo.

## Fetal movements: Their clinical importance, and their relationship with neurodevelopment.

Ashly Arias-Obando<sup>1,a</sup>, Freddy Moreno-Gómez<sup>2,a</sup>

1. Estudiante de Medicina, Semillero de Innovadores en Salud ISSEM.
  2. Odontólogo, Magíster en Ciencias Biomédicas, Profesor Departamento de Ciencias Básicas de la Salud.
- a. Facultad de Ciencias de la Salud de la Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).

### CORRESPONDENCIA

Ashly Arias Obando  
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-7912-0333>  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia).  
E-mail: [ashlyarias@javerianacali.edu.co](mailto:ashlyarias@javerianacali.edu.co)

### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores del artículo hacen constar que no existe, de manera directa o indirecta, ningún tipo de conflicto de intereses que pueda poner en peligro la validez de lo comunicado.

RECIBIDO: 18 de noviembre de 2021.

ACEPTADO: 09 de marzo de 2022.

### RESUMEN

El desarrollo de la ultrasonografía de cuatro dimensiones (4D) ha permitido ampliar un tipo de monitoreo fetal, en donde las extremidades y las expresiones faciales son más claras para el observador en tiempo real, incrementando la exactitud y la oportunidad de estudiar al feto. Algunos estudios han evaluado, en diferentes etapas del embarazo, la relación de los movimientos fetales con el neurodesarrollo, encontrándose diferencias significativas entre los movimientos fetales en embarazos de alto riesgo y embarazos normales, junto con cambios en el comportamiento en fetos con desordenes congénitos. Por lo tanto, en este artículo de revisión de tema, los autores discuten sobre la posible importancia de la técnica de evaluación fetal en el diagnóstico temprano de enfermedades que implican el neurodesarrollo del feto, observando el comportamiento fetal que se traduce en movimientos. La actividad fetal y su evaluación abren una modalidad de investigación en la evaluación de la función cerebral fetal durante su desarrollo.

**Palabras clave:** Comportamiento fetal, KANET, desarrollo neurológico fetal, diagnóstico prenatal, movimiento fetal, neuroconductual, ultrasonografía 4D.

### ABSTRACT

The development of four-dimensional (4D) ultrasonography has made it possible to expand a type of fetal monitoring, where limbs and facial expressions are clearer to the observer in real time, increasing accuracy and the opportunity to study the fetus. Some studies have evaluated, at different stages of pregnancy, the relationship of fetal movements with neurodevelopment, finding significant differences between fetal movements in high-risk pregnancies and normal pregnancies, along with behavioral changes in fetuses with congenital disorders. Therefore, in this review article, the authors discuss the possible importance of the fetal assessment technique in the early diagnosis of diseases that involve the neurodevelopment of the fetus, observing fetal behavior that translates into movements. Fetal activity and its evaluation open a research modality in the evaluation of fetal brain function during its development.

**Key words:** Four-dimensional ultrasonography, Kurjak's antenatal neurodevelopmental test, fetal behavior, fetal movement, fetal neurodevelopment, neurobehavioral, prenatal diagnosis.

Arias-Obando A, Moreno-Gómez F. Movimientos fetales: Su importancia clínica y su relación con el neurodesarrollo. *Salutem Scientia Spiritus* 2022; 8(3):84-98.



La Revista *Salutem Scientia Spiritus* usa la licencia Creative Commons de Atribución – No comercial – Sin derivar:

Los textos de la revista son posibles de ser descargados en versión PDF siempre que sea reconocida la autoría y el texto no tenga modificaciones de ningún tipo.

## INTRODUCCIÓN

En el sistema de salud colombiano se establecen los lineamientos para el control prenatal, más precisamente en la Guía de Práctica Clínica del Ministerio de Salud y Protección Social y en la Ruta Integral de Atención en Salud para la población materno perinatal, promulgada a través de la Resolución 3280 de 2018,<sup>1</sup> en la cual se dictan medidas que promueven un plan integral de control prenatal de obligatorio cumplimiento para los integrantes del Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS) y las demás entidades que tengan a su cargo acciones en salud, junto con Guía de Práctica Clínica para la prevención temprana de las alteraciones del embarazo 2013.<sup>2</sup> Estas estrategias buscan establecer un plan de atención conforme al estado de salud de la gestante y el feto, identificando factores de riesgo obstétricos, los cuales se definen como circunstancias identificables en la gestación, que se asocian con un mayor riesgo de tener o desarrollar una patología, enfatizando en la necesidad de la prevención y detección temprana de estas, con el objetivo de reducir la morbilidad materna asociada. Para esto, resulta importante identificar al feto como un paciente y de esta manera, orientar a los equipos de asistencia perinatal en este enfoque.

La valoración obstétrica establecida en las guías intenta definir la edad gestacional probable, la situación y presentación fetal, fetocardía y movimientos fetales percibidos por la madre que pueden ser descritos como ausentes, presentes o disminuidos y pueden llevar a sospechar sobre la condición del feto; dicha valoración se acompaña de una ecografía alrededor de la décima semana de gestación para también realizar un tamizaje de aneuploidías. Aunque este es el esquema general manejado para el control prenatal en Colombia, se debe garantizar una evaluación adecuada y detallada del feto mediante ecografías 3D US (ecografía tridimensional) y 4D US (ecografía en cuatro dimensiones), ya que no se ha incluido específicamente en las guías.<sup>3</sup>

La importancia de incluir esta evaluación radica en que se ha demostrado que el análisis de los patrones del comportamiento fetal tienen importancia clínica, dado que están relacionados estrechamente con el desarrollo del sistema nervioso central (SNC) del feto; se ha sugerido que la evaluación del comportamiento fetal y el seguimiento a procesos de desarrollo durante diferentes períodos del embarazo, permite distinguir entre el desarrollo normal y anormal del cerebro fetal, junto con el diagnóstico de anomalías tanto estructurales como funcionales de este órgano; para esto se hace necesario emplear el uso de ecografía en cuatro dimensiones (4D US) o ecografía tridimensional (3D US), las cuales ofrecen un acercamiento al análisis minucioso del movimiento junto con su frecuencia y rostro fetal en comparación con la ecografía bidimensional (2D US);<sup>4-6</sup> como ejemplo de ello se encuentra el test de KANET (del inglés *Kurjak Antenatal Neurodevelopment Test*), donde se evalúa el comportamiento fetal y las

expresiones fetales, haciendo uso de la ecografía por ultrasonido 4D US.<sup>7</sup> Actualmente es posible incluso observar y analizar la postura embrionaria gracias a la ecografía en cuatro dimensiones (4D US) junto con técnicas de realidad virtual.<sup>8</sup> Los parámetros que se incluyen en KANET son la anteflexión aislada de la cabeza, las suturas craneales superpuestas, la circunferencia de la cabeza, el parpadeo aislado del ojo, las alteraciones faciales, la apertura de la boca (bostezo o solo apertura), los movimientos aislados de manos y piernas, la posición del pulgar y la percepción gestáltica de los movimientos (percepción general de los movimientos del cuerpo y las extremidades como evaluación cualitativa). Los resultados de KANET pueden dividirse en tres grupos:

- Anormales, cuando la puntuación es de 0 a 5.
- Límitrofe, con una puntuación de 6 a 13.
- Normal, para una puntuación de 14 a 20.<sup>9</sup> Permite un seguimiento en el control prenatal con relación a la evaluación de la estructura y función cerebral.<sup>10</sup>

Por lo tanto, el objetivo de esta revisión de tema fue identificar la importancia clínica de relacionar los movimientos fetales con el neurodesarrollo, teniendo en cuenta una búsqueda del estado del arte de la evaluación de los movimientos fetales como posibles predictores del desarrollo del SNC fetal, sus métodos de observación y análisis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda sistemática en MedLine a través de PubMed, empleando los descriptores en salud MeSH, utilizando las siguientes ecuaciones con el operador booleano “AND”: ((*Fetal Movement /all fields*) AND (*Face /all fields*)) se encontraron 123 artículos, ((*Fetal Face Movement /all fields*) AND (*Neurobehavioral /all fields*)) se encontraron 9 artículos, ((*Fetal Movement /all fields*) AND (*Neurobehavioral /all fields*)) se encontraron 78 artículos. Inicialmente se identificaron 210 artículos, a los cuales se les aplicó el filtro “humanos”, dando como resultado 155 artículos. De estos, finalmente se incluyeron 26 artículos que respondieron a la pregunta de investigación.

