



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Patrones de fijación y seguimiento visual involucrados en el reconocimiento de rostros en niños prematuros del Programa Canguro del Hospital San Ignacio de Bogotá

Sandra Milena Latorre Chiquillo

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias

Bogotá D.C, Colombia

2018-II

Patrones de fijación y seguimiento visual involucrados en el reconocimiento de rostros en niños prematuros del Programa Canguro del Hospital San Ignacio de Bogotá

Sandra Milena Latorre Chiquillo

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Neurociencias

Director:

Doctor, Jairo Alberto Zuluaga Gómez

Codirectora:

Doctora, Eleonora Rodríguez Cuenca

Línea de Investigación:

Neurodesarrollo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Maestría en Neurociencias
Bogotá D.C, Colombia
2018-II

A mis padres:

Por su ejemplo de constancia y fortaleza. Por su apoyo incondicional no solo en este proceso si no a lo largo de mi vida.

A mis amigos:

A quienes desde la infancia, adolescencia e incluso a partir de la vida laboral me han acompañado en los buenos momentos y en los momentos difíciles también.

“Los obstáculos son esas cosas espantosas que ves cuando apartas la vista de tus metas.”

Henry Ford

Agradecimientos

Por supuesto al Dr. Jairo Alberto Zuluaga por sus lecciones, su conocimiento, acompañamiento, y paciencia desde el inicio y durante el desarrollo de este proyecto.

A la Doctora Eleonora Rodriguez, por sus enseñanzas y consejos durante este tiempo.

A la Doctora Nathalie Charpak y el Programa Madre Canguro del Hospital San Ignacio por confiar en mí y permitirme acceder a esta población y hoy poder realizar un aporte a la ciencia y al bienestar de los niños y niñas pre-termino.

A Magda Yaneth Lopez, secretaria de la Maestría en Neurociencias por su ayuda, gestión, y paciencia con todos los trámites y requerimientos del proyecto.

A la profesora Maria Fernanda Lara y el laboratorio del Neurociencia Cognitiva de la Facultad de Medicina por la organización y disposición del espacio en el laboratorio y del equipo para la toma de los registros.

A PhD. Ken Pugh y Haskins Laboratories y todos quienes allí trabajan por permitirme compartir durante dos meses de una gran experiencia en investigación, y los aportes realizados en la estructuración de este proyecto.

A Terapistas del Country, a Clarita y compañeras de trabajo por su flexibilidad y apoyo durante el tiempo que compartimos, a Jenny, Yuli, Angela y compañeras de Terapistas del Country y de la Clínica del Country por ser parte de las catarsis que necesité en diferentes momentos.

A Camilo Giraldo por su invaluable amistad y por estar ahí siempre que lo he necesitado.

A mis compañeros y amigos de la maestría, que desde las experiencias compartidas logramos siempre apoyarnos unos a otros, a David con quien también compartimos en pasantía en Haskins, Karen, Carlos, Maria Andrea, Liliana y todos los que conformamos la cohorte 2014.

A Max por su amistad, y gran participación en manejo inicial de los datos, por ayudarme a desenmarañar la cantidad de información extraída.

A Jose Miguel por su importante aporte también en el complejo procesamiento de los datos relacionados con las microsacadas.

Resumen

El reconocimiento de rostros es una habilidad innata, la cual muestra una ventana de integridad y desarrollo del cerebro que se puede explorar en etapas muy tempranas de la vida. Esta construcción del cerebro se da a partir de experiencias sensoriales multimodales, dentro de las cuales a nivel visual los movimientos oculares juegan un papel importante en cuanto a la maduración y organización de los patrones fisiológicos que participan en la construcción del desarrollo visual, cognitivo y social temprano. Partiendo de esta concepción el objetivo de este trabajo es describir los patrones de motilidad ocular involucrados en el reconocimiento de rostros y de rostro materno en lactantes prematuros por medio del Eye Tracker; en el estudio participaron lactantes prematuros tardíos que asisten al programa Madre Canguro del Hospital San Ignacio de Bogotá, a quienes se les presentaron estímulos visuales en tres tareas de preferencia visual y reconocimiento de rostros y de objeto, encontrando aportes significativos, dentro de los cuales se observó que a los 2 meses de edad los bebés sí presentan una preferencia por la imagen del rostro de su madre respecto a otros estímulos no faciales. Se observaron diferencias madurativas en las características fisiológicas de los movimientos sacádicos y microsacádicos a los dos y a los tres meses de edad corregida.

Palabras clave: (procesamiento facial, reconocimiento de rostro materno, movimientos oculares, movimientos sacádicos, microsacadas).

Abstract

The recognition of faces in babies is an innate ability, which is a window of integrity and brain development that can be explored in the early stages of life, this is the construction of the brain is given bilaterally from multimodal sensory experiences, within which ocular movements play an important role in the maturation and organization of the physiological patterns that participate in the construction of visual, cognitive and social early development. From this conception the objective of this work is to describe the patterns of ocular motility involved in the recognition of faces and maternal face in premature infants through Eye Tracker; In the study, late preterm infants attended the Madre Canguro program of the Hospital San Ignacio de Bogotá, to whom visual stimuli were presented in three tasks of visual preference and face recognition and of object. Significant contributions were found, within which it was observed that at 2 months of age babies do have a preference for the image of their mother's face with respect to other non-facial stimuli, Maturation differences were observed in the physiological characteristics of the saccadic and microsaccadic movements at two and three months of corrected age.

Keywords: (facial processing, recognition of maternal face, eye movements, saccades, microcrossades).

Contenido

	Pág.
<u>Resumen</u>	IX
<u>Lista de figuras</u>	XIII
<u>Lista de tablas</u>	XV
<u>Lista de Símbolos y abreviaturas</u>	Error! Bookmark not defined.
<u>Introducción</u>	17
1. Marco Teórico	21
1.1 Prematuridad.....	21
1.1.1 Aspectos generales:	21
1.1.2 Complicaciones en el Sistema Nervioso Central (SNC)	22
1.1.3 Defectos del sistema visual asociado a la prematuridad	23
1.2 Sistema Visual	25
1.2.1 Organización Cortical del procesamiento visual.....	27
1.3 Motilidad Ocular	28
1.4 Desarrollo cognitivo y percepción visual.....	29
1.4.1 Atención visual	29
1.4.2 Percepción de objeto	30
1.4.3 Percepción de rostros	30
1.4.4 Seguimiento visual.....	31
1.5 Método Madre Canguro (MMC).....	31
1.6 Técnicas de Rastreo Ocular	33
1.6.1 Eye Tracker	33
2. Hipótesis	35
2.1 Hipótesis alterna	35
2.2 Hipótesis Nula	35
3. Objetivos	37
3.1 Objetivo General	37
3.2 Objetivos Específicos	37
4. Metodología	38
4.1 Tipo de estudio.....	38
4.2 Variables	38

4.3	Población	38
4.3.1	Criterios de inclusión	39
4.3.2	Criterios de exclusión	39
4.4	Instrumentos	40
4.4.1	Caracterización	40
4.5	Procedimiento	41
4.6	Análisis de datos	43
4.6.1	Análisis de saccadas y microsaccadas	43
4.6.2	Cambios oculomotores entre los dos y tres meses de edad corregida en lactantes prematuros	45
4.6.3	Análisis procedimental para determinar las fijaciones visuales	45
4.6.4	Análisis de preferencia de estímulo y preferencia de rostro	47
4.6.5	Análisis de percepción y reconocimiento de rostro	47
4.6.6	Análisis estadístico	48
4.7	Consideraciones éticas	48
5.	Resultados	51
5.1	Caracterización de los parámetros de los movimientos sacádicos y microsacádicos	51
5.1.1	Características de sacadas	51
5.1.2	Análisis de microsacadas	56
5.2	Preferencia de estímulo facial – no facial	59
5.3	Preferencia de rostro materno	60
5.4	Percepción y reconocimiento de rostro	61
6.	Discusión	65
7.	Conclusiones	69
7.1	Limitaciones del estudio	70

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Corrientes: visuales Vía dorsal y vía ventral

Figura 2. Distribución de los 9 puntos de calibración en la pantalla.

Figura 3. Ojo de buey.

Figura 4. Esquema de presentación de las tareas bajo el paradigma de preferencia visual.

Figura 5. Amplitud de Saccada.

Figura 6. Fórmula producto punto.

Figura 7. Distribución de Áreas de interés (AOI)

Figura 8. Comparación promedios de los movimientos sacádicos realizados durante la exploración visual a los dos y a los 3 meses de edad corregida observando una disminución significativa a los 3 meses de edad corregida ($p=0,00$)

Figura 9. Cambios en la amplitud máxima de las sacadas en la cual se observa un aumento significativo ($p=0,00$) en grados a los 3 meses de edad corregida.

Figura 10. Cambio en la duración máxima en segundos de los movimientos sacádicos, se obtuvo un aumento en la duración del movimiento a los 3 meses corregidos respecto a los dos meses de edad corregida ($p=0,03$)

Figura 11. Regresión lineal de variables de amplitud máxima y duración máxima de las sacadas a los 2 meses de edad corregida

Figura 12. Regresión lineal de variables de amplitud máxima y duración máxima de las sacadas a los 3 meses de edad corregida

Figura 13. Distribución de duración de sacadas inter-sujetos

Figura 14. Distribución de amplitud de sacadas inter-sujetos

Figura 15. Comparación valores de amplitud media de las microsacadas durante una fijación con una disminución significativa a los 3 meses de edad corregida ($p=0,00$)

Figura 16. Comparación de velocidad media de los movimientos microsacádicos a los dos y a los tres meses de edad corregida observando una disminución importante en el segundo momento de prueba. ($p=0,00$).

Figura 17. Comparación de la cantidad de microsacadas asociadas a una fijación en las dos edades corregidas observando un ligero aumento a los 3 meses corregidos ($p=0,35$)

Figura 18. Regresión lineal de variables de velocidad media vs amplitud media de las microsacadas a los 2 meses de edad corregida

Figura 19. Regresión lineal de variables de velocidad media vs amplitud media de las microsacadas a los 3 meses de edad corregida

Figura 20. A. tarea preferencia de rostro a los 2 meses de edad corregida B. tarea preferencia de rostro a los 3 meses de edad corregida

Figura 21. A. tarea preferencia de rostro materno a los 2 meses de edad corregida B. tarea preferencia de rostro materno a los 3 meses de edad corregida

Figura 22. A. fijaciones visuales a los 2 meses de edad corregida B. fijaciones visuales a los 3 meses de edad corregida.

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Participantes por género

Tabla 2. Participantes por edad de gestación al nacer

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables características de los movimientos sacádicos.

Tabla 4. Características de los parámetros de microsacadas

Tabla 5. Preferencia por edad corregida estímulo facial vs no facial

Tabla 6 Preferencia por edad corregida. Rostro materno vs rostro no materno

Tabla 7. Número de fijaciones realizadas sobre AOI en percepción de rostros

Tabla 8. Duración de las fijaciones realizadas sobre las AOI en percepción de rostros

Introducción

La prematuridad es un problema de salud pública a nivel mundial. Son varios los determinantes que pueden afectar un proceso de gestación; que incluyen condiciones como estructura familiar, niveles económicos de pobreza, condiciones sanitarias como vivienda, alimentación, servicios y calidad en la atención en salud, educación, y calidad de vida entre otras que indiscutiblemente van a repercutir en diferentes morbilidades y en muchos casos en mortalidad. (Mendoza Tascón, Claros Benítez, Mendoza Tascón, Arias Guatibonza, & Peñaranda Ospina, 2016)

Los prematuros generalmente tienen diversas morbilidades a lo largo de la vida, entre las complicaciones más frecuentes son el deterioro visual y auditivo, enfermedades pulmonares, cardiovasculares, y de manera muy frecuente las complicaciones relacionadas con el Neurodesarrollo entre las que están los trastornos de la marcha, retardo global del desarrollo, compromisos psiquiátricos, conductuales, y adicionalmente de todas las muertes neonatales en el mundo, el 28% están relacionadas con la prematurez. (Stavros Petrou. Et al. 2003.; Stavros Petrou., 2005)

Teniendo en cuenta lo anterior no se han ahorrado esfuerzos en todo el mundo para garantizar la supervivencia de estos niños; sin embargo con este logro es importante tener en cuenta las consecuencias asociadas a la prematurez. (Ludington - Hoe, Susan M, 2011) Existen diversas evaluaciones neurológicas para el neonato, que usadas de manera complementarias tienen un alto valor predictivo para factores de riesgo de desarrollo neurológico en los recién nacidos, sin embargo a pesar del uso en conjunto de estas evaluaciones, se han presentado muchos casos de alteraciones comportamentales, cognitivas y motoras durante el desarrollo, y las tareas de anticipación ante estas alteraciones han sido tardías. (Amiel-Tison & Gosselin, 2008) Las escalas o evaluaciones

más utilizadas tienen en cuenta por un lado indicadores como el perímetro cefálico, y por otro lado la conducta motora desde la actividad refleja, motricidad gruesa y fina, teniendo en cuenta los hitos del desarrollo; la conducta adaptativa que involucra procesos sensoriomotores de adaptación al ambiente como por ejemplo la coordinación ojo-mano y la manipulación de objetos; el lenguaje dentro del cual se tiene en cuenta la comunicación verbal y gestual, palabras, imitación; y la conducta personal-social que tiene que ver aspectos de cuidado personal. (Gesell, A., L. Thompson, H, & Amartruda, C. 1945) Teniendo en cuenta los niveles de complejidad del sistema nervioso y el desarrollo, el lenguaje es uno de los aspectos o habilidades más complejas y de mayor adquisición durante los primeros dos años de vida, contribuyendo a la adquisición de habilidades motoras, sociales, comportamentales y cognitivas; por lo cual es considerado predictor de la habilidad social y cognitiva del niño y de su éxito escolar. (Páez-Pineda, Valencia-Valencia, & Ortiz Calderón, 2014).

A pesar de su importancia y especificidad en el lenguaje existen evaluaciones aplicadas a partir del nacimiento y en población prematura, entre estas pruebas están la escala de Early Language Milestone para identificar alteraciones del lenguaje de niños con factores de riesgo entre 0 y 36 meses de edad que evalúa el lenguaje expresivo, receptivo y la percepción visual (Walker, Gugenheim, Downs, & Northern, 1989), otras evaluaciones aplicadas en el contexto colombiano son el inventario de desarrollo comunicativo MacArthur bates el cual tiene en cuenta factores como la comprensión, vocabulario comprensivo, vocabulario expresivo, gestos tempranos y gestos tardíos sin embargo este se aplica a partir de los 8 meses de vida (Farkas, 2010), por otro lado están las escalas de batelle que se trata de una evaluación y screening de diversas áreas del desarrollo en niños hasta los 8 años de edad. Por otra parte también se encuentra el método diagnóstico de la evaluación funcional de Múnich, evalúa 4 tópicos: percepción, habla, comprensión y social, los cuales también presentan una progresión durante el primer año de vida (Simard, Lambert M., Lachance J., Audibert C., Gosselin F., Julie, 2011). Con estas evaluaciones se ha logrado realizar tamizajes en las alteraciones del lenguaje y el desarrollo sensoriomotor en diferentes edades. Sin embargo con el presente trabajo se propone evaluar características oculomotoras específicas relacionadas con reconocimiento temprano de rostros dado que pueden ofrecer alto valor predictivo de factores de riesgo

neurológicos ya que están estrechamente relacionados con el desarrollo motor, visual, social y cognitivo de los niños.

Hay antecedentes que establecen que el reconocimiento de rostros es una de las habilidades presentes en las edades más tempranas de la vida (Fantz, 1961) y dentro de la cual están inmersos los patrones de fijación y búsqueda visual, que involucran los movimientos oculares de sacadas y micro sacadas(Phillips et al., 1997). Los movimientos oculares se han venido estudiando de manera más juiciosa en los últimos años dado que se han descrito que los cambios en los patrones fisiológicos de éstos pueden estar relacionados de manera estrecha con síndromes comportamentales y psiquiátricos en la infancia y adolescencia.(Hutton, 2008; Jacobsen et al., 1996; Rommelse, Van der Stigchel, & Sergeant, 2008)

Cada modalidad funcional de movimiento está siendo regulada por unos circuitos neuronales específicos que trabajan coordinadamente para codificar la contracción de los músculos oculomotores con el fin de generar la respuesta motora adecuada y controlada para cada momento. Estos sistemas neuronales pueden verse alterados por múltiples factores de diferente naturaleza dando lugar a una variada gama de trastornos oculomotores (Gila et al., 2009). Una de las condiciones que mayor riesgo representa para el desarrollo de un individuo en etapa prenatal es el nacimiento prematuro por edad gestacional o por bajo peso al nacer, y dado que estos eventos ocurren durante el tercer trimestre de embarazo el sistema nervioso es susceptible de sufrir alteración en los circuitos neuronales que regulan las respuestas motoras y sensoriales, sin mencionar otras alteraciones neurocomportamentales que puedan presentar más adelante. (Miranda, et al., 1977).

Por otra parte, acudiendo a los aspectos metodológicos del estudio, el uso de técnicas de rastreo ocular Eye Tracking ofrecen la posibilidad de cumplir con lo planteado, abasteciendo las demandas descriptivas del estudio, tiene la ventaja de ofrecer la posibilidad de medición y análisis de los movimientos oculares completamente automatizado en una alta resolución espacial y temporal (Gila et al., 2009) permitiendo identificar esos posibles cambios en las respuestas visomotoras que están implícitas en el desarrollo cognitivo y social de los niños. Lo que permitirá responder a la pregunta, ¿Cómo son los movimientos oculares que realizan los lactantes prematuros durante el proceso de reconocimiento del rostro materno a los dos y tres meses de edad corregida?

Con lo anterior, este trabajo pretende reconocer los patrones oculomotores presentes en el reconocimiento de rostros en lactantes prematuros durante los primeros meses de vida, caracterizando los movimientos oculares a los dos y a los tres meses de edad corregida, haciendo una comparación intra-sujeto con el fin de visualizar si hay diferencias significativas entre las edades y de esta manera poder anticipar los desenlaces ulteriores del desarrollo neurológico en individuos con riesgo incrementado.

1.Marco Teórico

1.1 Prematuridad

La prematuridad es un factor de riesgo importante en varios aspectos del desarrollo del individuo, se han identificado efectos comportamentales, cognitivos y sensoriales en niños y adultos pre término incluso mayor riesgo de desarrollar más tempranamente enfermedades en la edad adulta. Si bien es sabido la experiencia y el ambiente ofrecido al niño en su vida posnatal va a permitir establecer conexiones funcionales en el cerebro e ir modificándolo estructural y funcionalmente, este factor medioambiental y el reducido tiempo de gestación pueden contribuir a la aparición de trastornos neurológicos y psicológicos; entre en 55% y el 75% de los riesgos perinatales se vuelven causantes de estas alteraciones. (Benítez, D. I., Mendoza Tascón, L. I., Arias Guatibonza, M. D., & Peñaranda Ospina, C. B. 2016).

1.1.1 Aspectos generales:

La característica principal es un desarrollo inmaduro para una vida extrauterina, sin embargo su definición va relacionada con una edad gestacional de menos de 37 semanas y con un peso inferior de 2500gr. De acuerdo a la edad gestacional y el peso al nacer, el prematuro se clasifica como prematuro moderado entre 31 y 36 semanas y <2500 gr, prematuro extremo entre 28 y 30 semana y peso <1500grs, y el prematuro muy extremo que nace antes de las 28 semanas y con peso <1000gr. (OMS, 2018)

Algunas de las causas del parto pre término son el tabaquismo, el estrés, la infección del tracto genital, la rotura prematura de las membranas, la hemorragia ante-parto, la insuficiencia cervical, y las anomalías uterinas congénitas entre muchos otros posibles factores de riesgo.

El nacimiento prematuro se da en 1 de cada 10 embarazos. En el mundo se producen anualmente alrededor de 13 millones de nacimientos prematuros. Las cifras aproximadas de incidencia son: 11 % en América del Norte, 5,6 % en Oceanía y 5,8 % en Europa. En Estados Unidos, como media, nace un bebé prematuro cada minuto. Desde el año 1990, la tasa mundial de nacimientos prematuros ha aumentado un 14 % aproximadamente. (OMS, 2018) Para el caso de Colombia se estima que a partir del año 2005 entre el 8.8% y el 10% de los nacimientos vivos son prematuros. (Blencowe H, et al. 2010)

Por otra parte otro de los aspectos importantes durante la prematuridad es el vínculo madre-hijo, aumentando las posibilidades de un vínculo inseguro, dado a las modificaciones en la relación madre-hijo producida por el impacto de un nacimiento prematuro, las características medio-ambientales en las que se encuentran tanto el bebé como la mamá después del parto, y los efectos de estas modificaciones sobre el desarrollo del niño, (Choca F. 2007) efectos que pueden ser controlados de manera temprana permitiendo ese contacto madre hijo en donde la madre pueda proveer de los cuidados necesarios para el bebé y reestablecer esa relación de manera temprana.

1.1.2 Complicaciones en el Sistema Nervioso Central (SNC)

Relacionando los tiempos de gestación característicos de los prematuros la mayoría nacen durante el tercer trimestre de gestación tiempo en el cual el sistema sufre diversos procesos y cambios tanto estructurales como funcionales como el volumen encefálico y los procesos de mielinización.

Adicionalmente en este último periodo gestacional también están ocurriendo una serie de eventos muy importantes e interrelacionados en el desarrollo del cerebro dentro de los cuales están: la migración neuronal, la proliferación de células gliales, la formación de axones y espinas dendríticas, el establecimiento de sinapsis, la mielinización, la muerte celular programada y la estabilización de las conexiones corticales. La estabilización de dichas conexiones trae consigo una reducción en la densidad de sinapsis existentes, lo que hace más eficiente el sistema (Van Essen D. 2018)

Estos procesos madurativos son genéticamente regulados, sin embargo la exposición anticipada al ambiente extrauterino puede generar importantes modificaciones que dependerán del tiempo gestacional ocurrido, la intensidad y la duración del causante del nacimiento pre término y estas características probablemente establecerán la complejidad de los efectos causados y explicarían el origen de los daños cognitivos, sensoriales y comportamentales que se observan en plazos de vida más prolongados.

1.1.3 Defectos del sistema visual asociado a la prematuridad

La prematuridad es una condición clínica que interrumpe el desarrollo integral apropiado por una exposición temprana a diferentes estímulos medio ambientales (León S., 2011), el éxito en la supervivencia de recién nacidos prematuros ha evidenciado algunos de los trastornos que presentan los niños prematuros en las etapas posnatales, dentro de las cuales se encuentran un pobre desempeño en lenguaje expresivo y comprensivo, bajo rendimiento académico incluyendo lectura, escritura y matemáticas, atención, memoria y procesamiento visual (Getz, Dobson, & Luna, 1994).

A nivel visual se encuentra referenciadas dificultades en agudeza visual, percepción de profundidad y atención visual, así como riesgos más altos de problemas de la función oculomotora y del control viso motor (Johnson, Posner & Rothbart, 1994) la explicación neuroanatómica de esto o la hipótesis que se genera es que la corriente visual ventral (¿Qué?) relacionada con la corteza visual primaria y la corteza temporal inferior sostiene el reconocimiento de objetos de manera consciente e inconsciente de la percepción visual; por otro lado la corriente dorsal (¿Cómo?) que se relaciona con la corteza visual primaria y la corteza parietal posterior juega un papel muy importante en el control visomotor por lo cual problemas con la percepción del movimiento, la atención visual espacial, percepción de la profundidad, y el desarrollo de la grafomotricidad que son frecuentes en los niños prematuros son indicativos de daño o disfunción en la corriente dorsal, específicamente (Taylor, Jakobson, Maurer, & Lewis, 2009).

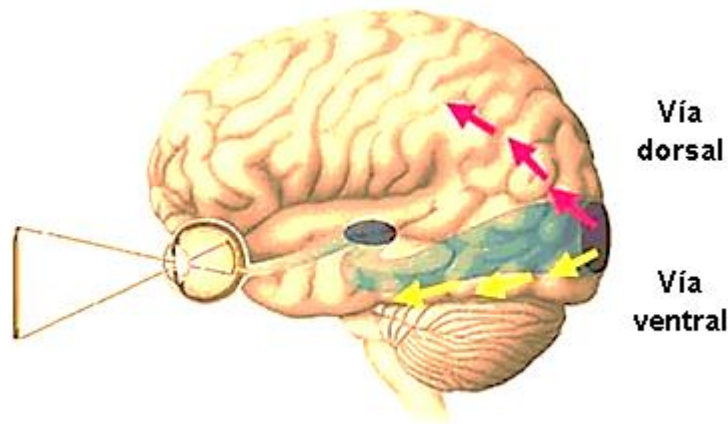


Figura 1. Corrientes: visuales Vía dorsal y vía ventral

Adicionalmente se ha demostrado que niños prematuros o con bajo peso al nacer presentan dificultad en detectar el movimiento global coherente, habilidad para la cual se cree es necesario una integridad estructural y funcional del complejo temporo-medial (Duin et al., 1992). Otra posibilidad de que la corriente dorsal este siendo afectada con la prematuridad es la ausencia de experiencia visual como en el caso de los niños que nacen con cataratas congénitas por muy bajo peso o prematuridad extrema resaltando las conclusiones realizadas por (Hubel & Wisel, 1970) al afirmar que el desarrollo del sistema visual está estrechamente relacionado con la experiencia visual brindada. (Braddick O., 2011)

Por otro lado los daños que sufre el cerebro en desarrollo a causa de la prematuridad y el bajo peso al nacer también pueden afectar la vía visual dorsal y su vulnerabilidad dado que un gran número de esta población sufre lesión cerebral peri ventricular, así como cambios en la sustancia blanca asociado a anomalías en las regiones corticales superpuestas curiosamente, en las regiones posteriores cerca de la unión parieto-occipital se muestra por medio de exámenes imagenológicos la predilección fuerte tanto de lesión cerebral peri ventricular y lesión difusa de materia blanca (Taylor et al., 2009).

Una de las estrategias de atención temprana para todas estas alteraciones del desarrollo temprano fue el método madre canguro con el cual a partir de su metodología se ha logrado contrarrestar muchas alteraciones como lo es el procesamiento sensorial perceptivo y de organización de diferentes modalidades sensoriales, la percepción del dolor, así como el

vínculo madre – hijo, entre otros beneficios relacionados con alimentación y crecimiento, su nombre viene de la similitud de esta técnica con el desarrollo extrauterino que realizan los canguros.

1.2 Sistema Visual

El sistema visual es un conjunto de estructuras sensoriales con una estrecha relación con el sistema nervioso central que permiten la captación y procesamiento de la información visual, formando así la percepción del mundo físico, lo cual nos permite planificar nuestra conducta o respuestas de manera más específica. (Johnson S.P., 2013)

Durante su desarrollo, el sistema visual presenta grandes cambios en su estructura y función desde la etapa embrionaria, los linajes embrionarios que constituyen al ojo son a. el neuroectodermo de cerebro anterior, b. ectodermo superficial c. mesodermo y d. cresta neural, el primero da lugar a la retina, iris y nervio óptico; el segundo se diferencia en el lente y el epitelio corneal, el tercero a los músculos extra oculares, las capas fibrosas y vasculares del ojo; y del cuarto linaje se originan el estroma corneal, la esclerótica y el endotelio corneal.(Harada T., Harada C., & Parada L, 2007)

Alrededor de la semana 4 de gestación se puede observar la formación de la placa neural, de donde del ectodermo superficial se derivan las primeras estructuras del sistema visual como las copas ópticas, y en su transcurso la formación del cristalino, epitelio de la córnea, sistema de drenaje y cuerpo vítreo. (Khurana K. A., 2007) El desarrollo de la mácula es rápido durante los primeros 3 meses de vida fetal, sin embargo su desarrollo no se culmina sino en edad posnatal a partir del cuarto mes de vida. (Edward & Kaufman, 2003a). La cornea, aunque tiene su origen en etapa embrionaria, la mayor parte de su desarrollo se ha descrito alrededor de la sexta semana y quinto mes de gestación, durante el nacimiento el diámetro corneal mide entre 9-10 mm y alcanza su tamaño adulto a los dos años de edad. (Willoughby C., et al.,2010). Por otro lado los músculos extra oculares surgen de masas del mesodermo paraxial; el desarrollo de los músculos recto y oblicuos inicia en las primeras semanas y hacia el segundo mes comienza a desarrollar las inserciones en la esclerótica, éste desarrollo permite la ejecución de movimientos oculares. (Harada T., Harada C., & Parada L, 2007) El iris de los ojos tiene su desarrollo entre el sexto y octavo mes, los músculos dilatadores y el esfínter del iris se desarrollan a partir del

neuroectodermo y el estroma de la cresta neural. (Edward & Kaufman, 2003a). Los párpados y fisuras palpebrales se desarrollan a partir del ectodermo y mesodermo aproximadamente alrededor del tercer mes, hacia el quinto mes se separan los párpados y la fisura empieza a abrirse siguiendo un orden naso temporal. (Khurana, 2007)

Más allá de la formación estructural del sistema visual, el desarrollo del mismo está determinado por la actividad neuronal que ocurre dentro de él, ésta es necesaria para la formación de conexiones neuronales y conseguir un continuo durante la maduración; Si bien esta actividad neuronal no es un absoluto en la formación de nuevas conexiones sí participa como guía de neuronas en desarrollo, como lo refiere Crair, (1999). La plasticidad en el desarrollo de los circuitos neuronales es un proceso competitivo, y por lo tanto normalmente utiliza la actividad neuronal de una manera ilustrativa (Crair, 1999).

La percepción de la imagen visual inicia con el proceso de transducción, el cual se define como el proceso en el que la energía lumínica es transformada en energía eléctrica para su posterior procesamiento por el Sistema Nervioso Central. (Kandel E, Wurtz R., 2013)

El potencial de receptor generado por los foto receptores es transmitido por conducción eléctrica a través de las diferentes células de la retina las cuales son las células horizontales, amacrinas y ganglionares (DeVries S.,1993)); las células horizontales transportan información visual desde la periferia de la retina a las células ganglionares o por intermedio de las células amacrinas, las células ganglionares conforman el nervio óptico, y están organizadas en un sistema agonista y antagonista de acuerdo a una zona especializada llamada campo de receptor los cuales ejercen una acción de control, los campos de receptor, (Tessier M., 2013) se conoce por una forma circular, con un centro y una periferia, se distingue si es, campo de receptor “conectado por el centro” y “campo de receptor conectado por la periferia” los cuales se reconocen por la activación por un estímulo lumínico ya sea en su centro o en su periferia. (Schiller P., 1992)

La conducción continúa por medio de potenciales de acción siguiendo patrones temporales y espaciales de las células ganglionares al cuerpo geniculado lateral, allí llegan células M y células P las cuales también mantienen los dos tipos de campo de receptor nombrados, en el Cuerpo Geniculado Lateral, (Miller N.R., Newman N.J., 2005) CGL las vías se organizan de acuerdo a las seis capas celulares de esta estructura en las dos capas más ventrales se reciben aferencias de células tipo M y en las cuatro capas más

posteriores se reciben fibras tipo P, en estos niveles iniciales ya se está llevando a cabo un procesamiento tanto paralelo por las dos vías descritas (M y P) (Figura 1.) como jerárquico por cada nivel sináptico realizado (Tessier M., 2013), la literatura describe especial sensibilidad de estas vías encontrando que las fibras M son de mayor contraste a la iluminación y menor contraste al color, así como mayor frecuencia temporal, y las fibras P presentan menor contraste de iluminación y mayor frecuencia espacial, así como mayor contraste al color (rojo, verde, azul y amarillo), (Kaiser P.K., Boynton R.M., 1966) la vía continua en la corteza visual primaria V1, en la corteza estas vías se han descrito en la capa 4 de la corteza específicamente 4Ca y 4Cb para las fibras provenientes de M y P respectivamente, iniciando así el procesamiento de la imagen visual; de V1 la vía continua a V2 y a zonas extra estriadas formando las vías dorsal y la vía ventral, en la primera formada por células M, las cuales van a la corteza temporal medial y corteza parietal posterior; y la vía ventral formada por fibras P que se dirigen a la corteza temporal inferior, por efecto de segregación aparentemente ocurrido en V2 esta vía tiene algunas fibras tipo M (Kandel, Schwartz, & Jessell, 2001). Este procesamiento de la imagen visual es muy complejo e incluye procesamiento en serie y en paralelo (Khurana, 2007); el procesamiento en serie también llamado secuencial o jerárquico, sigue un orden de la señal desde las células foto receptoras hasta el cuerpo geniculado lateral y en cada transmisión de señal entre un nivel y otro se va llevando a cabo un procesamiento complejo de la imagen (Nieuwenhuys, 2009) y el procesamiento en paralelo, se distingue por reconocer dos tipos de células durante el procesamiento simultáneo, desde las células ganglionares, el cuerpo geniculado lateral, la corteza estriada y la corteza extra estriada; estos dos tipos de células están diferenciadas por su tamaño y además el tipo de sensibilidad que poseen durante el procesamiento de la imagen y componen las vías Magno celular y Parvo celular del sistema visual, como se describió anteriormente (Edward & Kaufman, 2003a).