## RESULTADOS

Los artículos que hacen parte de este análisis se resumen en la Tabla 1. De estos artículos, 16 son estudios observacionales, ocho son estudios transversales y dos son estudios experimentales publicados entre 1996 y 2019.

### Comportamiento fetal

De los artículos consultados, cuatro reportaron en sus cohortes evaluadas diferencias entre embarazos de alto y bajo riesgo, considerando el comportamiento fetal.<sup>11-14</sup> En un artículo<sup>15</sup> se evaluó

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión.

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
DiPietro <i>et al</i> <sup>15</sup>	1996	Estudio observacional longitudinal	Evaluar la función de maduración dentro y a través de cada dominio neuroconductual con el avance de la gestación.	31 fetos sanos	20 semanas hasta pretermino	Observación de frecuencia de eventos	Con el avance de la gestación, los fetos mostraron una frecuencia cardíaca más lenta, una mayor variabilidad de la frecuencia cardíaca, un comportamiento motor reducido pero más vigoroso, coalescencia de la frecuencia cardíaca y patrones de movimiento en distintos estados de comportamiento y una mayor capacidad de respuesta cardíaca a la estimulación. Los fetos masculinos eran más activos que los fetos femeninos, y una mayor evaluación del estrés materno no se asoció con una menor variabilidad de la frecuencia cardíaca fetal.	Existe un período aparente de transición neuroconductual entre las 28 y las 32 semanas. Se evalúan los métodos de investigación fetal.
Almli <i>et al</i> <sup>16</sup>	2000	Estudio observacional longitudinal	Cuantificar los movimientos de las piernas por minuto para sujetos humanos durante los períodos fetal y neonatal	43 mujeres con embarazo normal	30, 34 y 37 semanas de edad gestacional) y postnatal (nacimiento y 6 semanas de edad)	Observación de frecuencia de eventos	Los sujetos masculinos mostraron un mayor número de movimientos de piernas por minuto que los sujetos femeninos durante el desarrollo prenatal y postnatal. Se encontró continuidad fetal-neonatal para el número de movimientos de piernas por minuto para las comparaciones entre medidas fetales (37 semanas de edad gestacional) y neonatales (durante los estados de sueño al nacer), y las mujeres mostraron un patrón de continuidad de movimiento más fuerte y diferente que los hombres	Existen patrones específicos de género de desarrollo neuroconductual relativamente estable durante el final de la gestación y períodos neonatales tempranos. Estos hallazgos son importantes para comprender el desarrollo neuroconductual prenatal y perinatal y para el uso potencial de medidas de movimiento en la evaluación clínica del desarrollo y bienestar neuroconductual fetal.
D'Elia <i>et al</i> <sup>23</sup>	2001	Estudio transversal	Realizar un análisis cuantitativo de las diferentes actividades (movimientos bucales, oculares y corporales macroscópicos) y también mostrar la existencia de maduración neurológica intrauterina.	15 fetos sanos	28,34,38 semanas	Grabaciones ecográficas y análisis de movimientos	El análisis de los datos mostró solo una disminución significativa en la incidencia de movimientos corporales brutos y un aumento significativo en la incidencia de movimientos de la boca entre las 28 y 38 semanas de gestación. El análisis de correlación encontró una correlación positiva entre los ojos, los movimientos corporales generales y, y una correlación negativa entre la actividad de la boca y las otras actividades examinadas a las 34 y 38 semanas de gestación.	Los autores concluyen que existe una tendencia de las actividades fetales, que es una expresión de la maduración neurológica fetal.

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión (Continuación).

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
Kurjak <i>et al</i> <sup>23</sup>	2003	Estudio observacional de cohorte longitudinal prospectivo	Evaluar el patrón de desarrollo de los movimientos de la mano fetal y la actividad y expresión facial durante el segundo y tercer trimestre del embarazo mediante ecografía tetradimensional (4D-US).	25 fetos sanos ; 15 fetos de 13 a 16 semanas y 10 fetos de 30 a 33 semanas de gestación	15 fetos de 13 a 16 semanas y 10 fetos de 30 a 33 semanas de gestación	4D US	4D-US reconoció fácilmente el movimiento aislado de la mano y los subtipos de movimientos de la mano. Todos los subtipos de movimiento de la mano a la cabeza se pueden ver a partir de las 13 semanas de gestación, con una incidencia fluctuante. Las actividades faciales y las diferentes formas de expresión son fácilmente reconocidas por 4D-US. Entre estos, se pueden diferenciar fácilmente la sonrisa y fruncir el ceño.	4D-US es superior a la ecografía bidimensional y tridimensional en la evaluación de la actividad y expresión facial complejas. Entre las actividades faciales observadas por 4D-US, los movimientos simultáneos de los párpados y la boca dominan entre las 30 y 33 semanas de gestación.
Kurjak <i>et al</i> <sup>30</sup>	2005	Estudio observacional longitudinal	Evaluar la conducta fetal en los tres trimestres del embarazo normal e investigar la continuación de la conducta desde el período fetal hasta el neonatal.	100 mujeres con embarazos normales	Todos los trimestres	4D US	Se notó una tendencia hacia la disminución de la frecuencia de las expresiones faciales y los patrones de movimiento con el aumento de la edad gestacional. En el primer trimestre se observó la mayor incidencia de movimientos generales, en el segundo trimestre, el número de movimientos de cabeza y manos disminuyó gradualmente, en comparación con el primer trimestre. El rango más alto se registró para el patrón de retroflexión de la cabeza. El patrón facial más frecuente en el segundo trimestre fue la succión.	Los patrones de comportamiento fetal reflejan directamente los procesos de desarrollo y maduración del sistema nervioso central. La observación 4D del período fetal y neonatal temprano puede contribuir a una mejor comprensión del desarrollo neurológico del feto.
Hata <i>et al</i> <sup>17</sup>	2005	Estudio transversal	Estudiar una amplia gama de expresiones faciales fetales durante el embarazo.	17 fetos en 16 embarazos	20-38 semanas	3D US	Se observó movimiento del párpado fetal en tres de 17 fetos. Se identificó doble parpadeo en un feto a las 38 semanas. Se pudieron observar varios tipos de movimientos de la boca (bostezos, apertura pequeña, masticación y movimientos sutiles de los labios) en 9 de 17 fetos.	La ecografía tridimensional en tiempo real proporciona un medio novedoso para evaluar el movimiento fetal, en particular la expresión facial fetal, en el segundo y tercer trimestre.
Levy <i>et al</i> <sup>7</sup>	2005	Estudio transversal	Probar la repetibilidad de la ecografía en la evaluación de los movimientos de succión y deglución fetales.	80 fetos sanos	30-38 semanas	observación de frecuencia de eventos	El número medio de movimientos de deglución, ráfagas de succión y movimientos de succión totales registrados por el Observador 1 fueron $8.3 \pm 4.7$ , $9.9 \pm 9.3$ y $35.8 \pm 48.0$ y los valores equivalentes para el Observador 2 fueron $8.2 \pm 4.8$ , $9.8 \pm 9.3$ y $36.4 \pm 49.0$ , respectivamente.	El alto grado de repetibilidad intra e interobservador revelado en el análisis ecográfico de los movimientos de succión y deglución de los fetos respalda la aplicabilidad de la evaluación ecográfica en fetos normales.

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión (Continuación).