1.2.1 Organización Cortical del procesamiento visual

Las diferentes características o atributos visuales que percibimos durante la visión como movimiento, forma, color, profundidad vienen organizadas en la corteza cerebral encargada de procesar los estímulos visuales –corteza visual primaria en donde se ha encontrado una distribución espacial ordenada de la retina tanto en corteza estriada como extra estriada en donde se encargan del análisis de la imagen de manera detallada de

acuerdo a la sensibilidad o especialidad de cada área. (Atkinson, 1984; Johnson, 1990). Este procesamiento se lleva a cabo gracias a las dos vías de procesamiento paralelo nombradas anteriormente, la vía Magno celular que es también la vía dorsal e incluye desde V1 hasta la porción posterior parietal de la corteza, y la vía Parietal o ventral que va desde V1 hasta la corteza temporal inferior y V4, en estas se conoce que permiten reconocer con la primera el *donde* y con la segunda el *qué* de lo que percibimos (Johnson, 1990).

1.3 Motilidad Ocular

Estudios en humanos y monos han demostrado un estrecho vínculo entre la percepción del movimiento y la activación del área V5, lo que conlleva a pensar que la actividad se correlaciona con la experiencia subjetiva del movimiento, Zeki demuestra que el área V5 temporal medial está involucrada no solo en la percepción del movimiento sino en la discriminación de la direccionalidad del mismo (Moutoussis & Zeki, 2008).

Durante la percepción visual y de movimiento el sistema tiene diseñadas respuestas de movimientos oculares que hacen que la imagen sea siempre coherente (Fiorabanti F., et al., 1995) A. Movimientos sacádicos: los cuales desplazan la fóvea hasta un objetivo visual en la periferia. Las sacadas son generadas por una combinación de la actividad fásica y tónica en las motoneuronas, con el objetivo de compensar las fuerzas producidas por los músculos (Fioravanti, Inchingolo, Pensiero, & Spanio, 1995) se caracterizan por presentar una amplitud máxima de 30° y los movimientos superiores a este valor involucran movimiento cefálico, la duración oscila entre los 30 y 120ms su velocidad se ha caracterizado hasta en 700°/s (Gila, L., Villanueva, A., & Cabeza, R., 2009). B. Movimientos suaves de seguimiento: son una parte importante del mecanismo de la atención visual, y su función es estabilizar la mirada en un blanco móvil, diferentes autores sustentan que los recién nacidos persiguen un ángulo amplio de su representación visual con movimientos oculares suaves entre 11° y 15° /segundo (Hofsten & Rosander, 1997). C. Movimientos de convergencia: que desplazan los ojos en direcciones opuestas para que la imagen quede en ambas fóveas. D. Movimientos vestibulo-oculares, mantienen fija la imagen durante movimientos de la cabeza (Gila, Villanueva, & Cabeza, 2009) E. Micromovimientos

asociados a la fijación visual como las microsacadas entre otros movimientos, estas se caracterizan básicamente por tener una amplitud $<1^\circ$, también se han reportado microsacadas de rangos amplios de velocidad entre $0,05^\circ/s$ y $70^\circ/s$ (Di Stasi, L. L et. Al 2013). Para todos los movimientos oculares participan un conjunto de seis músculos extra oculares que controlan todos los movimientos de cada ojo, los músculos están inervados por tres de los nervios craneales a. oculomotor, el cual inerva los músculos rectos superior, medio e inferior y el musculo oblicuo inferior. b. el nervio troclear inerva el musculo oblicuo superior y c. el abducent que inerva el musculo recto lateral(Edward & Kaufman, 2003b).

1.4 Desarrollo cognitivo y percepción visual

El sistema visual es uno de los sistemas sensoriales más importantes y complejos del ser humano involucrado en la percepción del mundo, funciona por medio de un proceso de reconocimiento visual a través del cual podemos organizar, planear y ejecutar una acción (Braddick & Atkinson, 2011) es decir hace parte de un proceso más complejo como la integración sensorial y sensoriomotora la cual se define como el proceso que integra u organiza todos los sistemas y canales sensoriales del cuerpo con el fin de permitir la interacción entre el individuo y el medio ambiente (Ayres, 1998).

Diferentes estudios soportan la idea que desde etapas muy tempranas de vida se llevan a cabo procesos cognitivos de tal importancia que se cree que son precursores del posterior desarrollo de nuevos procesos también sensibles de la experiencia, dentro de estos aspectos de desarrollo temprano se cuentan la atención visual y el reconocimientos de objetos y de rostros (M. H. Johnson, 1994). Este comportamiento se utiliza como una señal clínica de la integridad del sistema nervioso central neonatal (Gamé, Carchon & Duran, 2003). Estudios oculomotores proporcionan un enfoque neurocientífico para hacer asociaciones precisas entre el control cognitivo y los circuitos del cerebro durante el desarrollo.(Luna et al., 2008)

1.4.1 Atención visual

La atención visual es un comportamiento que es relativamente maduro, incluso en el nacimiento, involucra una serie de comportamientos oculomotores que incluyen la detección de objetos en la periferia, movimientos sacádicos, anticipaciones oculomotoras, y la integración del movimiento ojo / cabeza, para dirigir las sacadas con mayor precisión (Reynolds, 2015). Se espera a partir de los 2-3 meses, al igual que el desarrollo de

oculomotor dado que para llevar a cabo la percepción de dirección y movimiento requiere maduración cortical de las vías parvo y magno celular para mayor precisión. El control de la atención visual se da a nivel cortical, sin embargo se ha sugerido en gran parte control subcortical durante los primeros meses después del nacimiento y durante el desarrollo se va dando cada vez más cortical (Atkinson, 1984; Colombo, 2001; Johnson, 1990).

1.4.2 Percepción de objeto

Se ha observado que cuando se presenta un objeto y el niño logra centrar su atención es capaz de reconocerlo y recordarlo posteriormente dejando a la luz que procesos como la atención, reconocimiento y memoria de objetos están presentes en etapas tempranas de la vida. Las áreas del cerebro que muestran un mayor desarrollo durante la infancia y es probable que participen en el desarrollo de la atención de estímulos incluyen la corteza parietal posterior, campos oculares frontales, la corteza pre-frontal inferior y la corteza cíngulada anterior; y las áreas corticales que participan en la memoria de reconocimiento temprano incluyen un circuito medial del lóbulo temporal, con el hipocampo (Reynolds, 2015).

La capacidad de atender selectivamente a objetos en el medio ambiente muestra un importante desarrollo cognitivo en la infancia. Entre los 2 y 4 meses de edad y continuando la maduración cortical, el niño logra percibir en su campo visual un objeto, e intenta hacer seguimiento de este hasta cuando es oculto en una trayectoria corta y horizontal sin embargo lo realiza de manera discontinua, a los 4 meses se observa que el niño ya realiza la trayectoria de manera más continua y con movimientos oculares más precisos (S. P. Johnson, 2013).

1.4.3 Percepción de rostros

La habilidad para reconocer rostros no requiere de experiencia previa para que el recién nacido realice todo un procesamiento de la percepción de la estructura facial, logrando incluso imitar gestos y movimientos faciales sin conocer su propio rostro. (Morton and Johnson, 1991; Sugita, 2009). La atención que presta un recién nacido durante la percepción de una imagen de un rostro respecto a otros objetos se ve muy marcada en cuanto a tiempos de fijación más prolongados (Johnson et al., 1991). Durante el primer mes de edad el neonato responde a estímulos lumínicos y sombras así como a objetos

muy bien delimitados (Fantz, 1961), sin embargo los rostros humanos son el estímulo al que mejor responde, siendo capaz de discriminar imágenes que se forman por las luces y contrastes a partir de los rasgos de la cara, la boca, los ojos, las mejillas, pero no son propiamente los rasgos los que reconoce sino los contrastes de sombras y luz que se forman (Braddick O., 2011). Adicionalmente también se ha descrito que los mecanismos por los cuales este procesamiento se da en etapas tan tempranas es el procesamiento subcortical como lo evidencian estudios electrofisiológicos y neuropsicológicos que describen una *baja frecuencia espacial* de sistemas subcorticales de la percepción de rostros que involucran el colículo superior, pulvinar y la amígdala. Y, al parecer esta línea de procesamiento de rostros temprana que opera en frecuencias espaciales bajas se encarga de modular el procesamiento cortical de los rostros, de manera similar como sucede en el cerebro adulto en el mismo circuito al cual se le conoce como –cerebro social, en los lactantes corresponde al precursor del mismo (M. H. Johnson, 2005)

1.4.4 Seguimiento visual

Esta es una habilidad temprana en el desarrollo del niño en el momento del nacimiento los niños son capaces de realizar fijación y seguimiento de un estímulo llamativo estando estrechamente ligado con procesos de atención visual, este seguimiento sacádico se desarrolla muy rápido logrando variar en velocidades de seguimiento en tan solo días y semanas de nacidos, se han descrito velocidades máximas de 27°, 31° y 39°/s en edades de 3 días, 2 y 4 semanas respectivamente, posteriormente se ha encontrado que hacia los cinco meses de edad el niño realiza el seguimiento lento logrando mantener una imagen en movimiento a 40°/s.

1.5 Método Madre Canguro (MMC)

El programa cuidado madre canguro inicio en 1978 en el instituto materno infantil IMI en Bogotá como respuesta a la mínima disponibilidad de incubadoras para el cuidado de niños en unidad neonatal (Scherer, 2006). El doctor E. Rey, buscó la manera de que los niños que no podían ser ubicados en incubadora tuvieran de cierta manera un cuidado muy similar y sobre todo alejarlos del riesgo nosocomial que tenían en la permanencia en la unidad de cuidados neonatales, dentro de las características importantes para este cuidado se tenía en cuenta la regulación térmica, la alimentación, y restringir el riesgo de infección en hospitalización (Charpak & Ruiz, 2011).

El cuidado madre canguro consiste en un entrenamiento en la correcta adopción y mantenimiento de la posición canguro madre e hijo, en el cual el bebé es ubicado en contacto piel a piel con su madre quien lo mantiene en la parte superior de su pecho desnudo y bajo la ropa, con la posibilidad de libre demanda en la lactancia materna lo cual permitía un egreso más temprano de estos niños y por ende una rotación más ágil de las incubadoras del IMI. (Charpak & Ruiz, 2011)

De acuerdo a esto el cuidado madre canguro debe cumplir con tres aspectos principales, los cuales son: la posición canguro la cual debe ser prolongada y continúa, la alimentación que debe estar basada en la lactancia materna, y el empoderamiento de la madre y la familia en la posición canguro.(Charpak & Ruiz, 2011) De acuerdo a los resultados que fue generando este método fue siendo aceptado paulatinamente por la comunidad científica e implementándose poco a poco en otros países en desarrollo como una forma de combatir la mortalidad infantil por precariedad de recursos en sistemas de salud, centro de salud y procesos de atención en salud en el cuidado del niño prematuro y de bajo peso aunque queda por decir que en zonas de alta pobreza aún se encuentran variables difíciles de combatir y aunque la práctica de este cuidado canguro ha disminuido índices nacionales e internacionales de morbilidad y mortalidad de recién nacidos prematuros y de bajo peso al nacer hay situaciones que deben ser tratadas desde cambios en políticas públicas y cambios en los índices de pobreza y precariedad en el que viven muchas personas. (Scherer, 2006)

Por otro lado es importante mencionar los grandes beneficios que se han documentado a nivel fisiológico en los niños que fueron cuidados con el método canguro como son menos días con ventilación mecánica, adaptación más fácil a la vida extrauterina por una rápida recuperación de dificultades respiratorias transitorias, reducción en la incidencia de hemorragias interventriculares, reducciones en la cantidad y gravedad de infecciones incluyendo infecciones nosocomiales, mejor desarrollo cerebral y mejor relación padres e hijo la cual contribuye a un mejor manejo de emociones, en cuanto a la madre este cuidado canguro ha disminuido la presencia de depresión en las madres (Ludington - Hoe, Susan M, 2011)

Mediante la aplicación del método CMC de forma continua y la no separación entre los padres y lactantes, el medio ambiente sensorial del bebé permanece tan cerca del medio intrauterino como es posible y de la misma manera las experiencias del niño a nivel táctil, propioceptiva, vestibular, auditiva, la información visual, olor y gusto son como fuente natural de estimulación sensorial permite al bebé la consecución de apego a los padres, y da protección a un cierto punto del ambiente de la UCIN no natural, por lo cual el CMC brinda una atención neonatal con un entorno físico y social óptimo (Hedberg Nyqvist & Heinemann, 2011)

1.6 Técnicas de Rastreo Ocular

Las primeras técnicas con las que se valió la fisiología para evaluar los movimientos oculares (MOs) fueron a partir de la segunda mitad del siglo XIX mediante observación directa y con espejos (Johnson, 1992). Los avances en la fotografía posibilitaron los primeros registros a principios del siglo XX, mediante un foto-cronógrafo; el sistema consistía en la impresión del reflejo luminoso corneal con una cámara dotada de lentes de aumento sobre una película deslizante. Las técnicas más desarrolladas han sido las electrofisiológicas como la Electrooculografía (EOG), basadas en las propiedades bioeléctricas del ojo.

Las modalidades más recientes incluyen protocolos de estimulación magnética transcraneal y obtención de imágenes de las áreas cerebrales relacionadas con las funciones visuales y oculomotoras mediante resonancia magnética funcional.

Por otra parte, los métodos videooculográficos permiten realizar registros sin elementos invasivos y con relativa libertad de movimientos de la cabeza, pudiendo realizar registros durante diversas actividades. Los sistemas actuales de monitorización o rastreo de los MOs (eye tracking o gaze tracking) permiten captar con videocámaras el movimiento ocular con una resolución espacial de 0,2° y frecuencias de muestreo de 1 kHz.

1.6.1 Eye Tracker

El Eye Tracker proporciona un método no invasivo para la investigación de una amplia variedad de procesos cognitivos, desde la atención visual y espacial para la percepción de objetos, la memoria y el lenguaje.