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
Yan et al/24	2006	Estudio observacional prospectivo	Evaluar los patrones característicos de la expresión facial en fetos de 28 a 34 semanas mediante ecografía 4-dimensional (4-D).	10 fetos sanos	28-34 semanas	4D US	El movimiento bucal fue la expresión facial más frecuente \ mientras que las menos frecuentes fueron fruncir el ceño y succión. En la mayoría de los casos se observaron bostezos , sonrisa y parpadeos.	La ecografía 4-D proporciona un medio para evaluar la expresión facial del feto al comienzo del tercer trimestre. Puede ser clave para predecir la función y el bienestar del cerebro fetal y una modalidad importante en la investigación neurofisiológica fetal futura.
Andonotopo et al/25	2006	estudio observacional de cohorte prospectivo	Averiguar si la cantidad de expresión facial fetal y la calidad de los movimientos corporales pueden usarse como un criterio de diagnóstico adicional para la alteración cerebral prenatal en fetos con restricción del crecimiento.	50 fetos con restricción de crecimiento y 50 fetos sin restricción de crecimiento	Tercer trimestre	observación de frecuencia de eventos	El valor mediano de todos los patrones de movimiento en los fetos normales difirió de los fetos con restricción del crecimiento intrauterino (RCIU). Los fetos con RCIU tienen menos actividad conductual que los fetos normales en todos los patrones de movimiento observados. La correlación alcanzó significación entre fetos normales y con RCIU en el tercer trimestre en mano a cabeza, mano a cara y retroflexión de cabeza.	Los datos recientes sobre fetos con RCIU obtenidos por ecografía 4D son estimulantes y podrían resultar en una estrategia más eficaz para evaluar el desarrollo antes del nacimiento. Los resultados de este estudio pueden alentar el uso futuro de 4D US para la evaluación cuantitativa y cualitativa del comportamiento del feto como posibles indicadores de la condición neurológica en fetos con RCIU.
Kim et al/44	2010	Estudio experimental de ensayo clínico	Proporcionar un método de detección estándar para predecir el desarrollo del sistema nervioso del recién nacido midiendo las expresiones faciales y los cambios de comportamiento mediante ecografía 4-D, BPP y Doppler.	40 mujeres con embarazo normal	28-32 semanas	4D US	El movimiento más frecuente en fetos y recién nacidos fue el bostezo y los movimientos aislados del brazo, respectivamente.	Hubo una alta correlación entre la succión, la deglución y los movimientos aislados de las extremidades en fetos y recién nacidos.
Miskovic et al/13	2010	Estudio observacional longitudinal prospectivo	Comparar el comportamiento fetal en embarazos normales y de alto riesgo mediante ecografía tetradimensional (4DUS).	116 embarazos de alto riesgo y 110 embarazos normales	20-36 semanas	KANET Y ATNAT	Hubo una diferencia entre el grupo de embarazos normales y de alto riesgo, para 8 de cada 10 parámetros en KANET: anteflexión aislada de la cabeza, parpadeo de los ojos, expresiones faciales, movimientos de la boca, movimiento aislado de la mano, movimiento de la mano a la cara, movimientos de puños y dedos, movimientos generales. No hubo diferencia entre las suturas craneales y los movimientos aislados de las piernas. La comparación de KANET y ATNAT mostró una correlación moderada entre las dos pruebas.	La diferencia del comportamiento fetal entre los embarazos normales y de alto riesgo fue evidente. se deben realizar más estudios antes de que la prueba pueda recomendarse para una práctica clínica más amplia.

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión (Continuación).

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
Reissland <i>et al</i> <sup>2</sup>	2011	Estudio experimental de ensayo clínico	Desarrollar un método confiable y reproducible para la codificación del movimiento facial fetal.	dos fetos femeninos sanos.	24, 27 y 34 semanas de gestación	El sistema de codificación de acciones faciales (Facial Action Coding System)	Esta investigación proporciona la primera evidencia de progresión del desarrollo de movimientos faciales individuales. Se propone este método que puede tener un potencial considerable para evaluar el desarrollo fetal: la discriminación posterior del desarrollo facial fetal normal y anormal podría identificar problemas de salud en el útero.	Este estudio sugiere el potencial de detectar y discriminar el comportamiento fetal normal del límite y anormal en embarazos normales y de alto riesgo.
Tallic <i>et al</i> <sup>14</sup>	2011	Estudio observacional de cohorte longitudinal prospectivo	Evaluar las diferencias de comportamiento fetal en embarazos normales y de alto riesgo.	520 embarazos de alto riesgo, 100 embarazos de bajo riesgo	26-38 semanas	KANET	La mayor incidencia de fetos con KANET anormal fue en el grupo de fetos que tenían hermanos con parálisis cerebral. La mayor incidencia de KANET límite se ha encontrado en el grupo de fetos cuyas madres tuvieron fiebre durante el embarazo. Los siguientes parámetros de la prueba KANET difirieron significativamente entre los fetos de embarazos de bajo y alto riesgo: suturas craneales superpuestas, circunferencia de la cabeza, parpadeo aislado, expresiones faciales, movimientos de la boca, movimientos aislados de las manos, movimientos aislados de las piernas, movimientos de la mano a la cara, movimientos de los dedos, movimientos y movimientos generales.	La prueba KANET tiene el potencial de detectar y discriminar el comportamiento fetal normal del límite y anormal en embarazos normales y de alto riesgo.
Yaqub <i>et al</i> <sup>11</sup>	2012	Estudio observacional de cohorte longitudinal prospectivo	Determinar el papel de la ecografía 4-D en la evaluación prenatal del neurocomportamiento fetal en embarazos normales y de alto riesgo y evaluar su uso en la predicción de resultados neurológicos adversos.	40 mujeres con alto riesgo de que el feto presentara anomalías neurológicas y 40 mujeres con embarazo de bajo riesgo	Entre 20 y 38 semanas	KANET y ATNAT (4D)	Un total de 14 fetos tenían puntuaciones KANET anormales y 23 fetos se encontraban en límite de 37 fetos en riesgo neurológico. La evaluación neurológica posnatal mediante el método ATNAT reveló que cuatro recién nacidos fallecidos padecían (síndrome de Edwards, holoprosencefalia, y dos casos de hidropesía fetal). De los 23 fetos KANET borderline, hubo 17 recién nacidos en borderline por ATNAT, mientras que cinco eran normales.	El presente estudio concluyó que la ecografía 4-D puede tener un papel importante en la evaluación prenatal de la neuroconducta fetal y en la predicción de resultados neurológicos adversos.

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión (Continuación).

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
Kanenishi et al <sup>10</sup>	2013	Estudio transversal	Evaluar la frecuencia de las expresiones faciales fetales a las 25-27 semanas de gestación mediante ecografía 4D	24 mujeres con embarazo normal	25-27 semanas	4D US	El movimiento bucal fue la expresión facial más común entre las 25 y 27 semanas de gestación; la frecuencia de expresiones bucales fue significativamente mayor que la de las otras expresiones faciales evaluadas, iads sonrisas, expulsión de la lengua, succión y parpadeo difirieron significativamente entre las semanas 25-27 y 28-34	Los resultados indican que las expresiones faciales se pueden utilizar como un indicador del desarrollo neurológico fetal normal del segundo al tercer trimestre. La ecografía 4D puede ser una herramienta valiosa para evaluar el desarrollo neuroconductual fetal durante la gestación.
Reissland et al <sup>11</sup>	2013	Estudio transversal	Examinar si los movimientos faciales complejos se fusionan en una expresión facial reconocible de dolor y/o angustia.	15 fetos sanos	24-36 semanas	Sistema de codificación de acción facial	Los resultados indican que a medida que los fetos maduran, muestran movimientos faciales cada vez más complejos utilizando hasta 7 de los 19 movimientos faciales que ocurren al mismo tiempo.	Los resultados sugieren que los fetos sanos progresan hacia una expresión de dolor y/o angustia cada vez más completa a medida que maduran, es un proceso adaptativo que es beneficioso para el feto después del nacimiento y tiene el potencial de identificar vías de desarrollo normales versus anormales.
Athanasiadis et al <sup>12</sup>	2013	Estudio observacional de cohorte prospectivo	Evaluar y comparar la conducta fetal y el desarrollo neurológico (KANET) entre embarazos de bajo y alto riesgo.	152 mujeres, 78 embarazos de bajo riesgo, 74 embarazos de alto riesgo	2-3 trimestre	KANET	La puntuación del desarrollo neurológico fue estadísticamente significativa más alta en el grupo de bajo riesgo en comparación con el grupo de alto riesgo. La puntuación del subgrupo de diabetes fue estadísticamente significativamente más alta en comparación con el subgrupo de RCIU y preeclampsia.	La evaluación del neurodesarrollo fetal mediante ecografía 4D parece ser una técnica factible en la evaluación de embarazos de alto riesgo. Estudios adicionales en los que se justifique cualquier asociación entre la puntuación KANET y el resultado neurológico de la infancia.
Kurjak et al <sup>11</sup>	2013	estudio observacional de cohorte longitudinal prospectivo	Evaluar el inicio y las frecuencias de los primeros contactos entre gemelos mediante ecografía tetradimensional (4D US) en el primer trimestre del embarazo y evaluar el comportamiento fetal y la puntuación de la prueba de neurodesarrollo prenatal de Kurjak (KANET) de gemelos en comparación con los hijos únicos en el segundo y tercer trimestre.	49 embarazos gemelares sanos	primer trimestre y 28-36 semanas	KANET	Con el aumento de la edad gestacional, se observó una mayor frecuencia de movimientos. El número de puntuaciones KANET anormales, limitrofes y normales entre hijos únicos y gemelos no fue estadísticamente significativa. Las puntuaciones para el parpadeo aislado de los ojos, la boca, las muecas, el movimiento de la mano a la cabeza, los movimientos de los dedos, la percepción Gestalt y los movimientos generales difirieron significativamente en los gemelos y los hijos únicos.	Se observaron dos tipos de actividades: espontáneas y reactivas. Aunque los gemelos mostraron menos actividad y un patrón de comportamiento diferente que los únicos, una proporción considerable de la motilidad general se debió a los contactos entre gemelos.