Las características básicas de las medidas del Eye Tracker son bien definidas, y permite hacer inferencias acerca de fuertes especificaciones de procesos cognitivos, como también la medición de variables como la evaluación directa de donde los individuos fijan su mirada mientras están expuestos a estímulos visuales estáticos o dinámicos de acuerdo con las demandas de la tarea. Debido a que los sustratos neurales de los movimientos oculares están bien establecidos, también se ha utilizado para hacer inferencias acerca de cómo el cerebro procesa la información visual (Karatekin, 2007).

Dadas las características del Eye tracker con su alta tasa de muestreo, precisión en los datos, y nulo requerimiento invasivo, se convierte en una herramienta idónea para utilizar con población de bebés prematuros a partir de los dos meses de edad corregida.

2.Hipótesis

2.1 Hipótesis alterna

Los patrones de integración visomotora en los tres primeros meses de vida postnatal en humanos, muestran diferencias significativas en su progresión comparativa intra-sujetos en bebés prematuros.

2.2 Hipótesis Nula

Los patrones de integración visomotora en los tres primeros meses de vida postnatal en humanos, no muestran diferencias significativas en su progresión comparativa intra-sujetos en bebés prematuros.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Describir los Patrones de motilidad ocular involucrados en el reconocimiento de rostros en lactantes nacidos prematuramente por medio de técnicas de rastreo ocular - Eye Tracker.

3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar los movimientos oculares (sacadas y microsacas) en bebés prematuros a través de diferentes pruebas oculomotoras realizadas a los 2 y 3 meses de edad corregida.
- Describir los cambios de los movimientos oculares que realizan los evaluados ante las tareas propuestas en las edades establecidas
- Identificar cambios intrasujeto de los movimientos oculares teniendo en cuenta edad gestacional de los bebés y la edad postnatal en la que se aplican las pruebas.
- Reconocer cambios en los patrones de maduración visual y reconocimiento facial en los prematuros a los dos y a los tres meses de edad corregida si los hay.

4. Metodología

4.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio que este trabajo es un estudio observacional de tipo descriptivo, en el cual el modelo con el que se trabajó fue humanos específicamente lactantes prematuros a partir de las 32 semanas de gestación con el fin de establecer posibles factores de riesgo perinatal a partir de la evaluación de movimientos oculares.

4.2 Variables

Las variables a tener en cuenta en este estudio fueron:

- Edad (en semanas) contando a partir de edad corregida para el caso de que los evaluados tengan algún nivel de prematuridad
- El tiempo de fijación de la mirada
- Características de los movimientos sacádicos (Amplitud y Velocidad)
- Características de micro sacadas (Amplitud y Velocidad)

4.3 Población

Se seleccionó una muestra a conveniencia por tamaño y por criterios de inclusión y exclusión, reclutando pacientes con antecedentes de prematuridad a partir de las 32 semanas de gestación que acuden al programa canguro del hospital san Ignacio de Bogotá y que sus padres y representantes legales hubieran aceptado participar en el estudio, fueron 19 participantes que se lograron reclutar y de los cuales se logró obtener información

suficiente para avanzar en nuevas investigaciones. Entre los bebés seleccionados 13 fueron niñas y 6 fueron niños entre 33 y 37 semanas de gestación.

Tabla 1. Participantes por género

Género	Niños	niñas
n	6	13

Tabla 2. Participantes por edad de gestación al nacer.

Edad gestacional	
33 semanas	1
34 semanas	2
35 semanas	5
36 semanas	6
37 semanas	5

4.3.1 Criterios de inclusión

Se incluyeron en el estudio todos los niños con las siguientes características:

- 1) Lactantes que cuenten con Consentimiento informado firmado por parte de los padres.
- 2) Lactantes que hayan sido valorados por oftalmología pediátrica sin ninguna alteración.
- 3) Lactantes prematuros sin complicaciones médicas importantes
- 4) Lactantes que fueron cargados bajo el método cuidado madre canguro durante al menos un mes a partir del nacimiento.
- 5) Lactantes que a diario conviven con su mamá y es esta su cuidadora principal.
- 6) Lactantes prematuros próximos a cumplir dos meses de edad corregida.

4.3.2 Criterios de exclusión

Se excluyeron del estudio todos los bebés que presentaron las siguientes características:

- 1) Lactantes prematuros que requirieron uso de oxígeno suplementario en su vida posnatal
- 2) Lactantes con algún síndrome atípico de desarrollo
- 3) Lactantes con alteraciones estructurales a nivel visual o de sistema nervioso central

- 4) Lactantes que se encuentran al cuidado de familiares y cuidadores diferentes a la mamá.
- 5) Lactantes que presentaron dificultades para calibración con el instrumento de evaluación.

La muestra total fue de 20 niños, sin embargo uno de ellos no logró la calibración correctamente por lo cual se excluyó del estudio.

En total participaron 19 niños de los cuales 13 eran niñas y 6 niños

4.4 Instrumentos

4.4.1 Caracterización

Para este estudio se utilizó un rastreador ocular Tobii Tx300 y software Tobii Studio el cual se encuentra en el Laboratorio de Neurociencia cognitiva y comunicación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y cuenta con las siguientes características de precisión y exactitud:

- Tiene una sensibilidad de registro de 300 Hz que se usa para investigación científica y precisión de los datos
- Permite el estudio de los vistazos, fijaciones cortas, cambios en el tamaño de la pupila y parpadeos que para este caso es importante dado la población objeto.
- Combinación única de una mayor tasa de muestreo y tolerancia a grandes movimientos de la cabeza

El eye tracking cuenta con una pantalla LCD de 23" y una resolución de 1920x1080 en la cual se exponen los estímulos de las pruebas y un sensor con señal infraroja en la parte inferior de la pantalla que sincroniza con la pupila de los evaluados para el registro de datos. Para el cálculo de las medias relacionadas con los parámetros de velocidad, latencia, amplitud y frecuencia de cada movimiento que se requiere analizar se utilizó un filtro de umbral de velocidad (I-VT) incorporado en el software Tobii Studio que permite diferenciar las fijaciones oculares de los movimientos sacádicos por medio de umbrales de velocidad que para este caso el umbral utilizado fue de 30°/s para delimitar el inicio y fin del movimiento sacádico.

4.5 Procedimiento

Recolección de la información: Se hizo una revisión de historia clínica de cada paciente, se confirmó la información por medio de una anamnesis el día de la sesión de registro, y se tomó una foto a la mamá sin previo aviso para evitar modificaciones en el aspecto físico cotidiano.

Calibración: Para la fase de calibración y registro cada bebé permaneció sentado sobre su mamá (a las mamás se les taparon los ojos o se les indicó que no los podían abrir durante la prueba, que debían tener lo más estable posible a los bebés y éstos debían tener condiciones óptimas de bienestar, sin hambre, sin sueño y sin irritabilidad). El objetivo de esta fase es regular el sensor del equipo con la pupila de los evaluados, para esto se tomó una rigidez de 9 puntos (Figura 1), sin embargo por protocolos en estudios en esta población se admite una calibración mínima de 5 puntos, guiada por el estímulo visual para lactantes “bull’s-eye” (Figura 2) el cual fue identificado como uno de los estímulos que mejor perciben los niños en edades muy tempranas después de los rostros humanos (Fantz, 1961) y para garantizar la atención de los niños sobre el estímulo durante toda la calibración; para este procedimiento los participantes se ubicaron a una distancia de 63 cm de la pantalla siguiendo la trayectoria del estímulo por ésta hasta verificar la calibración o precisión de la mirada en los 9 puntos y regresándolo al centro de la pantalla para promover atención visual del niño en la presentación de las tareas propuestas.

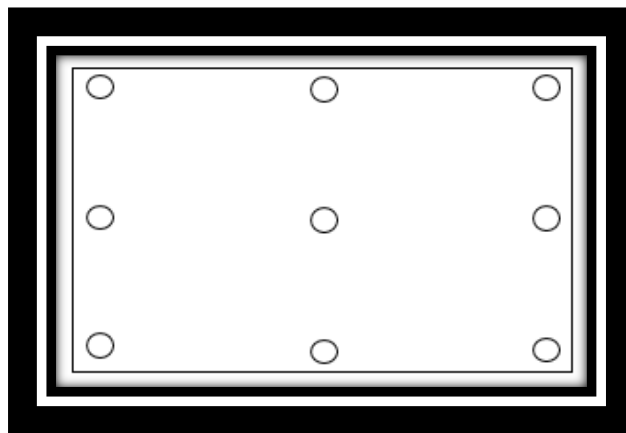


Figura 1. Distribución de los 9 puntos de calibración en la pantalla



Figura 2. Ojo de buey

Registro: Los movimientos oculares evaluados fueron las sacadas y las microsacadas durante las tareas de reconocimiento de rostros y rostro materno. Para cada tarea se realizaron 6 ensayos presentando los estímulos de forma aleatoria para evitar respuestas de anticipación, cada estímulo se presentó durante 20000 milisegundos y entre imágenes se mostró la pantalla en negro durante 5000 milisegundos para prevenir fatiga visual ().

Las siguientes son las tareas propuestas (Figura 3), es de aclarar que las tareas para cada bebé son personalizadas dado que se presenta la imagen del rostro cada mamá en particular.(Dupierrix et al., 2014; Hunnius, Geuze, & van Geert, 2006; Pascalis & de Schonen, 1994; Quinn, P.C. et al., 2014).Las fotos de las mamás se tomaron con una cámara Canon EOS Rebel T5 de 18 megapíxeles y una resolución Full HD de 1080.

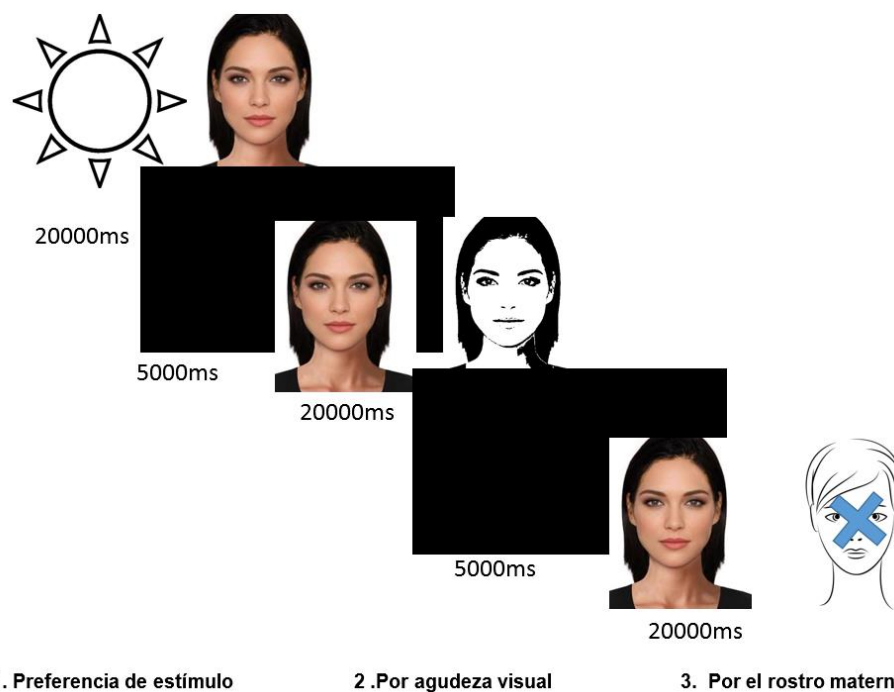


Figura 3. Esquema de presentación de las tareas bajo el paradigma de preferencia visual. Estas tareas se propusieron bajo el paradigma de preferencia visual entendiendo preferencia cuando un niño mira por más tiempo un estímulo sobre otro, ya sea que se presente de manera simultánea o sucesiva. (R. Aslin., 2012)

4.6 Análisis de datos

Teniendo en cuenta el comentario de alerta para el manejo de datos recopilados por eye tracking en registros realizados a pacientes en edades tan tempranas que hace Aslin R., 2012 en su artículo, el análisis de los datos recolectados en esta investigación consiste en un manejo no convencional como el que ofrece el Software Tobii Studio. Por el contrario se hizo una investigación exploratoria manipulando variables de estímulo crucial y probando hipótesis de enlace entre las variables dependientes e independientes.

4.6.1 Análisis de saccadas y microsaccadas.

Para el análisis de las sacadas se determinaron las longitudes de las sacadas (en milímetros), registrando el promedio de longitud, la longitud mínima y máxima; el tiempo promedio de duración, el mínimo y el máximo; la cantidad de sacadas y los fallos en el

cálculo de estos parámetros. Los resultados fueron organizados por imagen, sesión, ensayo, y si la información de la sacada fue registrada con un solo ojo o con los dos.

Ya que Tobii no generó los datos de amplitud de sacada en grados, se determinó analíticamente utilizando el método descrito en el manual de Tobii (Figura 5) (Tobii Studio, User's Manual, versión 3.4.5, página 133, 10.10.7.1).

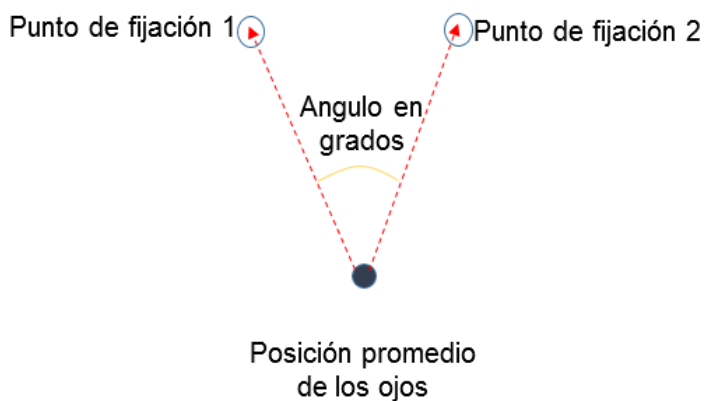


Figura 4. Amplitud de Saccada.

Se calculó una posición promedio de los ojos en el intervalo de tiempo. Luego usando esta posición promedio como origen se determinaron dos vectores: uno con la posición inicial de la mirada en pantalla en el intervalo, y el segundo con la posición final de la mirada en pantalla. Luego usando la fórmula del producto punto (Figura 6) se halló el ángulo entre estos vectores, que corresponde a la amplitud en grados visuales de la sacada.

Los datos de posición promedio estricta de mirada en pantalla y ubicación espacial de los ojos se encontraban en el sistema de coordenadas ADCSmm, que ubica el origen en la esquina inferior izquierda de la pantalla y registra las distancias en milímetros.

$$\vec{U} \cdot \vec{V} = \|\vec{U}\| \|\vec{V}\| \cos(\theta)$$

Figura 5. Fórmula producto punto

Por otro lado para el análisis de las microsacadas se realizó un algoritmo en el programa Matlab en el cual se aislaron todas las fijaciones realizadas por cada participante, de esta información se estableció un script diferente (Anexo B) para determinar en qué momentos con sus respectivas magnitudes hubo cambios de dirección dentro de una fijación, ese cambio de dirección se reconoció como un movimiento dentro de la fijación, y se procedió a establecer límites de acuerdo a las características de las microsacadas, es decir el algoritmo identificó todos los micromovimientos presentes en la fijación con amplitudes $<1^\circ$ y halló las características de estos movimientos en términos de amplitud,

velocidad y tiempo o duración del movimiento por el mismo método de cálculo que se empleó para las sacadas.

4.6.2 Cambios oculomotores entre los dos y tres meses de edad corregida en lactantes prematuros

Una vez determinadas las características tanto de las sacadas y microsacadas, como de los resultados de preferencia visual en las tres tareas de los ensayos realizados a los dos meses y a los tres meses de edad corregida, se compararon resultados estableciendo un diseño de muestras apareadas. Se seleccionaron las variables de los movimientos oculares, y la preferencia visual asociados a los dos momentos de evaluación y esto permitió identificar los cambios en los dos momentos de edad posnatal corregida seleccionados, todas las variables relacionadas con los parámetros de movimientos oculares mostraron distribución normal o normalizable ($p > 0.05$) en los movimientos sacádicos se establecieron 7 parámetros de variable de las cuales 4 tuvieron varianza homogénea y a las cuales se empleó la prueba de comparación t'-student y las demás que presentaron variables diferente se compararon con la prueba t-student; para el caso de las microsacadas se establecieron 3 variables de parámetros globales de las cuales dos presentaban varianzas heterogéneas por lo cual se compararon con prueba t-student para muestras apareadas.