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión (Continuación).

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
Reissland <i>et al</i> <sup>24</sup>	2014	Estudio observacional longitudinal prospectivo	Investigar si los fetos de 24 a 36 semanas de gestación muestran un aumento de los comportamientos lateralizados durante la apertura de la boca y si los movimientos lateralizados de la boca están relacionados con la edad fetal, el género y el estrés prenatal.	15 fetos sanos	24 a 36 semanas de gestación	Adaptación del sistema de codificación de acciones faciales (Facial Action Coding System)	Hubo un aumento significativo en la proporción de aperturas bucales lateralizadas durante el período, aumentando en un 11% por cada semana de edad gestacional. No se encontraron diferencias de género ni hubo ningún efecto del estrés informado por la madre.	Los movimientos de la boca observados prenatalmente, ayudan en el mapeo de las conexiones neuronales, los movimientos bucales asimétricos, podrían ayudar a demostrar la maduración de las vías hacia los hemisferios derecho e izquierdo.
Hata <i>et al</i> <sup>17</sup>	2016	Estudio observacional de cohorte prospectivo	Evaluar la diferencia en el comportamiento fetal entre fetos masculinos y femeninos.	59 fetos masculinos y 53 femeninos sanos	28-38 semanas	KANET	La puntuación total de KANET fue normal en ambos grupos y no hubo diferencias significativas en la puntuación total de KANET. Cuando se compararon los parámetros individuales de KANET, no se observaron diferencias significativas en los ocho parámetros.	No hay diferencia en el comportamiento fetal entre fetos masculinos y femeninos en el tercer trimestre del embarazo. Estos resultados sugieren que el estudio de ultrasonido 4D que examina el comportamiento fetal no necesita considerar el factor sexo fetal.
Antsaklis <i>et al</i> <sup>15</sup>	2017	Estudio observacional longitudinal prospectivo	Evaluar si existe diferencia en el comportamiento de fetos de gestantes con diabetes en tratamiento con insulina, en comparación con fetos de gestantes sin diabetes.	80 mujeres, 40 con DM o Diabetes gestacional, 40 mujeres sin diabetes y con embarazo de bajo riesgo	28-38 semanas	KANET	No hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a la edad materna. Después del análisis de los resultados obtenidos de la aplicación de KANET a cada grupo, los resultados de KANET tuvieron puntuaciones más altas en el grupo no diabético.	Existen diferencias en el comportamiento fetal entre los fetos diabéticos y no diabéticos, y también los parámetros específicos: se identificaron movimientos que eran diferentes entre los dos grupos.
AboElaili <i>et al</i> <sup>20</sup>	2018	Estudio transversal	Evaluar las expresiones faciales fetales en el tercer trimestre del embarazo, cuando la maduración y el desarrollo del cerebro fetal están progresando en fetos sanos normales.	111 fetos sanos	30 y 40 semanas	4D US	La expresión facial con la boca fue la más frecuente entre las 30 y 40 semanas de gestación, seguida del parpadeo. Ambas expresiones faciales fueron más frecuentes que las otras expresiones. Otras expresiones faciales no cambiaron entre las 30 y 40 semanas. No hubo diferencias en las otras expresiones faciales entre los tres grupos de edad gestacional.	La evaluación por ultrasonido 4D de las expresiones faciales fetales puede ser una modalidad útil para evaluar la maduración y el desarrollo del cerebro fetal. La frecuencia decreciente de bostezos fetales después de las 30 semanas de gestación puede explicar la aparición de distintos estados de excitación.
Ogo <i>et al</i> <sup>18</sup>	2019	Estudio transversal	Evaluar los cambios de comportamiento fetal en respuesta a la estimulación vibroacústica (EVA) en embarazos únicos normales mediante ecografía cuatridimensional (4D)."	68 mujeres con embarazos normales	24-40 semanas	4D US	No hubo diferencias en la frecuencia de cada comportamiento fetal antes y después de la EVA a las 24-27, 28-31 y 32-35 semanas de gestación. Sin embargo, las frecuencias de parpadeo y movimientos de sobresalto fueron significativamente más altas después de la EVA en el grupo de edad gestacional de 36 a 40 años	La edad de 36 semanas de gestación podría representar una etapa avanzada del desarrollo y maduración del cerebro y del sistema nervioso central, ya que la respuesta a los estímulos es prominente a esta edad en comparación con una gestación más temprana.

Tabla 1. Artículos incluidos en la discusión (Continuación).

Autor	Año	Tipo de estudio	Objetivo	Muestra	Edad gestacional	Sistema de observación	Resultados	Conclusiones
Bradford <i>et al</i> <sup>29</sup>	2019	Estudio observacional retrospectivo	Describir la fuerza, la frecuencia y el patrón del movimiento fetal percibido por la madre al final del embarazo en mujeres con resultados normales posteriores.	274 mujeres con embarazo normal	Mayor a 28 semanas	Percepción materna	162 de las mujeres informaron durante la entrevista prenatal que la fuerza de los movimientos fetales había aumentado en las dos semanas anteriores. La mayoría de las mujeres sintieron fuertes movimientos fetales por la noche, incluida la hora de acostarse. Las mujeres eran más propensas a percibir movimientos fetales moderados o fuertes cuando estaban sentadas en silencio en comparación con otras actividades como tomar una bebida fría o comer.	Los datos respaldan informar a las mujeres en el tercer trimestre que a medida que avanza el embarazo es normal percibir movimientos cada vez más fuertes. Los proveedores de atención deben responder a las preocupaciones sobre la disminución de los movimientos fetales en la noche, ya que esto es inusual.

la diferencia entre gestantes con diabetes mellitus y gestantes sin la enfermedad, mientras que en dos se observó la diferencia de comportamiento entre fetos masculinos y femeninos.<sup>16,17</sup> También se observó el comportamiento fetal, luego de recibir un estímulo vibroacústico.<sup>18</sup>

### Movimientos fetales

Ocho de los 24 artículos tienen como objetivo observar los movimientos faciales fetales para poder correlacionarlos con el desarrollo normal del feto.<sup>19-26</sup> Reissland *et al*<sup>22</sup> planteó un método confiable de codificación de los movimientos faciales fetales para futuras interpretaciones. Dentro de este grupo, uno de los artículos tiene como objetivo, además de interpretar este tipo de movimientos, comprender los movimientos corporales fetales.<sup>25</sup> Algunos mencionan acciones fetales como succión y deglución,<sup>27</sup> hasta movimientos corporales en general.<sup>16,28</sup> Un estudio se centró en analizar la fuerza, la frecuencia y el patrón sobre los movimientos del feto percibido por las gestantes, para lo cual se les realizó entrevistas.<sup>29</sup> Sólo un estudio evaluó la conducta fetal en los tres trimestres del embarazo normal, donde se hizo un seguimiento de la conducta desde el período fetal hasta el neonatal.<sup>30</sup>

### Métodos de observación

La mayoría de los artículos realizaron sus estudios desde el segundo trimestre de embarazo, donde es más probable observar los movimientos y acciones fetales; se tomaron datos mediante la observación de frecuencia de eventos durante el examen ecográfico. Otros artículos acoplaron esta evaluación a pruebas ya estandarizadas.