4.6.3 Análisis procedimental para determinar las fijaciones visuales

Para determinar las preferencias visuales sobre de estímulos expuestos en cada imagen se identificaron las fijaciones realizadas y su posición en pantalla, en las áreas de interés AOI y fuera de ellas, se hizo el conteo de las fijaciones de acuerdo a esto se establece la preferencia entre estímulos, el procedimiento se describe a continuación:

El método de análisis fue a través de la automatización con macros de vba dentro de Excel (Ver anexo A).

El script de análisis comienza por crear cuatro matrices de datos donde se va a almacenar la información: "Ensayos" que almacenará la fecha y el tiempo en ms de cada ensayo del paciente. "Valores" que acumulará la cantidad de fijaciones según su posición en pantalla. "mayorTiempo" que almacena el valor en ms de la fijación de mayor duración para cada ensayo, y "mayorUbicación" que almacena en palabras la posición en pantalla de la fijación. Las únicas fijaciones analizadas con este script fueron las fijaciones en blanco, es decir las fijaciones fuera de las AOI (Áreas de interés) definidas en el programa.

El script usa un escaneo de las columnas para identificar las relevantes para el análisis. Luego las matrices se inicializan sin datos para asegurar la correcta escritura de la información. Con la columna de datos "FixationIndex" se compara los índices de fijación para encontrar fijaciones. Sólo toma los datos del último renglón de la fijación. Una vez determinado el renglón final de la fijación el script recorre las columnas de AOI buscando "1" (el número uno). Si no encuentra ningún "1" entonces es fijación en blanco, por lo que procede al registro de los datos.

El script tiene filtros para descartar ensayos incompletos (menos de 60 segundos). Esto debido a que durante la exportación de datos es común hallar datos sin posibilidad de determinar el ensayo correspondiente, o datos de ensayos inválidos. Verifica si el ensayo ya ha sido registrado en la matriz "ensayos", esto para determinar la fila de las matrices en la que se ha de guardar los datos. Si no ha sido registrado el ensayo, el script lo registra. Luego se determina la columna según imagen y posición en pantalla. Se actualiza la matriz "valores" que acumula las fijaciones según posición. Adicionalmente el script compara la duración de la fijación por ensayo con las ya analizadas para actualizar las matrices "mayorTiempo" y "mayorUbicacion".

El análisis en búsqueda de fijaciones se ejecuta en las primeras 300.000 filas del archivo, ya que todos los pacientes tienen menos de 250.000 filas de información registrada. Una vez terminado el análisis el script lo imprime en el propio archivo del paciente, luego de todas las columnas de información proveídas por Tobii.

4.6.4 Análisis de preferencia de estímulo y preferencia de rostro

Para los casos de preferencia visual entre tipo de estímulo facial y no facial, y preferencia de rostro materno se utilizó el mismo procedimiento de análisis en ambos casos, se contabilizaron las fijaciones y la duración de cada una de ellas con el fin de establecer el tiempo de permanencia sobre la imagen, es decir en la imagen de preferencia por tipo de estímulo se contabilizaron las fijaciones visuales realizadas sobre el estímulo no facial y sobre el elemento facial, teniendo en cuenta el tiempo de fijación total por cada ensayo realizado en la prueba registrada a los dos meses de edad, y se promediaron comparando los resultados obtenidos en el mismo procedimiento a los tres meses de edad corregida. De la misma manera se procedió en la tarea de reconocimiento de rostro materno

4.6.5 Análisis de percepción y reconocimiento de rostro

Para este caso en particular se identificaron zonas de interés en los rostros presentados como estímulos con el fin de configurar la especificidad del equipo, las zonas de interés se dividieron en dos grupos teniendo en cuenta el paradigma de maduración visual y de reconocimiento de rostros, por una parte las áreas de interés periféricas en las cuales se incluye la línea de cabello (Pascalis & de Schonen, 1994) y la puntas y ángulos del estímulo no facial (Fantz, 1961); y las áreas de interés centrales que incluyen los ojos, la boca y la zona central del objeto no facial (Figura 4).

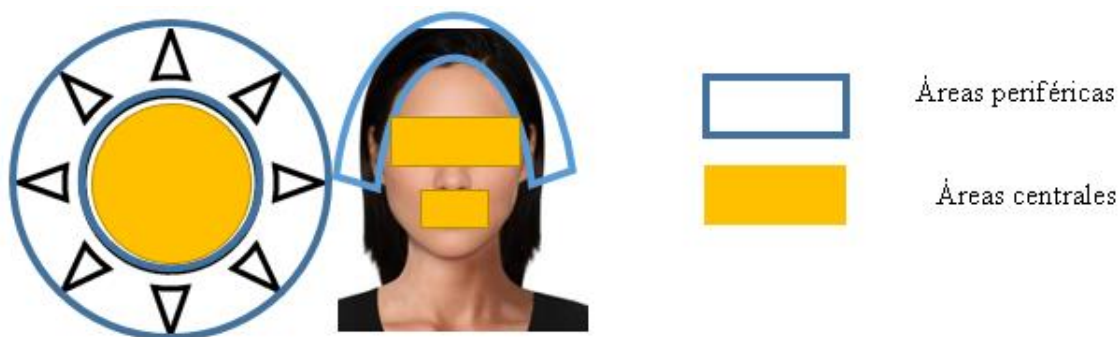


Figura 6. Distribución de Áreas de interés (AOI)

En el análisis de las áreas de interés (AOI) se determinaron 1) el número de fijaciones que cada bebé realizó en una zona determinada, 2) el tiempo de la fijación, 3) el porcentaje de este tiempo relativo al tiempo de cada ensayo. Para esto se utilizó un script en Visual Basic

dentro de Excel (Anexo A). El procedimiento del script recorría fila por fila los datos generados por Tobii, detectando la fecha del ensayo, la sesión, la imagen a la que correspondía el AOI, y en caso de registrar una fijación en la columna "FixationIndex" sin corresponder a una AOI, se clasificó como Fijación en Blanco. Las fijaciones en AOI Tobii las muestra como un 1 en la columna de la AOI observada en el instante. De esta manera el script busca que en "FixationIndex" haya un índice, luego busca la AOI y registra sus datos. Los datos se acumulan en celdas de Excel, ordenando los datos por columnas según las AOI, y en filas según los datos de cada sesión. Se agregó un condicional de análisis para que descartara sesiones con tiempos inferiores a 60 ms, ya que no cumplían con los parámetros establecidos para el estudio y podrían corresponder a ensayos fallidos por error de manipulación o por suspensión del ensayo debido a algún discomfort de los participantes.

4.6.6 Análisis estadístico

La selección de la prueba de comparación de promedios entre grupos para cada uno de los movimientos oculares se realizó por medio de la prueba Prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras relacionadas, se determinó si las variables presentaban distribución normal con significaciones asintóticas de 0,05 y una Corrección de significación de Lilliefors.

Adicionalmente al obtener los gráficos comparativos entre variables a las dos edades planteadas se determinó si había o no una posible correlación entre ellas.

4.7 Consideraciones éticas

Según la Resolución 8430 de 1993 se ajustaran los aspectos éticos de la investigación. En el artículo 2 del Título I, se especifica la necesidad de evaluación del proyecto por parte del comité de Investigación de la Fundación Canguro, institución de la cual se tomó la población principal de este estudio, igualmente fue evaluado por el comité de Ética de la Universidad Nacional de Colombia acatando todas sus sugerencias.

Respecto a las contribuciones que daría este trabajo según lo mencionado en el artículo 4, se darán contribuciones a la comprensión de aspectos comportamentales del recién

nacido en el área de estudio, aportará a la continua visión preventiva de la población objeto en cuanto a uno de las repercusiones que produce los nacimientos pretermo en los niños y el desarrollo de los mismos.

Continuando en los aspectos éticos de este trabajo a lo que respecta el Título II de esta resolución específicamente artículo 6 se acatan las indicaciones allí establecidas, la fase práctica de este trabajo solo se inició después de cumplir con el debido procedimiento ético y administrativo por parte de la Universidad Nacional y lo indicado por la Fundación Canguro De Bogotá, así mismo respetando los derechos de las personas que participaron en el estudio con el aval de las instituciones se brindó toda la información acerca del estudio, se aclararon las dudas y de acuerdo con esto y al libre criterio de los convocados se firmaron los consentimientos informados (Anexo C) por parte de los padres de los menores evaluados (art 14), para este caso fue necesario consentimiento informado por parte de las madres de los Lactantes que participaron en el estudio en el cual se aclaró que para protección de identidad y privacidad de los datos se generará un código con el cual se reemplaza el nombre y datos personales de los menores.

Así mismo y velando por el bienestar de los evaluados en este estudio se declara el procedimiento a realizar en dos clases de riesgo según lo planteado en el artículo 11 de esta resolución: A la entrevista de anamnesis aplicada a las madres de los niños evaluados se clasifica como *procedimiento sin riesgo*.

Y al procedimiento que se realizó a los niños se cataloga como de *riesgo mínimo* dado que se empleó un registro de datos de manera observacional y descriptivo utilizando tecnología no invasiva ni de irradiación que afectara a los lactantes. (Republica de Colombia, 1993)

Para finalizar este apartado se declara que ninguno de los investigadores tiene conflictos de intereses en el desarrollo de este trabajo.

5.Resultados

5.1 Caracterización de los parámetros de los movimientos sacádicos y microsacádicos

5.1.1 Características de sacadas

En las dos edades se encontraron diferencias importantes respecto a las características de los movimientos, se observaron cambios significativos ($p < 0,05$) en el promedio del número de movimientos sacádicos que realizaron los lactantes en las dos edades evaluadas con una disminución significativa de los movimientos sacádicos a los 3 meses de edad corregida respecto a los realizados a los 2 meses de edad corregida, es decir que a los dos meses de edad corregida la frecuencia de movimientos sacádicos fue de 6,86 sacadas por segundo y a los tres meses realizaron 2,43 sacadas por segundo con una disminución de la frecuencia del 60%.

También se observó un aumento en la duración máxima del movimiento sacádico en función de la edad al igual que la amplitud por lo cual se hizo una correlación de las variables encontrando una relación lineal entre estas respecto a la edad de la prueba $r^2 > 0$, aunque no es una relación determinante entre las variables dado que aunque es positiva está más cercana a 0 que a 1.

Estos resultados permiten inferir que los lactantes durante el desarrollo de los primeros 3 meses de vida van disminuyendo el requerimiento de los movimientos sacádicos durante el reconocimiento o percepción de una imagen en este caso rostros, y que además esos movimientos van siendo significativamente más amplios, de mayor duración y también muestran ligero aumento en las velocidades pico con la edad.

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables características de los movimientos sacádicos.

parámetros	edad de la prueba	promedio	desviación estándar	cv	sig (p)
# saccadas	2 meses	137,28	81,04	0,59	0,00*
	3 meses	48,70	13,57	0,28	
Duración máx. (s)	2 meses	0,15	0,04	0,25	0,03*
	3 meses	0,20	0,08	0,40	
Duración min (s)	2 meses	0,01	0,00	0,13	0,61
	3 meses	0,01	0,00	0,13	
Amplitud máx. (°)	2 meses	36,72	13,38	0,36	0,00*
	3 meses	48,03	17,30	0,36	
Amplitud min (°)	2 meses	1,02	0,04	0,03	0,19
	3 meses	1,04	0,05	0,04	
Velocidad máx. (°/s)	2 meses	247,44	103,22	0,42	0,53
	3 meses	257,29	99,61	0,39	
Velocidad min (°/s)	2 meses	138,07	16,60	0,12	0,38
	3 meses	142,22	14,59	0,10	

Cv: coeficiente de variación. P: significancia $p < 0,05$

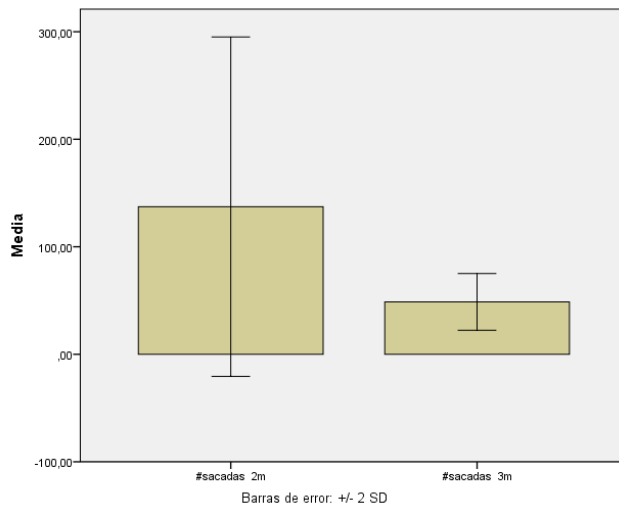


Figura 7. Comparación promedios de los movimientos sacádicos realizados durante la exploración visual a los dos y a los 3 meses de edad corregida observando una disminución significativa a los 3 meses de edad corregida ($p=0,00$)

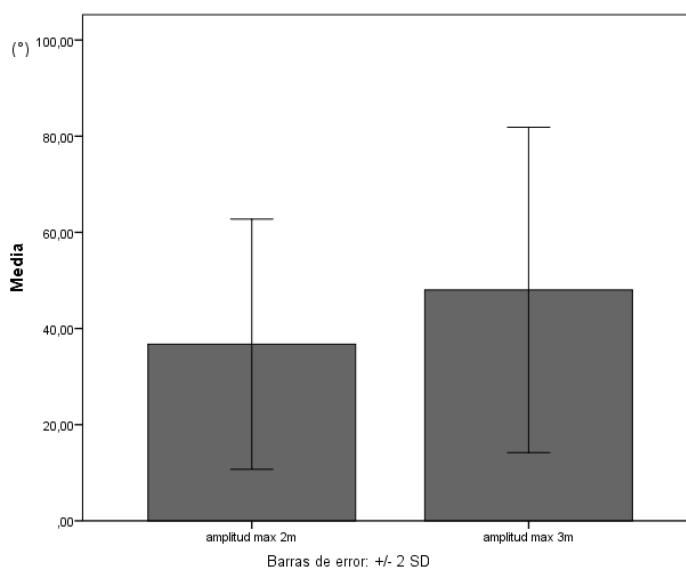


Figura 8. Cambios en la amplitud máxima de las sacadas en la cual se observa un aumento significativo ($p=0,00$) en grados a los 3 meses de edad corregida.

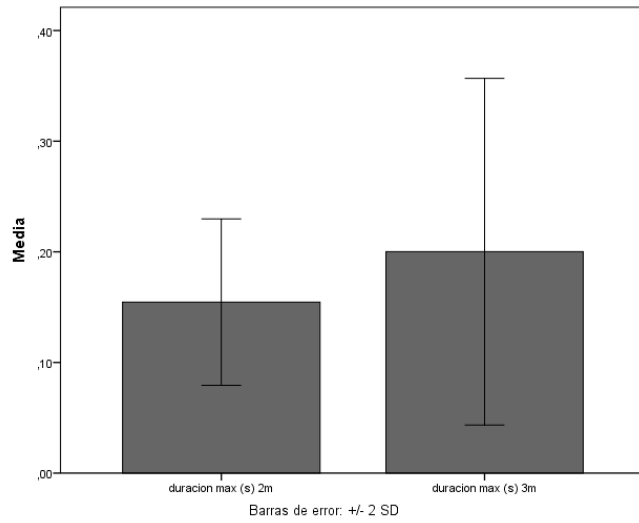


Figura 9. Cambio en la duración máxima en segundos de los movimientos sacádicos, se obtuvo un aumento en la duración del movimiento a los 3 meses corregidos respecto a los dos meses de edad corregida (p=0,03)

Teniendo en cuenta el comportamiento de las variables amplitud máxima y duración máxima de los movimientos sacádicos en las dos edades se realizó una regresión lineal con el fin de establecer si había y o no una relación entre las variables obteniendo una relación lineal positiva >0

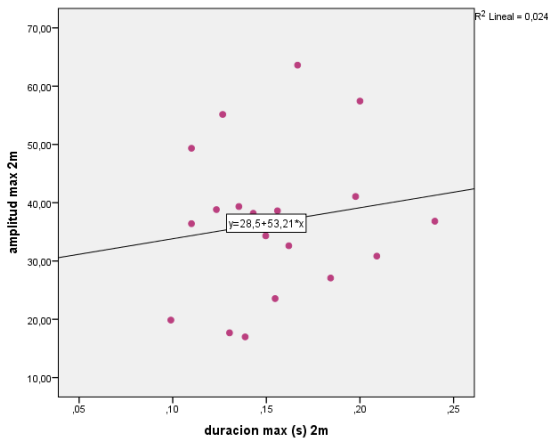


Figura 10. Regresión lineal de variables de amplitud máxima y duración máxima de las sacadas a los 2 meses de edad corregida

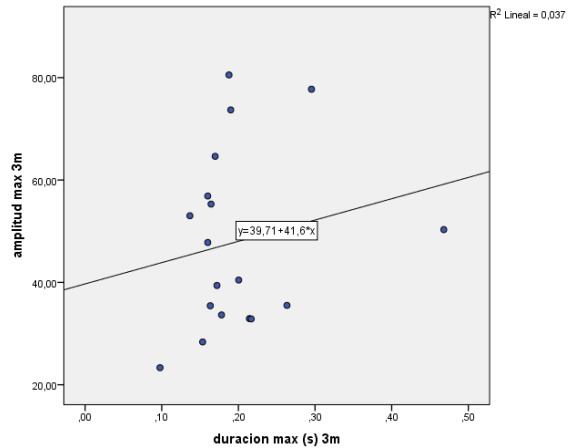


Figura 11. Regresión lineal de variables de amplitud máxima y duración máxima de las sacadas a los 3 meses de edad corregida

Con el fin de determinar relación entre los resultados obtenidos en cuanto a amplitud y duración de los movimientos sacádicos y los participantes teniendo en cuenta la edad gestacional de ellos, se determinó el coeficiente de determinación (r^2), el objetivo principal del R-cuadrado es el de predecir futuros resultados o bien probar una hipótesis, para los dos casos se observan los cambios descritos entre las evaluaciones hechas a los dos y a los tres meses de edad corregida en las diferentes variables que caracterizan los movimientos oculares, sin embargo el resultado positivo de r^2 indica que existe una relación funcional entre las variables aunque no es determinante dado que el valor es más cercano a 0, lo cual es esperable dado que los lactantes se evaluaron teniendo en cuenta la edad corregida, es decir que estos niños tuvieron un desarrollo visual dado por la experiencia visual en la vida posnatal es decir que los niños que nacieron de 33 semanas de gestación se encuentran en un desarrollo muy similar a los nacidos durante la semana 37 dado que en términos de desarrollo tienen la misma edad, indica que la edad gestacional no es un indicador determinante en su interacción con las variables de caracterización de los movimientos sacádicos y microsacádicos.

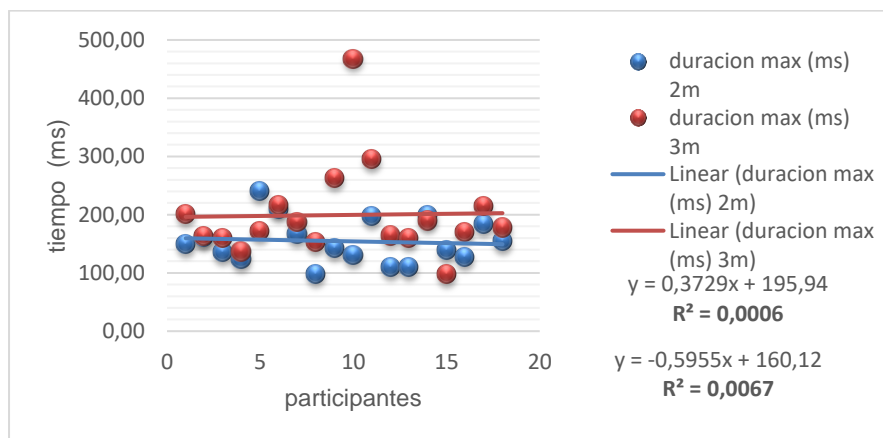


Figura 12. Distribución de duración de sacadas inter-sujetos

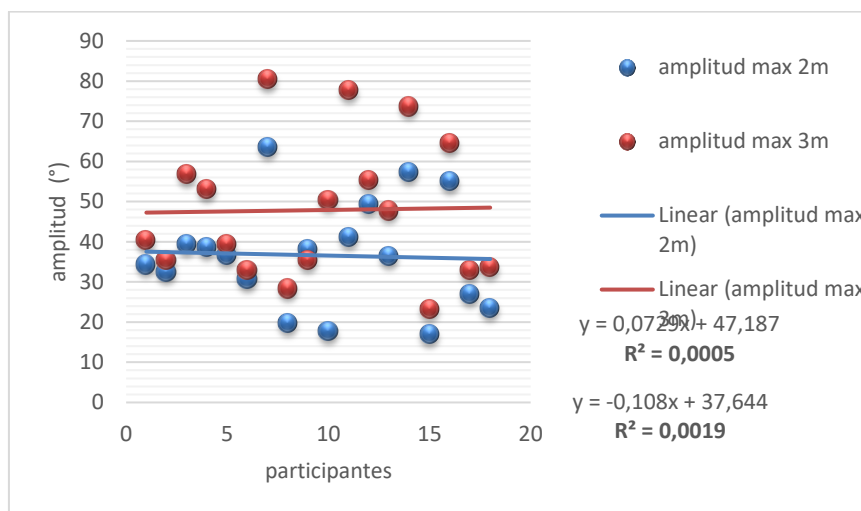


Figura 13. Distribución de amplitud de sacadas inter-sujetos

5.1.2 Análisis de microsacadas

En cuanto a los movimiento microsacádicos se observa que la frecuencia de realización de movimientos aumentó a los tres meses de edad corregida respecto a los de los dos meses y el muestreo de movimientos fue casi el mismo con cada ojo, es decir que a los dos meses se encontraron 35,89 microsacada realizados por segundo en fijación y 38,91 microsacadas realizadas por segundo a los tres meses de edad corregida; en cuanto a la amplitud de los micro-movimientos no se encuentra una diferencia significativa en los valores de amplitud máxima y mínima en las dos edades, comportamiento también observado en la variable de velocidad de los movimientos.

parámetro	edad	Vr. Máx.	Vr. Min	promedio >50%	sd	cv%	Sig. (P<0.05)
n (#)	2 meses	2142,00	60,00	717,83	519,53	0,72	0,35
	3 meses	1901,00	209,00	778,39	596,18	0,77	
amplitud (°)	2 meses	0,96	0,03	0,39	0,12	0,31	0,00*
	3 meses	0,96	0,03	0,27	0,09	0,33	
velocidad (°/s)	2 meses	290,91	1,98	71,39	13,10	0,18	0,00*
	3 meses	293,54	2,57	49,54	10,37	0,21	

Tabla 5. Características de los parámetros de microsacadas

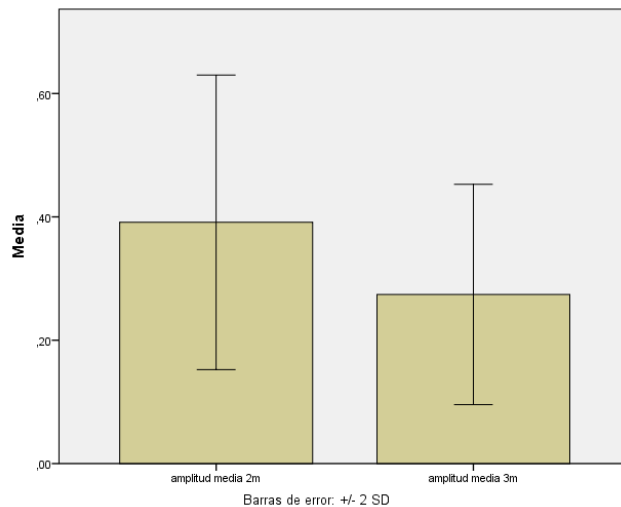


Figura 14. Comparación valores de amplitud media de las microsacadas durante una fijación con una disminución significativa a los 3 meses de edad corregida ($p=0,00$)

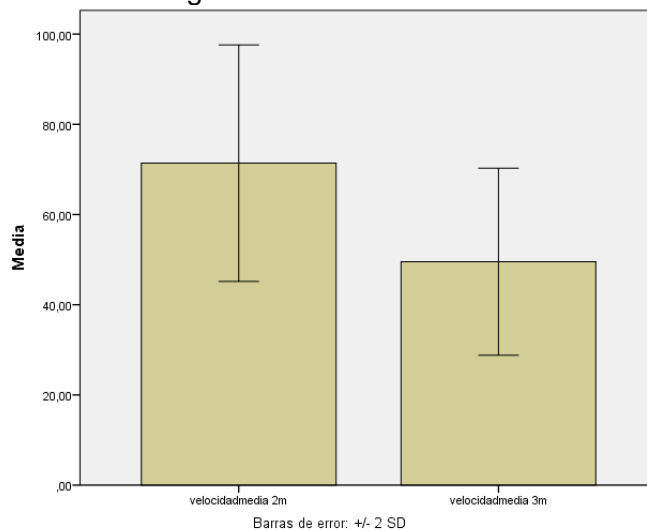


Figura 15. Comparación de velocidad media de los movimientos microsacádicos a los dos y a los tres meses de edad corregida observando una disminución importante en el segundo momento de prueba. ($p=0,00$).

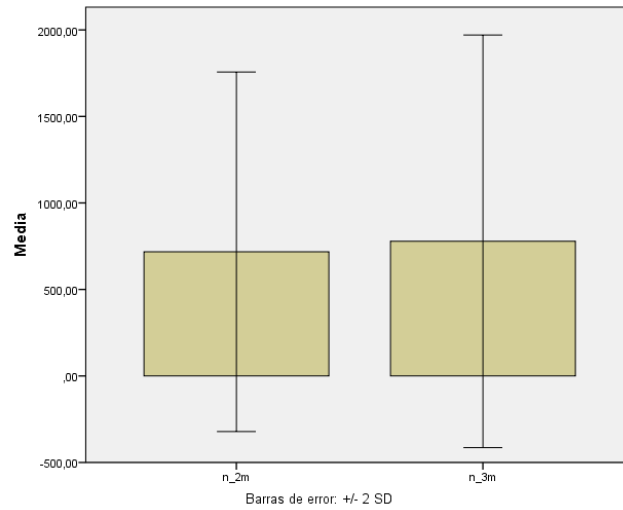


Figura 16. Comparación de la cantidad de microsacadas asociadas a una fijación en las dos edades corregidas observando un ligero aumento a los 3 meses corregidos ($p=0,35$)

De igual manera al encontrar una posible relación entre las variables de velocidad y amplitud se realiza un análisis de correlación por medio de regresión lineal >0 por edades:

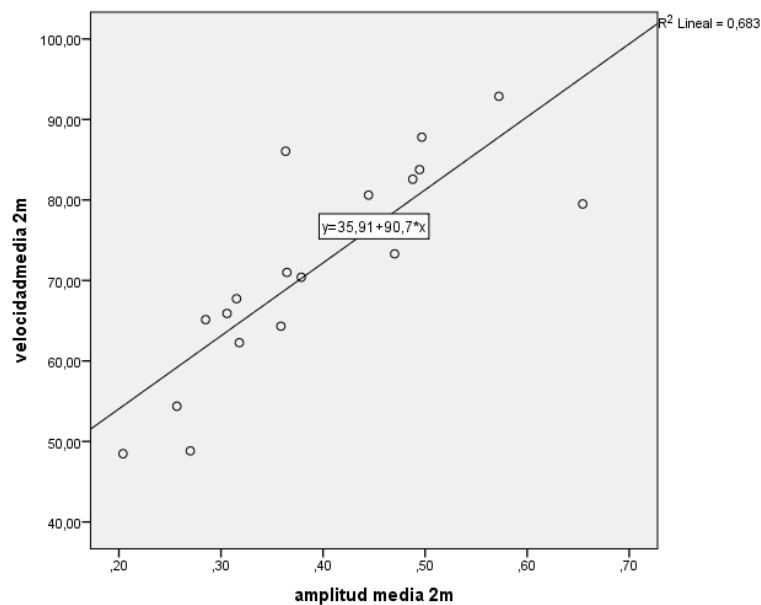


Figura 17. Regresión lineal de variables de velocidad media vs amplitud media de las microsacadas a los 2 meses de edad corregida. R^2 : 0,683

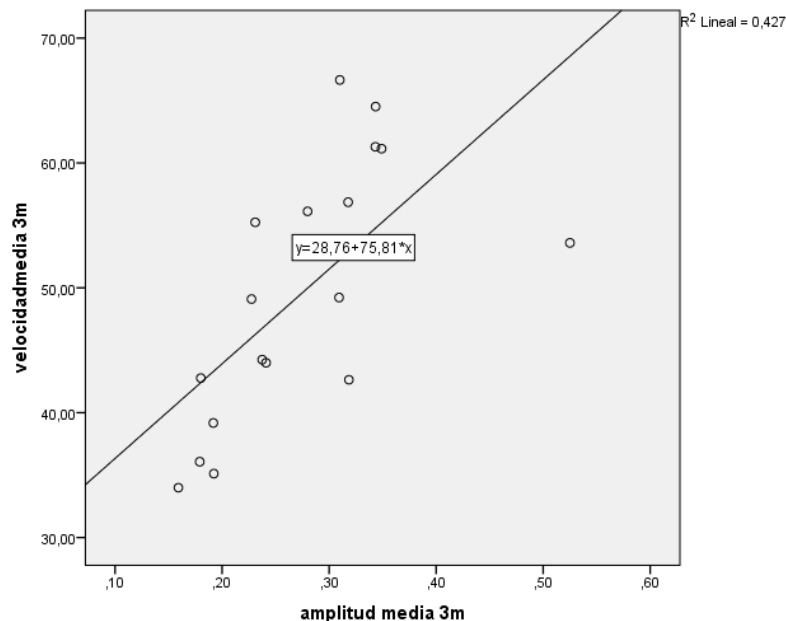


Figura 18. Regresión lineal de variables de velocidad media vs amplitud media de las microsacadas a los 3 meses de edad corregida. r^2 : 0,427

5.2 Preferencia de estímulo facial – no facial

En la tarea de preferencia de estímulo se presentó la imagen 2. Que contenía una imagen facial y por otro lado un objeto (sol) con características complejas, este estímulo se expuso durante 20000ms. En el análisis se estableció la cantidad de fijaciones realizadas sobre la imagen y la duración de estas en segundos (s) y de acuerdo a esto se determinó el porcentaje de fijaciones realizadas sobre cada imagen con la duración de permanencia sobre cada estímulo. De acuerdo a lo anterior se encontró que los bebés prefirieron el estímulo facial en la prueba realizada a los dos meses de edad corregida obteniendo un 52,2% respecto 11,8% del estímulo no facial, porcentajes relacionados con las fijaciones más prolongadas las cuales se obtuvo un 78,98% respecto a un 20,5% relacionados con el promedio de tiempo de fijación sobre el estímulo facial con el no facial respectivamente. Y a los tres meses de edad se observa la misma tendencia de preferencia hacia el estímulo facial versus el no facial aunque con menor proporción, los porcentajes se tomaron respecto al tiempo de exposición del estímulo por lo cual los valores sobrantes están discriminados en tiempo en sacadas o fijaciones en blanco, las cuales hicieron por fuera de los dos estímulos expuestos.