Diez artículos realizaron pruebas de evaluación neuroconductual fetal, tales como KANET<sup>11,15,17,31</sup> y FACS (del inglés *Facial Action Coding System*),<sup>21,22,32</sup> las cuales ayudan al diagnóstico de un panorama neurológico, ya sea normal o anormal, correlacionándolo con el desarrollo cerebral del feto y del SNC.<sup>17</sup> Dos artículos<sup>11,13</sup> correlacionaron KANET con ANTAT (del inglés *Amiel-Tison's neurological assessment at term*) una evaluación neurológica para neonatos, en este caso los autores intentan determinar la validez de esta evaluación con KANET para predecir resultados del desarrollo fetal previo al nacimiento. Sólo un artículo<sup>26</sup> utilizó ecografía 3D para observar el bienestar fetal, identificando actividad como parpadeo, movimientos bucales y movimientos de la lengua del feto.

## DISCUSIÓN

### Comportamiento fetal

Hace referencia a las acciones y respuestas físicas del feto durante los meses de gestación, que pueden ser notadas por la madre o

por la ecografía, y las cuales pueden o no cambiar dependiendo de las condiciones del embarazo. Dentro de este comportamiento, se incluye la actividad corporal como los movimientos faciales del feto, a los que se les hace una interpretación dependiendo de los patrones definidos en las evaluaciones neurológicas (Tabla 2). En la mayoría de los artículos seleccionados se discutió si el comportamiento fetal puede ser un indicador del desarrollo neurológico del feto, además de experimentar y confirmar si es una forma de evaluación acertada.

Cuatro artículos son estudios comparativos entre embarazos de alto y bajo riesgo donde: Abo Yaqoub *et al*,<sup>11</sup> Athanasiadis *et al*,<sup>12</sup> Miskovic *et al*,<sup>13</sup> Talic *et al*,<sup>14</sup> describieron resultados estadísticamente significativos, resaltando que los embarazos de alto riesgo presentaron un puntaje de KANET más bajo en comparación con los embarazos normales, a los cuales se les realizó la prueba de KANET, dos de estos artículos correlacionaron este anterior con la prueba de ATNAT: Abo Yaqoub *et al*<sup>11</sup> mencionó que, de los 14 fetos estudiados que presentaron un puntaje de KANET anormal, dos fetos fueron diagnosticados con síndrome de Edwards y uno con síndrome de Patau. Se presentaron 23 fetos con resultado KANET límite, de los cuales diecisiete recién nacidos coincidieron con resultado límite por ATNAT, mientras que 5 casos fueron reportados como normales; en total, se reportaron 37 fetos con riesgo neurológico, 14 con puntaje KANET anormal y 23 con puntaje límite. Por su parte, Miskovic *et al*<sup>13</sup> presentó una diferencia para ocho de cada diez parámetros en KANET entre embarazos normales y embarazos de alto riesgo; realizó una comparación entre KANET y ATNAT, donde mostró una correlación moderada y estadísticamente significativa entre las dos pruebas, lo que significa que el examen neuropediátrico posnatal (ATNAT) confirmó el hallazgo prenatal de 4DUS (KANET).

Estos estudios podrían dar un acercamiento a la validez de las evaluaciones neurológicas fetales para predecir y/o diagnosticar enfermedades que puedan afectar al feto en su desarrollo normal, además de correlacionar resultados fetales y posnatales, también se podría realizar una historia clínica que incluya los antecedentes familiares del feto, lo cual permita ofrecer un indicio de la evaluación en este caso.

Hata *et al*<sup>17</sup> realizó una comparación entre fetos masculinos y femeninos, realizándoles la prueba de KANET, el cual fue normal en ambos grupos y no mostró diferencias significativas en la puntuación; se puede inferir que no se necesita incluir esta diferenciación de sexos en la prueba. Debe mencionarse que el sesgo y la subjetividad del investigador pueden manifestarse en esta evaluación, sin embargo, en este artículo, más de la mitad del grupo de estudio presentaba diabetes, preeclampsia, amenaza de parto prematuro, infección intraamniótica, RCIU (restricción del crecimiento intrauterino), malformaciones estructurales y cromosómicas, lo cual hace verificable la evaluación.

Las patologías preexistentes en la madre también pueden afectar el comportamiento fetal,<sup>33-37</sup> tal es el caso que menciona Antsaklis *et al*,<sup>15</sup> donde sus resultados indican que existen diferencias en el comportamiento fetal entre los fetos con madres diabéticas y no diabéticas; dentro del grupo no diabético no hubo puntuaciones anormales, pero sí límite del 11%, mientras que las puntuaciones normales correspondieron al 89%; para el grupo con diabetes, las puntuaciones de KANET fueron dos anormales [1,3%], 23 límite [14,7%] y 131 normales [84%]. Luego del análisis de los resultados obtenidos con KANET para cada grupo, los resultados tuvieron puntuaciones más altas en el grupo no diabético. Dentro de parámetros específicos de la prueba KANET se identificaron movimientos que eran diferentes entre los dos grupos; la mayor diferencia entre estos fue el parpadeo aislado, las alteraciones faciales y los movimientos de los dedos.<sup>13</sup>

En este mismo estudio se presenta el caso de embarazos de alto riesgo, donde también se han hallado diferencias, tanto en la evaluación neurológica fetal, como en el estudio posnatal; esta combinación de pruebas busca confirmar o descartar los resultados de la evaluación fetal para que así se logre tener especial cuidado con los fetos que tuvieron un puntaje anormal o límite. Este autor en otro estudio,<sup>12</sup> utilizó como grupo de estudio a fetos que tuvieran restricción de crecimiento (RCIU). En cuanto a todos los patrones de movimiento observados, se observó una tendencia a una menor actividad conductual a comparación los fetos normales, lo cual indicaría que se podrían puntualizar los movimientos, ya que podrían ser valiosos indicadores de un desarrollo neurológico alterado o no alterado.

La evaluación entre embarazos de alto riesgo comparada con embarazos normales puede mostrar una diferencia de la aparición de movimientos generales, siendo estos menos frecuentes en fetos con formas severas o moderadas de parálisis cerebral.<sup>38</sup> Talic *et al*<sup>14</sup> reportó que la mayor incidencia de fetos con KANET anormal fue en el grupo de fetos que tenían hermanos con parálisis cerebral, mientras que la mayor incidencia de KANET límite se encontró en el grupo de estudio de fetos cuyas madres tuvieron fiebre durante el embarazo.

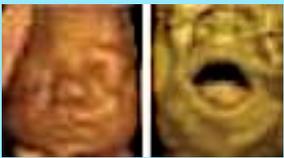
En estudios anteriores, donde se estudiaron fetos con desordenes congénitos mediante ecografías, se tuvo como conclusión que cuando el comportamiento fetal se presenta de manera anormal, puede ser un precedente que puede ser de ayuda para guiar un diagnóstico prenatal.<sup>39-41</sup>

### Movimientos faciales

Se hace referencia al cambio en las expresiones faciales del feto, las cuales incluyen sonrisas, bostezo, fruncir el ceño, expulsión de la lengua, masticación, apertura bucal y movimiento de los labios, en estrecha relación con el control de los pares craneales

## Movimientos fetales y el neurodesarrollo

Tabla 2. Definiciones de cada predictor usado en KANET mediante 4DUS. Adaptado de Kurjak *et al.*<sup>50</sup>

Parámetro	Observación	Significancia
<b>Anteflexión de cabeza aislada</b> 	<p><b>Normal:</b> El movimiento no se asocia con movimientos generales. Usualmente se realiza lentamente, aunque puede ser rápido y espasmódico.</p> <p><b>Anormal:</b> El movimiento parece abrupto cuando se marca por cambios repentinos y transiciones bruscas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimientos rítmicos anormales, a veces relacionado con convulsiones en el útero.</li> <li>La actividad de los músculos flexores dependerá del sistema superior desde las 34 semanas de gestación.</li> <li>La ausencia de flexiones activas es una de los mayores signos neurológicos a las 40 semanas de gestación.</li> </ul>
<b>Superposición de estructuras craneales y circunferencia de la cabeza</b> 	<p><b>Normal</b> Suturas craneales no superpuestas, lisas, crestas; no visibles.</p> <p><b>Anormal</b> Crestas craneales sobre cada sutura o restringidas a la sutura escamosa. Un perímetro de cabeza anormal dependiendo de la media normal para el estado de gestación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las crestas craneales anormales sobre cada sutura y el perímetro de la cabeza por debajo del límite están relacionados con un deterioro severo o moderado del crecimiento hemisférico cerebral.</li> </ul>
<b>Parpadeo de ojos aislado</b> 	<p><b>Normal</b> Muestra reflejo de apertura y cierre de ojos rápidamente por un periodo normal de tiempo o puede ser voluntario. El movimiento parece fluido, suave y sin restricciones.</p> <p><b>Anormal</b> Movimientos muy raros o espasmódicos de los párpados durante la observación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presencia de este movimiento indicó ausencia de depresión del SNC.</li> <li>La función visual está mediada a través de la vía subcortical hasta dos meses después del nacimiento.</li> </ul>
<b>Alteración facial (mueca o expulsión de la lengua)</b> 	<p><b>Normal</b> El arrugamiento de las cejas o el rostro al fruncir el ceño, a veces caracterizado por la expulsión de la lengua.</p> <p><b>Anormal</b> Mímica, casi ausente del rostro o movimientos muy raros. La cara se ve siempre igual a una imagen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presencia de este movimiento indicó la ausencia de depresión del SNC.</li> </ul>
<b>Apertura de la boca (bostezar o apertura bucal)</b> 	<p><b>Normal</b> Indica que el feto está abriendo la boca. A veces consiste en desplazamientos de lengua y/o laringe. El bostezo se caracteriza por una amplia apertura prolongada de las mandíbulas seguida de un cierre rápido, retroflexión de la cabeza y elevación de los brazos.</p> <p><b>Anormal</b> Ausencia de movimientos o movimientos muy raros de la lengua y bostezos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presencia de este movimiento indicó la ausencia de depresión del SNC.</li> </ul>
<b>Movimientos aislados de manos y piernas</b> 	<p><b>Normal</b> Movimientos rápidos o lentos, y pueden involucrar extensión, flexión, rotación externa e interna, o abducción y aducción de una extremidad, sin movimientos en otras partes del cuerpo.</p> <p><b>Anormal</b> Movimiento caracterizado por un repertorio pobre, cuando la secuencia de componentes sucesivos es monótona y los movimientos no ocurren de manera compleja. El movimiento caracterizado por "estrecho" cuando parece rígido y falta del carácter normal suave y fluido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimientos anormalmente rítmicos a veces relacionados con convulsiones que ocurren en el útero.</li> <li>Movimiento automático de piernas o el movimiento de caminar es una etapa pre-competente, presente muy temprano en la vida fetal y aún al nacer, luego disminuye en los primeros tres meses postnatales.</li> <li>Al parecer, el movimiento de la marcha desaparece pero luego se involucra en la automatización de la marcha independiente para el resto de la vida. Este es un ejemplo típico de "cambio de poder" de un comando inferior (tronco encefálico) a un comando superior (cortical).</li> </ul>
<b>Movimientos mano a cara</b> 	<p><b>Normal</b> La mano toca las partes de la cara, a veces con extensión y flexión de los dedos.</p> <p><b>Anormal</b> El movimiento parece abrupto cuando está marcado por cambios repentinos de sujeto y transiciones bruscas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Movimientos anormalmente rítmicos a veces relacionados con convulsiones que ocurren en el útero.</li> </ul>
<b>Movimientos de los dedos y posición del pulgar</b> 	<p><b>Normal</b> Pulgar fuera del puño la mayor parte del tiempo, se presentan movimientos de los dedos.</p> <p><b>Anormal</b> Cuando la aducción del pulgar en un puño cerrado no es reducible. Alteración en los movimientos de los dedos y el pulgar correlacionados con la ausencia de actividad motora espontánea.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El lado unilateral del puño cerrado es una orientación preciosa en caso de infarto de la arteria cerebral media.</li> <li>Esta actividad motora depende del sistema inferior hasta las 30-32 semanas de gestación y cambia al control superior más adelante.</li> </ul>
<b>Percepción Gestalt de movimientos generales.</b> Percepción general de los movimientos del cuerpo y las extremidades con su evaluación cualitativa (fluidez, variabilidad y amplitud)	<p><b>Normal</b> Movimientos sincronizados, mostrando fluidez y elegancia de los movimientos, creando la impresión de complejidad y variabilidad.</p> <p><b>Anormal</b> Poca amplitud, variabilidad y fluidez de los movimientos</p>	<p>La identificación de la "depresión del SNC" durante la vida fetal se basa en la calidad de los movimientos generales fetales.</p>

V y VII, estos movimientos aparecen cerca de las 10-11 semanas de gestación.<sup>42</sup>

Ocho artículos observaron movimientos faciales fetales y correlacionaron la importancia de su identificación con el desarrollo neurológico.<sup>19-26</sup> Los patrones de expresión facial tienen una frecuencia máxima al final del segundo trimestre, exceptuando el patrón de parpadeo, cuya frecuencia máxima puede manifestarse a las 28 semanas de gestación. A medida que avanza el embarazo, los patrones de expresión facial se ven disminuidos, sin embargo, se ven aumentados en cuanto a complejidad;<sup>22</sup> esto puede relacionarse con la maduración del tallo cerebral, junto con la aparición del control de estructuras craneales sobre los movimientos. Es de notarse que, en el período embrionario, los procesos que permiten el crecimiento del tubo neural también influyen sobre el desarrollo de estructuras faciales, esto explica por qué algunos trastornos genéticos que afectan al SNC, también se caracterizan por un cambio en la morfología y falla en la función de las estructuras faciales, por lo tanto, aquí radica la importancia de la evaluación estructural y funcional del rostro fetal.<sup>43</sup>

Kanenishi *et al*<sup>19</sup> evaluó la frecuencia de las expresiones faciales fetales en las 25-27 semanas de gestación mediante ecografía 4D. El movimiento de la boca (tragar) fue la expresión facial más común entre las 25 y 27 semanas de gestación; la frecuencia de estos movimientos fue significativamente mayor que la de otras expresiones faciales; dentro de estas, el bostezo fue el más frecuente. La regularidad de la sonrisa, expulsión de la lengua, succión y parpadeo difirieron significativamente entre las semanas 25-27 y 28-34 de gestación, lo cual se obtuvo como conclusión de un estudio previo. Para AboEllai *et al*,<sup>20</sup> la expresión facial bucal fue la más frecuente, seguida del parpadeo; no obstante, en este caso, el estudio se realizó en las semanas 30 y 40 de gestación. Yan *et al*<sup>24</sup> y Kim *et al*<sup>44</sup> coinciden en su estudio con que fueron significativamente más frecuentes las expresiones como bostezos, sonrisa y parpadeo. Se evaluaron también los patrones característicos de la expresión facial en fetos de 28 a 34 semanas de gestación.

Hata *et al*<sup>26</sup> observó el movimiento del párpado fetal (parpadeo fetal) en 3 de 17 fetos estudiados que se encontraban dentro de las 20-38 semanas de gestación. Se pudieron observar varios tipos de movimientos de la boca (bostezos, apertura bucal moderada, masticación y movimientos sutiles de los labios) en nueve fetos. El bostezo temprano puede observarse con ecografía 2D, alrededor de las 11 semanas de gestación; este aparece como un movimiento no repetitivo y coincide con el desarrollo del bulbo raquídeo y el puente de Varolio del tallo cerebral. Su maduración se ha asociado a cambios en el patrón de bostezos en fetos,<sup>43</sup> de esta manera, este movimiento tan frecuente puede evaluar la maduración de estructuras neurológicas importantes que establecen la comunicación entre el cerebelo y estructuras del SNC; es de

señalar que en este lugar, se encuentran vías corticoespinales y espinotalámicas, junto con parte de la formación reticular que permite el control de actividades cíclicas tales como sueño y vigilia, las cuales se ven incrementadas y son más reconocibles cuando existe una maduración.<sup>45</sup>

### Movimientos corporales

Los movimientos corporales hacen referencia al cambio de posición de las extremidades del feto que podrían indicar desarrollo neurológico, ya que son esenciales para el desarrollo de redes neuronales. Según Purves *et al*,<sup>46</sup> las redes neuronales sufren procesos histogénéticos por medio de regulación epigenética que facilitan un desarrollo basado en la información aferente producida por los movimientos,<sup>47</sup> creando una retención de las redes neuronales y patrones motores más favorables; en este caso, se le estaría dando un papel crucial al movimiento en el desarrollo óptimo del sistema nervioso y de los músculos. Un ejemplo de esto es la presentación podálica al final del embarazo, la cual puede tener efectos en el movimiento de las extremidades inferiores del feto. La restricción de movimiento también puede afectar la maduración neurológica de los reflejos de estas extremidades,<sup>43</sup> es decir, que el movimiento fetal toma relevancia, no sólo en cuanto a ser un marcador, si no en el desarrollo mismo de las redes neuronales que se comienzan a cimentar y le otorgan al futuro recién nacido medios para su supervivencia.