Edad corregida	Preferencia	% mayor tiempo de fijación	% promedio de tiempo por fijación por ensayo
2 meses	Estímulo Facial	52,19	78,98
	Estímulo No Facial	11,82	20,51
3 meses	Estímulo Facial	22,61	49,48
	Estímulo No Facial	5,581	14,16

Tabla 5. Preferencia por edad corregida estímulo facial vs no facial

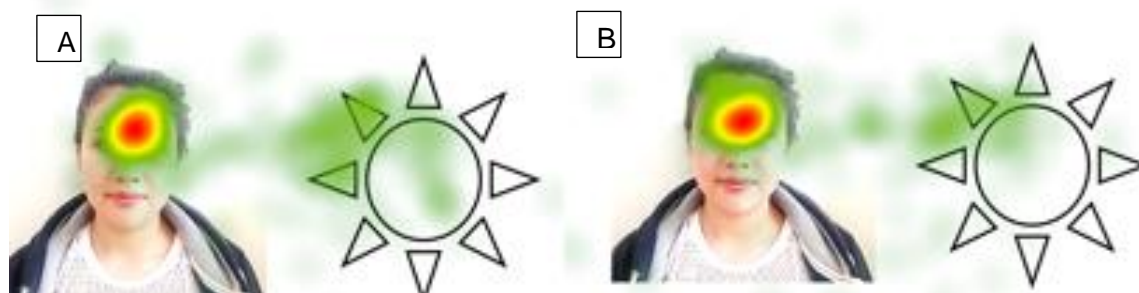


Figura 20. A. tarea preferencia de rostro a los 2 meses de edad corregida B. tarea preferencia de rostro a los 3 meses de edad corregida.

5.3 Preferencia de rostro materno

En la tarea de preferencia de rostros (materno vs rostro no materno) se estableció la cantidad de fijaciones realizadas sobre cada rostro y la duración de estas en segundos (s) y de acuerdo a esto se determinó el porcentaje de fijaciones realizadas con la duración de permanencia sobre cada rostro. En el análisis se observó que a los dos meses de edad hubo una preferencia hacia el rostro de la mamá con el 18.36% y del 18% de la duración en las fijaciones del otro rostro, estos valores tienen de referencia 20000 milisegundos que dura la exposición al estímulo por cada ensayo, en cuanto a la cantidad de fijaciones se encontró mayor número de visitas sobre el rostro materno respecto al rostro no materno como lo muestra la tabla 7. En la prueba realizada un mes después se observa un cambio de esta tendencia con un aumento de tiempos y cantidades de fijación sobre el rostro desconocido respecto al rostro de la mamá, adicionalmente se estableció el número de fijaciones realizadas sobre la imagen pero que no coincidían en ninguno de los dos rostros,

estas fijaciones las llamamos fijaciones en blanco las cuales superan el número de fijación y duración de las mismas en los dos rostros y muestra que a los dos meses los lactantes evaluados hicieron más fijaciones por fuera de los estímulos respecto a las realizadas a los 3 meses, sin embargo las fijaciones a los tres meses muestran fijaciones levemente más prolongadas.

Edad corregida	Estímulo de Preferencia	% tiempo de fijación	% # fijaciones
2 meses	Rostro materno	18,36	14,60
	Rostro desconocido	18,00	13,67
	Fijaciones en blanco	63,63	71,73
3 meses	Rostro materno	7,73	10,13
	Rostro desconocido	18,26	23,16
	Fijaciones en blanco	74,02	66,71

Tabla 6 Preferencia por edad corregida. Rostro materno vs rostro no materno



Figura 21. A. tarea preferencia de rostro materno a los 2 meses de edad corregida B. tarea preferencia de rostro materno a los 3 meses de edad corregida

5.4 Percepción y reconocimiento de rostro

De acuerdo al paradigma de reconocimiento de rostros sugiere como respuesta madurativa del sistema visomotor durante el desarrollo temprano puntualmente entre las edades de los dos y los tres meses de vida posnatal que en el reconocimiento de rostros se presenta un patrón de maduración desde la periferia teniendo por preferencia de estímulos de alto contraste y bordes formados por la línea de cabello a los dos meses de edad, y posteriormente a partir de los tres meses de edad una mayor exploración de las áreas centrales de los rostros como los ojos y la boca. Los resultados obtenidos no fueron significativos como se muestra en la tabla 8, sin embargo se puede ver que a los dos y a los tres meses de edad corregida ya hay un proceso de centralización de la mirada durante

la percepción del rostro, así como se puede apreciar en la figura 22, los resultados más claros se muestran en los estímulos que fueron escogidos dentro del paradigma de preferencia visual (en la imagen 1 el rostro, en la imagen 2 el rostro materno, en la imagen 3 nuevamente el rostro materno) y sobre los cuales los evaluados permanecieron más tiempo en su “visita visual” (tabla 8.)

# Fijaciones	Edad	Imagen 1	Imagen 2		Imagen 3		promedio	P < 0,05
		rostro	Rostro materno	Rostro contraste	Rostro materno	Rostro no materno		
periferia	2meses	11,64	7,36	4,73	3,64	4,36	6,35	
	3meses	8,45	6,73	12,09	4,36	15,45	9,42	0,31
centro	2meses	12,91	16,45	6,82	14,73	8,36	11,85	
	3meses	12,94	9,45	5,27	4,73	10,05	8,49	0,20

Tabla 7. Número de fijaciones realizadas sobre AOI en percepción de rostros

Duración de fijaciones (s)	Edad	Imagen 1	Imagen 2		Imagen 3		promedio	P < 0,05
		imagen 1	Rostro materno	Rostro contraste	Rostro materno	Rostro no materno		
periferia	2meses	4,04	2,37	1,19	1,06	1,52	2,04	
	3meses	3,60	2,59	5,39	1,95	5,60	3,83	0,14
centro	2meses	7,80	7,30	3,11	6,59	3,51	5,66	
	3meses	5,27	4,10	1,21	1,09	4,60	3,25	0,09

Tabla 8. Duración de las fijaciones realizadas sobre las AOI en percepción de rostros

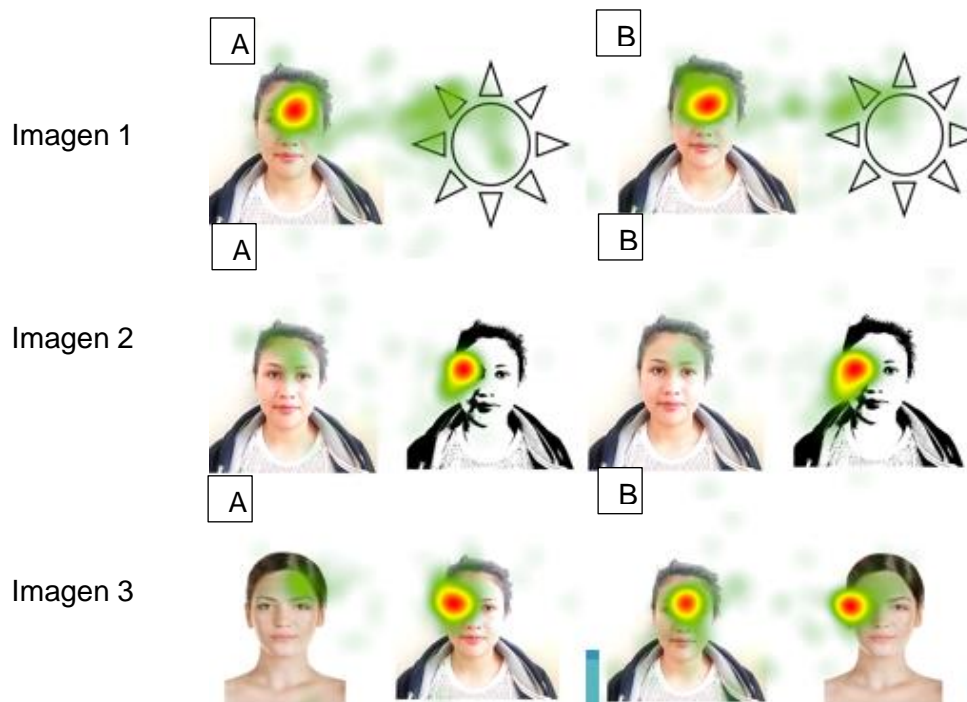


Figura 22. A. fijaciones visuales a los 2 meses de edad corregida B. fijaciones visuales a los 3 meses de edad corregida.

6. Discusión

De acuerdo a la hipótesis alterna, se observaron cambios en los patrones oculomotores, en edades tempranas durante las tareas de reconocimiento de rostros los cuales se analizan a continuación.

En las características de los movimientos sacádicos se observa una disminución significativa (0.00) en el número de sacadas realizadas en las dos edades, así como un aumento significativo también (0.03) en la duración máxima de las sacadas y la amplitud.

La velocidad no presentó diferencia significativa sin embargo sí se observa un aumento en la velocidad de los movimientos con una diferencia entre $4,15^{\circ}/s$ y $10^{\circ}/s$ logrando velocidades máximas de sacadas de $247^{\circ}/s$ y $257^{\circ}/s$

Se establecen valores paramétricos de los movimientos oculares caracterizados en la población prematura, en los resultados obtenidos se encuentra que a los dos meses de edad corregida la frecuencia de movimientos sacádicos fue de 6,86 sacadas por segundo y a los tres meses realizaron 2,43 sacadas por segundo con una disminución de la frecuencia del 60%; así mismo la duración del movimiento aumentó en este periodo de tiempo entre los dos y tres meses de edad corregida obteniendo sacadas de duración máxima promedio de 0,15 segundos a los dos meses y de 0,2 segundos a los tres meses de edad corregida, comportamiento similar en las amplitudes máximas en las cuales se observaron sacadas de $36,72^{\circ}$ y $48,03^{\circ}$ a los dos y a los tres meses corregidos respectivamente.

En cuanto a las microsacadas también se obtuvieron cambios significativos en las características de estos movimientos, la frecuencia del movimiento aumentó durante los dos y los tres meses de edad corregida realizando a los dos meses 35,89 microsacada por segundo en fijación y 38,91 microsacadas por segundo a los tres meses. Se encontró

una disminución significativa en la amplitud y la velocidad de estos micromovimientos, encontrando a los dos meses amplitudes promedio de $0,39^\circ$ y velocidades de $71,39^\circ/s$ y a los tres meses de edad corregida amplitud de $0,27^\circ$ y velocidad de $49,54^\circ/s$.

Los cambios en la proporción relativa de saccadas y microsaccadas que se observan, con predominio de las primeras en la evaluación de los 2 meses y de las segundas en la de los 3 meses, son lo esperado para la población evaluada, y este cambio se da en función de la mejoría de los mecanismos de control motor fino a nivel de músculos oculares, así como en la coordinación de los mismos, debido a la maduración neurológica. Si se observara persistencia del patrón observado a los 2 meses de edad, se podría interpretar como falta de maduración esperada, y por lo tanto, factor de riesgo neurológico.

En cuanto a la percepción y preferencia por los rostros, a los dos meses de edad existe una clara preferencia hacia el rostro materno respecto al rostro no materno, lo cual coincide con autores como Bushnell et al., (1989) ; Pascalis et al., (1995) ; Bushnell, (2001) ; Sai, (2005). sin embargo a los tres meses este resultado fue opuesto mostrando que a los tres meses hay un mayor tiempo de permanencia en la imagen, una disminución en el número de fijaciones realizadas y unas fijaciones más largas durante la tarea de reconocimiento, sin embargo estas no fueron hechas sobre el rostro materno, lo cual coincide con autores como Heron-Delaney et al., (2011); Di Giorgio et al., (2013); Dupierrix et al., (2014) quienes sugieren que a partir de los tres meses de edad el sistema tiene una mayor especificidad y maduración cortical que pueden estar involucrados en la exploración de los estímulos novedosos.

No se lograron resultados claros ni determinantes durante el reconocimiento de rostro que contempla el patrón periferia- centralización, únicamente se cumple parcialmente esto en la primera imagen en donde se muestra un único rostro.

No se observó diferencias significativas en las pruebas realizadas a niños con diferente edad gestacional, es decir fue muy homogéneo el desempeño de niños que nacieron de 33 semanas de gestación a los que nacieron de 37 semanas, importancia que se podría atribuir a la experiencia visual posnatal como lo planteó en su momento (Hubel & Wisel, 1970), sin embargo es de tener en cuenta que las muestras por edades gestacionales fueron bajas y heterogéneas por lo cual es muy anticipado hacer esta observación, la cual valdría la pena aclarar en estudios próximos.

En concordancia con lo anterior también vale la pena resaltar que en la literatura se ha atribuido a los movimientos oculares la capacidad de identificar cambios fisiológicos específicos ante alteraciones en el sistema nervioso, por lo cual sería interesante comparar poblaciones de bebés con factores de riesgo perinatales específicos contra un grupo control con el fin de determinar qué tan susceptible son estas características oculo-motoras para actuar como marcadores de riesgo.

La aproximación realizada al comportamiento oculomotor y el reconocimiento de rostros, en especial el rostro materno, en edades muy tempranas permite postular esta prueba oculomotora como una posible evaluación del riesgo neurológico en bebés prematuros, ya que ofrece precisión en los datos vismotores, su aplicación no es invasiva y la cual ya se tiene una caracterización de los movimientos saccádicos y microsaccádicos en la población prematura en edades tempranas. De esta manera, puede servir para valorar en edades muy tempranas el desarrollo motor, social y cognitivo, con miras a detectar alteraciones de este tipo e intervenir oportunamente para corregirlas, mediante una orientación terapéutica adecuada.

7. Conclusiones

En este estudio se confirma la hipótesis alterna, según la cual sí se observan cambios en los patrones oculomotores de los bebés entre los dos y los tres meses de edad corregida al realizar la tarea de reconocimiento de rostros.

Uno de los cambios de patrón se da en cuanto a la amplitud de los movimientos, con predominio de saccadas a la edad de 2 meses y de microsaccadas a la edad de 3 meses.

Otro cambio es en cuanto a la preferencia por el rostro materno, que predomina a los dos meses, mientras que a los tres meses se evidencia preferencia por rostros nuevos.

El estudio no permite evidenciar cambios en el patrón de periferia – centralización en la tarea de reconocimiento de rostros.

No se observaron diferencias significativas en los resultados en función de la edad gestacional de los niños evaluados, la cual estaba entre 33 y 37 semanas.

Este trabajo aporta una aproximación al comportamiento oculomotor y el reconocimiento de rostros como herramienta temprana de evaluación de riesgo en el desarrollo neurológico en bebés prematuros. De esta forma se pueden detectar tempranamente alteraciones y tomar las acciones terapéuticas encaminadas a mejorar el desarrollo.

Otro aporte del trabajo es la caracterización de los patrones de movimientos saccádicos y microsaccádicos en reconocimiento de rostros como una prueba sencilla de motilidad ocular que se puede aplicar tempranamente a los bebés como indicador de desarrollo visomotor y cognitivo.

7.1 Limitaciones del estudio

Aun cuando la frecuencia de población prematura en Colombia y en el mundo continúa en aumento la captación de los sujetos para el estudio fue compleja, teniendo en cuenta que los bebés que cumplían con los criterios de selección por historia clínica y que sus padres aceptaban ser parte del estudio debían ser evaluados a los dos meses de edad corregida, ajustar los tiempos de los padres con las programaciones, aspectos climáticos y los desplazamientos con los bebés hasta el Laboratorio de Neurociencia Cognitiva de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia era crítico para cumplir con esta condición, adicionalmente respetar las mismas condiciones para la segunda evaluación a los 3 meses de edad corregida fue complejo, sin embargo se logró recolectar los sujetos suficientes para el estudio incluyendo 5 participantes de 37 semanas de gestación que hacían parte del programa canguro.