Dentro de los artículos que discutieron movimientos fetales, Almlí *et al*<sup>16</sup> realizó la cuantificación longitudinal de los movimientos de las piernas de fetos entre la semana 30, 34 y 37 de gestación y de neonatos. En este estudio, los sujetos masculinos mostraron un mayor número de movimientos de piernas por minuto que los sujetos femeninos durante el desarrollo prenatal y posnatal. D'Elia *et al*<sup>28</sup> realizó un análisis cuantitativo de actividades fetales como movimientos bucales, oculares y movimientos corporales en 15 fetos que cursaban un embarazo normal; se mostró una disminución significativa en la incidencia de movimientos corporales brutos y un aumento significativo en la incidencia de movimientos bucales entre la semana 28 y 38 de gestación.

Es importante resaltar que el tracto espinotalámico se establece mielinizado a las 29 semanas de gestación y las conexiones talamocorticales tienen contacto con la placa cortical a las 24-26 semanas de gestación; en la semana 29 se distinguen potenciales corticales que indican la conexión funcional entre la periferia y la corteza, lo cual es fundamental para el reconocimiento de las entradas sensoriales a la corteza y producción de movimientos corporales,<sup>43</sup> no sólo explicando que el feto ya no se reconoce como un ente aislado sensorialmente de su entorno, sino como un ser vivo que está reconociendo el medio en donde se encuentra y puede interactuar mientras se desarrolla su madurez. Esta exploración del entorno también puede ser reconocida por la madre

cuando puede percibir un patrón de comportamiento fetal, este puede estar alterado incluso con el estrés materno.<sup>48,49</sup>

Bradford *et al*<sup>29</sup> realizó una encuesta a las gestantes, en la cual se les preguntó acerca del comportamiento fetal percibido. Como resultado, se obtuvo que, en el tercer semestre, las gestantes reportaron movimientos más vigorosos, hipo fetal y un patrón diurno; además, se les informó una disminución de los movimientos fetales como un signo de alarma.

### CONCLUSIONES

El desarrollo fetal debe tener un seguimiento óptimo que permita darle seguridad, tanto al ser humano en camino, como a la gestante; la importancia de relacionar los movimientos fetales con el neurodesarrollo se encuentra en que se puede adquirir un conocimiento más amplio de los cambios estructurales fetales, correlacionados con el desarrollo funcional que se está llevando a cabo secuencialmente en el sistema nervioso fetal; permite, expandir las brechas de conocimiento frente a lo que está pasando con el feto mientras permanece en el vientre materno, así como también realizar predicciones y una valoración aproximada sobre la integridad fetal, posibilitando evaluar posibles disfunciones cerebrales, dado que una parte considerable del daño cerebral es de origen prenatal; esto usando la apreciación de movimientos corporales y faciales del feto, que bien podrían indicar la madurez de ciertas áreas encargadas de estos movimientos.

Aunque falta aún más investigación en este campo y diversidad de aplicaciones que permitan un consenso a nivel mundial y específicamente en Colombia, la evaluación neurológica fetal es un campo muy optimista que elucida un futuro en el que se puedan diagnosticar potenciales problemas en el desarrollo del feto. KANET es una evaluación del estatus neurológico del feto que puede tener un potencial de detección y discriminación entre la anormalidad o normalidad del comportamiento fetal en correlación con el desarrollo neurológico, incluso cuando se habla de embarazos de alto riesgo; por lo tanto, podría establecerse como una herramienta útil en la clínica.

### REFERENCIAS

1. López-Quinonez F, Obando-Velasco J, Rodríguez-López M. Brechas sobre el acceso al control prenatal en Colombia según los estudios realizados entre 1998 y 2018. *Vitela Repos Inst Pontif Univ Javeriana Cali*. 2018; 16(103):2042.
2. Ministerio de Salud y la Protección Social. Resolución 3280 de 2018. "Por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnicos y operativos de la Ruta de Atención para la Promoción y Mantenimiento de la salud y la Ruta Integral de Atención en Salud para la Población Materno Perinatal" [Internet]. Resolución 3280; 2018 p. 1-348. Available from: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resolución No. 3280 de 20183280.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución No. 3280 de 20183280.pdf)
3. Amaya-Guío J, Díaz-Cruz LA, Cardona-Ospina A, Rodríguez-Merchán DM, Osorio-Sánchez D, Barrera-Barinas A, *et al*. Guía de práctica clínica para la prevención y detección temprana de las alteraciones del embarazo. *Rev Colomb Obstet Ginecol*. 2013; 64(3):245-88.
4. Salihagic-Kadic A, Kurjak A, Medić M, Andonotopo W, Azumendi G. New data about embryonic and fetal neurodevelopment and behavior obtained by 3D and 4D sonography. *J Perinat Med*. 2005; 33(6):478-90. DOI: 10.1515/JPM.2005.086
5. Yigiter AB, Kavak ZN. Normal standards of fetal behavior assessed by four-dimensional sonography. *J Matern Neonatal Med*. 2006; 19(11):707-21. DOI: 10.1080/14767050600924129
6. Prechtl HF, Einspieler C. Is neurological assessment of the fetus possible? *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 1997; 75(1):81-4. DOI: 10.1016/s0301-2115(97)00197-8
7. Kurjak A, Spalldi Barišić L, Stanojević M, Antsaklis P, Panchal S, Honemeyer U, *et al*. Multi-center results on the clinical use of KANET. *J Perinat Med*. 2019; 47(9):897-909. DOI: 10.1515/jpm-2019-0281.
8. Frudiger A, Mulders AGMGJ, Rousian M, Plasschaert SCN, Koning AHJ, Willemsen SP, *et al*. Evaluation of embryonic posture using four-dimensional ultrasound and virtual reality. *J Obstet Gynaecol Res*. 2021; 47(1):397-406. DOI: 10.1111/jog.14554
9. Kurjak A, Barišić LS, Antsaklis P, Stanojević M, Medjedovic E. What did we learn from the structural and functional development of fetal brain using four-dimensional sonography? *Donald Sch J Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020; 14(3):245-61. DOI: 10.5005/jp-journals-10009-1659
10. Stanojevic M, Talic A, Miskovic B, Vasilj O, Shaddad AN, Ahmed B, *et al*. An attempt to standardize Kurjak's antenatal neurodevelopmental test: Osaka consensus statement. *Donald Sch J Ultrasound Obstet Gynecol*. 2011;5(4):317-29. DOI: 10.5005/jp-journals-10009-1209
11. Abo-Yaqoub S, Kurjak A, Mohammed AB, Shadad A, Abdel-Maaboud M. The role of 4-D ultrasonography in prenatal assessment of fetal neurobehaviour and prediction of neurological outcome. *J Matern Neonatal Med*. 2012;25(3):231-6. DOI: 10.3109/14767058.2011.568552
12. Athanasiadis AP, Mikos T, Tambakoudis GP, Theodoridis TD, Papastergiou M, Assimakopoulos E, *et al*. Neurodevelopmental fetal assessment using KANET scoring system in low and high risk pregnancies. *J Matern Neonatal Med*. 2013; 26(4):363-8. DOI: 10.3109/14767058.2012.695824
13. Miskovic B, Vasilj O, Stanojevic M, Ivankovi D, Kerner M, Tikvica A. The comparison of fetal behavior in high risk and normal pregnancies assessed by four dimensional ultrasound. *J Matern Neonatal Med*. 2010; 23(12):1461-7. DOI: 10.3109/14767051003678200
14. Talic A, Kurjak A, Ahmed B, Stanojevic M, Predojevic M, Kadic

- AS, *et al.* The potential of 4D sonography in the assessment of fetal behavior in high-risk pregnancies. *J Matern Neonatal Med.* 2011;24(7):948-54. DOI: 10.3109/14767058.2010.534830
15. Antsaklis P, Porovic S, Daskalakis G, Kurjak A. 4D assessment of fetal brain function in diabetic patients. *J Perinat Med.* 2017; 45(6):711-5. DOI: 10.1515/jpm-2016-0394
  16. Robert Almlil C, Ball RH, Wheeler ME. Human fetal and neonatal movement patterns: Gender differences and fetal-to-neonatal continuity. *Dev Psychobiol.* 2001; 38(4):252-73. DOI: 10.1002/dev.1019
  17. Hata T. Current status of fetal neurodevelopmental assessment: Four-dimensional ultrasound study. *J Obstet Gynaecol Res.* 2016; 42(10):1211-21. DOI: 10.1111/jog.13099
  18. Ogo K, Kanenishi K, Mori N, Aboellail MAM, Hata T. Change in fetal behavior in response to vibroacoustic stimulation. *J Perinat Med.* 2019; 47(5):558-63. DOI: 10.1515/jpm-2018-0344
  19. Kanenishi K, Hanaoka U, Noguchi J, Marumo G, Hata T. 4D ultrasound evaluation of fetal facial expressions during the latter stages of the second trimester. *Int J Gynecol Obstet.* 2013; 121(3):257-60. DOI: 10.1016/j.ijgo.2013.01.018
  20. AboEllail MAM, Kanenishi K, Mori N, Mohamed OAK, Hata T. 4D ultrasound study of fetal facial expressions in the third trimester of pregnancy. *J Matern Neonatal Med.* 2018; 31(14):1856-64. DOI: 10.1080/14767058.2017.1330880
  21. Reissland N, Francis B, Mason J. Can Healthy Fetuses Show Facial Expressions of “Pain” or “Distress”? *PLoS One.* 2013; 8(6):1-7. DOI: 10.1371/journal.pone.0065530
  22. Reissland N, Francis B, Mason J, Lincoln K. Do facial expressions develop before birth? *PLoS One.* 2011; 6(8). DOI: 10.1371/journal.pone.0024081
  23. Kurjak A, Azumendi G, Veček N, Kupešić S, Solak M, Varga D, *et al.* Fetal hand movements and facial expression in normal pregnancy studied by four-dimensional sonography. *J Perinat Med.* 2003; 31(6):496-508. DOI: 10.1515/JPM.2003.076
  24. Yan F, Dai SY, Akther N, Kuno A, Yanagihara T, Hata T. Four-dimensional sonographic assessment of fetal facial expression early in the third trimester. *Int J Gynecol Obstet.* 2006;94(2):108-13. DOI: 10.1016/j.ijgo.2006.05.004
  25. Andonotopo W, Kurjak A. The assessment of fetal behavior of growth restricted fetuses by 4D sonography. *J Perinat Med.* 2006;34(6):471-8. DOI: 10.1515/JPM.2006.092
  26. Hata T, Kanenishi K, Akiyama M, Tanaka H, Kimura K. Real-time 3-D sonographic observation of fetal facial expression. *J Obstet Gynaecol Res.* 2005; 31(4):337-40. DOI: 10.1111/j.1447-0756.2005.00298.x
  27. Levy DS, Zielinsky P, Aramayo AM, Behle I, Stein N, Dewes L. Repeatability of the sonographic assessment of fetal sucking and swallowing movements. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2005; 26(7):745-9. DOI: 10.1002/uog.1868
  28. D’Elia A, Pighetti M, Moccia G, Santangelo N. Spontaneous motor activity in normal fetuses. *Early Hum Dev.* 2001; 65(2):139-47. DOI: 10.1016/s0378-3782(01)00224-9
  29. Bradford BF, Cronin RS, McKinlay CJD, Thompson JMD, Mitchell EA, Stone PR, *et al.* A diurnal fetal movement pattern: Findings from a cross-sectional study of maternally perceived fetal movements in the third trimester of pregnancy. *PLoS One.* 2019; 14(6):1-15. DOI: 10.1371/journal.pone.0217583
  30. Kurjak A, Stanojević M, Andonotopo W, Scazzocchio-Duenas E, Azumendi G, Carrera JM. Fetal behavior assessed in all three trimesters of normal pregnancy by four-dimensional ultrasonography. *Croat Med J.* 2005; 46(5):772-80.
  31. Kurjak A, Talic A, Stanojevic M, Honemeyer U, Serra B, Prats P, *et al.* The study of fetal neurobehavior in twins in all three trimesters of pregnancy. *J Matern Neonatal Med.* 2013; 26(12):1186-95. DOI: 10.3109/14767058.2013.773306
  32. Reissland N, Francis B, Aydin E, Mason J, Exley K. Development of prenatal lateralization: Evidence from fetal mouth movements. *Physiol Behav.* 2014; 131:160-3. DOI: 10.1016/j.physbeh.2014.04.035
  33. Yeoshoua E, Goldstein I, Zlozover M, Wiener Z. Sonographic study of the relationship between gestational diabetes mellitus and fetal activity. *J Matern Neonatal Med.* 2012; 25(6):623-6. DOI: 10.3109/14767058.2011.597897
  34. Robertson SS, Dierker LRJ. Fetal cyclic motor activity in diabetic pregnancies: Sensitivity to maternal blood glucose. *Dev Psychobiol.* 2003; 42(1):9-16.
  35. Mulder EJH, Visser GHA. Growth and motor development in fetuses of women with type-1 diabetes. II. Emergence of specific movement patterns. *Early Hum Dev.* 1991; 25(2):107-15. DOI: 10.1016/0378-3782(91)90189-a
  36. Warner J, Hains SMJ, Kisilevsky BS. An exploratory study of fetal behavior at 33 and 36 weeks gestational age in hypertensive women. *Dev Psychobiol.* 2002; 41(2):156-68. DOI: 10.1002/dev.10062
  37. Zhang J, Klebanoff MA, Roberts JM. Prediction of adverse outcomes by common definitions of hypertension in pregnancy. *Obstet Gynecol.* 2001; 97(2):261-7. DOI: 10.1016/s0029-7844(00)01125-x
  38. Seme-Ciglenečki P. Predictive Value of Assessment of General Movements for Neurological Development of High-Risk Preterm Infants: Comparative Study. *Croat Med J.* 2003; 44(6):721-7.
  39. Visser GHA, Laurini RN, de Vries JIP, Bekedam DJ, Prechtl HFR. Abnormal motor behaviour in anencephalic fetuses. *Early Hum Dev.* 1985; 12(2):173-82.
  40. Andonotopo W, Kurjak A, Kosuta MI. Behavior of an anencephalic fetus studied by 4D sonography. *J Matern Neonatal Med.* 2005; 17(2):165-8. DOI: 10.1080/14767050400028717
  41. De Vries JIP, Fong BF. Changes in fetal motility as a result of congenital disorders: An overview. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2007; 29(5):590-9. DOI: 10.1002/uog.3917
  42. Joseph R. Fetal Brain Behavior and Cognitive Development. *Dev Rev.* 2000; 20(1):81-98.
  43. Kurjak A, Kadic A, Predojevic M. Advances in Fetal Neurophysiology. *Fetal Neurol.* 2009; 161.
  44. Kim TH, Lee JJ, Chung SH, Lee HH, Lee KH, Choi KY, *et al.*

- Efficacy of assessment in fetal behaviour by four dimensional ultrasonography. *J Obstet Gynaecol (Lahore)*. 2010; 30(5):439-43. DOI: 10.3109/01443615.2010.486084
45. Escobar MPH. *Sistema nervioso: neuroanatomía funcional y clínica*. 2da ed. Cali, Colombia: Universidad del Valle; 2016. p. 519
  46. Purves D, White LE, Riddle DR. Is neural development darwinian? *Trends Neurosci*. 1996; 19(11):460-4. DOI: 10.1016/s0166-2236(96)20038-4.
  47. J P Changeux. Variation and selection in neural function. *Trends Neurosci*. 1997; 20(7):291-3.
  48. Relier JP. Influence of maternal stress on fetal behavior and brain development. *Biol Neonate*. 2001; 79(3-4):168-71. DOI: 10.1159/000047086
  49. DiPietro JA, Hodgson DM, Costigan KA, Hilton SC, Johnson TRB. Fetal Neurobehavioral Development. *Child Dev*. 1996; 67(5):2553.
  50. Kurjak A, Miskovic B, Stanojevic M, Amiel-Tison C, Ahmed B, Azumendi G, *et al*. New scoring system for fetal neurobehavior assessed by three- and four-dimensional sonography. *J Perinat Med*. 2008; 36(1):73-81. DOI: 10.1515/JPM.2008.007