En total se recolectaron 20 bebés para la toma de las muestras pero uno de ellos se excluyó del análisis por problemas con la calibración con el equipo.

Dado que el análisis de los datos no se debe hacer de manera automatizada como lo ofrece el equipo por el tipo de población, fue necesario buscar alianzas con personas que manejen técnicas de ciencia computacional, con participación de estudiantes de ingeniería eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia Max Nelson Hernando Lopez y el estudiante de ingeniería eléctrica de la universidad Distrital Jose Miguel Suarez Giorgi con quienes se logró realizar los scripts de análisis e identificación de las características de los movimientos oculares descritos.

A. Anexo: script para determinar fijaciones y la ubicación en pantalla

Descripción de las funciones del script:

Determinar: devuelve la columna con determinado texto.

Inicializar: Inicializa las matrices que contienen los resultados del análisis. “valores”, “mayorTiempo”, “mayorUbicacion” y “ensayos”

BuscarFijaciones: Compara los índices de fijación para encontrar fijaciones. Sólo toma los datos del último renglón de la fijación.

EsBlanco: Recorre las columnas de AOI buscando “1” (el número uno). Si no encuentra ningún “1” entonces es fijación en blanco.

Rellnenar: Tiene filtros para descartar ensayos incompletos (menos de 60 segundos).

Verifica si el ensayo ya ha sido registrado en la matriz “ensayos”.

Registra la sesión y ensayo de la fijación.

Determina fila y columna según imagen y posición en pantalla.

Llena la matriz “valores” que acumula las fijaciones según posición.

Mayores: Almacena las mayores fijaciones en las matrices “MayorTiempo” y “mayorUbicacion”.

General: Es el inicio del script. Inicializa las matrices de datos, busca fijaciones, e imprime en la hoja los valores determinados.

```
Public sesion, ensayo, imagen, indiceFijacion, duracion, limInferiorAOI As Integer
Public limSuperiorAOI, coordenadaX, coordenadaY As Integer
Public posicionX, posicionY As Integer
Public mayorTiempo(1 To 13, 1 To 5) As Integer
Public mayorUbicacion(1 To 13, 1 To 5) As String
Public Const limiteIzquierdo = 253.5
Public Const limiteDerecho = 255.5
```

```
Public Const limiteArriba = 142
```

```
Public Const limiteAbajo = 144
```

```
Public ensayos(1 To 13, 1 To 2) As String
```

```
Public valores(1 To 13, 1 To 20) As String
```

```
Public Function determinar(texto) As Integer
```

```
    Dim fila As Integer
```

```
    If Worksheets("Data").Cells(1, 1).Value = "" Then
```

```
        fila = 2
```

```
    Else
```

```
        fila = 1
```

```
    End If
```

```
    For iterador = 1 To 300
```

```
        If Worksheets("Data").Cells(fila, iterador).Value = texto Then
```

```
            determinar = iterador
```

```
            Exit For
```

```
        End If
```

```
    Next iterador
```

```
End Function
```

```
Sub buscarFijaciones()
```

```
    Dim limite As Long
```

```
    limite = 300000
```

```
    For fila = 4 To limite
```

```
        Set actual = Worksheets("Data").Cells(fila, indiceFijacion)
```

```
        Set anterior = Worksheets("Data").Cells(fila - 1, indiceFijacion)
```

```
        If actual.Value <> anterior.Value Then
```

```
            If anterior.Value <> "" Then
```

```
                If EsBlanco((fila)) Then
```

```
                    rellenar fila - 1
```

```
            End If
```

```
        End If
```

```
    End If
```

```
Next fila
```

```
End Sub
```



```
Private Sub rellenar(fila As Long)

Dim row, col As Integer
Dim ensayoRegistrado, centro As Boolean
centro = False
ensayoRegistrado = False

For iterador = 1 To 13
  If Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo).Value > 60000 Then

    If ensayos(iterador, 2) = Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo) Then
      row = iterador
      ensayoRegistrado = True
      Exit For
    End If
  Else
    centro = True
    ensayoRegistrado = False
  End If
Next iterador

If ensayoRegistrado = False Then
  For iterador = 1 To 13
    If Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo).Value > 60000 And ensayos(iterador, 2) = ""
  Then
    ensayos(iterador, 1) = Worksheets("Data").Cells(fila, sesion)
    ensayos(iterador, 2) = Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo)
    ensayoRegistrado = True
    Exit For
  End If
Next iterador

For iterador = 1 To 13
  If Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo).Value > 60000 Then

    If ensayos(iterador, 2) = Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo) Then
      row = iterador
      ensayoRegistrado = True
      Exit For
    End If
  Else
    centro = True
  End If
Next iterador
End If

Dim img As Integer
```

```
If Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "1.png" Then
    col = 1
    img = 1
Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "2.png" Then
    col = 5
    img = 2
Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "3.png" Then
    col = 9
    img = 3
Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "4.png" Then
    col = 13
    img = 4
Else
    col = 17
    img = 5
End If

If Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaX).Value < limitelzquierdo Then
    col = col + 2

Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaX).Value > limiteDerecho Then
    col = col

Else
    centro = True
End If

If Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaY).Value < limiteAbajo Then
    col = col + 1

Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaY).Value > limiteArriba Then
    col = col

Else
    centro = True
End If

Dim tiempo As Integer
tiempo = Worksheets("Data").Cells(fila, duracion).Value
Dim posicionX, posicionY As Double

posX = Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaX)
posY = Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaY)

If centro = False And posX <> "" And posY <> 0 And ensayoRegistrado Then
    If valores(row, col) <> "" Then
        valores(row, col) = valores(row, col) + 1
```

```
    mayores (row), (img), tiempo, (posX), (posY)
End If
End If
```

```
End Sub
Private Sub mayores(row As Integer, img As Integer, tiempo As Integer, posicionX As
Double, posicionY As Double)
```

```
    If mayorTiempo(row, img) < tiempo Then
        mayorTiempo(row, img) = tiempo
        If posicionX < limiteIzquierdo Then
            mayorUbicacion(row, img) = "izquierda"
```

```

        ElseIf posicionX > limiteDerecho Then
            mayorUbicacion(row, img) = "derecha"
        End If
```

```

        If posicionY < limiteAbajo Then
            mayorUbicacion(row, img) = mayorUbicacion(row, img) & " abajo."
```

```

        ElseIf posicionY > limiteArriba Then
            mayorUbicacion(row, img) = mayorUbicacion(row, img) & " arriba."
        End If
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Public Function EsBlanco(fila As Long) As Boolean
```

```
    EsBlanco = True
```

```
    For columna = limiteInferiorAOI + 1 To limiteSuperiorAOI
```

```
        If Worksheets("Data").Cells(fila, columna).Value = 1 Then
```

```
            EsBlanco = False
        End If
```

```
    Next columna
```

```
End Function
```

```
Sub inicializar()
```

```
    For i = 1 To 13
```

```
        For j = 1 To 16
```

```
            valores(i, j) = 0
```

```
        Next j
```

```
    Next i
```

```
For i = 1 To 13
  For j = 1 To 5
    mayorTiempo(i, j) = 0
  Next j
Next i

For i = 1 To 13
  For j = 1 To 5
    mayorUbicacion(i, j) = ""
  Next j
Next i
For i = 1 To 13
  For j = 1 To 2
    ensayos(i, j) = ""
  Next j
Next i
```

End Sub

Sub General()

```
sesion = determinar("RecordingDate")
ensayo = determinar("RecordingDuration")
imagen = determinar("MediaName")
indiceFijacion = determinar("FixationIndex")
duracion = determinar("GazeEventDuration")
limInferiorAOI = determinar("FixationPointY (MCSpX)")
limSuperiorAOI = determinar("GazePointIndex")
coordenadaX = determinar("StrictAverageGazePointX (ADCSmm)")
coordenadaY = determinar("StrictAverageGazePointY (ADCSmm)")
```

inicializar

buscarFijaciones

```
For i = 6 To 18
  For j = 118 To 137
    Worksheets("Data").Cells(i, j).Value = 0
  Next j
Next i
```

For i = 6 To 18

```
Worksheets("Data").Cells(i, 118).Value = ensayos(i - 5, 1)
Worksheets("Data").Cells(i, 119).Value = ensayos(i - 5, 2)
```

Next i

```
For i = 6 To 18
  For j = 120 To 139
    Worksheets("Data").Cells(i, j).Value = valores(i - 5, j - 119)

  Next j
Next i

For i = 6 To 18
  For j = 1 To 5
    Worksheets("Data").Cells(i, 141 + 2 * (j - 1)).Value = mayorTiempo(i - 5, j)
    Worksheets("Data").Cells(i, 140 + 2 * (j - 1)).Value = mayorUbicacion(i - 5, j)
  Next j
Next i

End Sub
```

B. Anexo: script de duración de las fijaciones

```

Public sesion, ensayo, imagen, indiceFijacion, duracion, limInferiorAOI As Integer
Public limSuperiorAOI, coordenadaX, coordenadaY As Integer
Public posicionX, posicionY As Integer
Public mayorTiempo(1 To 13, 1 To 5) As Integer
Public mayorUbicacion(1 To 13, 1 To 5) As String
Public Const limitelzquierdo = 253.5
Public Const limiteDerecho = 255.5
Public Const limiteArriba = 142
Public Const limiteAbajo = 144

Public ensayos(1 To 13, 1 To 2) As String
Public valores(1 To 13, 1 To 20) As String

Public Function determinar(texto) As Integer
    Dim fila As Integer
    If Worksheets("Data").Cells(1, 1).Value = "" Then
        fila = 2
    Else
        fila = 1
    End If

    For iterador = 1 To 300

        If Worksheets("Data").Cells(fila, iterador).Value = texto Then
            determinar = iterador
            Exit For
        End If

    Next iterador

End Function

Sub buscarFijaciones()
    Dim limite As Long
    limite = 300000
    For fila = 4 To limite
        Set actual = Worksheets("Data").Cells(fila, indiceFijacion)
        Set anterior = Worksheets("Data").Cells(fila - 1, indiceFijacion)

        If actual.Value <> anterior.Value Then

            If anterior.Value <> "" Then

                If EsBlanco((fila)) Then
                    rellenar fila - 1
                End If
            End If
        End If
    Next fila
End Sub

```

```
        End If
    End If
Next fila
End Sub

Private Sub rellenar(fila As Long)

Dim row, col As Integer
Dim ensayoRegistrado, centro As Boolean
centro = False
ensayoRegistrado = False

For iterador = 1 To 13
    If Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo).Value > 60000 Then

        If ensayos(iterador, 2) = Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo) Then
            row = iterador
            ensayoRegistrado = True
            Exit For
        End If
    Else
        centro = True
        ensayoRegistrado = False
    End If
Next iterador

If ensayoRegistrado = False Then
For iterador = 1 To 13
    If Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo).Value > 60000 And ensayos(iterador, 2) = "" Then
        ensayos(iterador, 1) = Worksheets("Data").Cells(fila, sesion)
        ensayos(iterador, 2) = Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo)
        ensayoRegistrado = True
        Exit For
    End If
Next iterador

For iterador = 1 To 13
    If Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo).Value > 60000 Then

        If ensayos(iterador, 2) = Worksheets("Data").Cells(fila, ensayo) Then
            row = iterador
            ensayoRegistrado = True
            Exit For
        End If
    Else
        centro = True

    End If
Next iterador
End If

Dim img As Integer
```

```
If Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "1.png" Then
    col = 1
    img = 1
Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "2.png" Then
    col = 5
    img = 2
Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "3.png" Then
    col = 9
    img = 3
Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, imagen).Value = "4.png" Then
    col = 13
    img = 4
Else
    col = 17
    img = 5
End If

If Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaX).Value < limiteIzquierdo Then
    col = col + 2

Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaX).Value > limiteDerecho Then
    col = col

Else
    centro = True
End If

If Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaY).Value < limiteAbajo Then
    col = col + 1

Elseif Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaY).Value > limiteArriba Then
    col = col

Else
    centro = True
End If

Dim tiempo As Integer
tiempo = Worksheets("Data").Cells(fila, duracion).Value
Dim posicionX, posicionY As Double

posX = Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaX)
posY = Worksheets("Data").Cells(fila, coordenadaY)

If centro = False And posX <> "" And posY <> 0 And ensayoRegistrado Then
    If valores(row, col) <> "" Then
        valores(row, col) = valores(row, col) + 1
        mayores (row), (img), tiempo, (posX), (posY)
    End If
End If

End Sub
```

```
Private Sub mayores(row As Integer, img As Integer, tiempo As Integer, posicionX As Double,
posicionY As Double)
```

```
    If mayorTiempo(row, img) < tiempo Then
        mayorTiempo(row, img) = tiempo
        If posicionX < limiteIzquierdo Then
            mayorUbicacion(row, img) = "izquierda"
```

```
        ElseIf posicionX > limiteDerecho Then
            mayorUbicacion(row, img) = "derecha"
        End If
```

```
        If posicionY < limiteAbajo Then
            mayorUbicacion(row, img) = mayorUbicacion(row, img) & " abajo."
```

```
        ElseIf posicionY > limiteArriba Then
            mayorUbicacion(row, img) = mayorUbicacion(row, img) & " arriba."
        End If
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Public Function EsBlanco(fila As Long) As Boolean
```

```
    EsBlanco = True
```

```
    For columna = limiteInferiorAOI + 1 To limiteSuperiorAOI
```

```
        If Worksheets("Data").Cells(fila, columna).Value = 1 Then
```

```
            EsBlanco = False
        End If
```

```
    Next columna
```

```
End Function
```

```
Sub inicializar()
```

```
    For i = 1 To 13
        For j = 1 To 16
            valores(i, j) = 0
        Next j
    Next i
```

```
    For i = 1 To 13
        For j = 1 To 5
            mayorTiempo(i, j) = 0
        Next j
    Next i
```

```
    For i = 1 To 13
        For j = 1 To 5
            mayorUbicacion(i, j) = ""
        Next j
    Next i
    For i = 1 To 13
```

```

    For j = 1 To 2
        ensayos(i, j) = ""
    Next j
Next i

```

```

End Sub
Sub General()

```

```

sesion = determinar("RecordingDate")
ensayo = determinar("RecordingDuration")
imagen = determinar("MediaName")
indiceFijacion = determinar("FixationIndex")
duracion = determinar("GazeEventDuration")
limInferiorAOI = determinar("FixationPointY (MCSpx)")
limSuperiorAOI = determinar("GazePointIndex")
coordenadaX = determinar("StrictAverageGazePointX (ADCSmm)")
coordenadaY = determinar("StrictAverageGazePointY (ADCSmm)")

```

```

inicializar
buscarFijaciones

```

```

For i = 6 To 18
    For j = 118 To 137
        Worksheets("Data").Cells(i, j).Value = 0
    
```

```

    Next j
Next i

```

```

For i = 6 To 18

```

```

    Worksheets("Data").Cells(i, 118).Value = ensayos(i - 5, 1)
    Worksheets("Data").Cells(i, 119).Value = ensayos(i - 5, 2)

```

```

Next i

```

```

For i = 6 To 18

```

```

    For j = 120 To 139
        Worksheets("Data").Cells(i, j).Value = valores(i - 5, j - 119)
    
```

```

    Next j
Next i

```

```

For i = 6 To 18

```

```

    For j = 1 To 5
        Worksheets("Data").Cells(i, 141 + 2 * (j - 1)).Value = mayorTiempo(i - 5, j)
        Worksheets("Data").Cells(i, 140 + 2 * (j - 1)).Value = mayorUbicacion(i - 5, j)
    
```

```

    Next j
Next i

```

```

End Sub

```

C. Anexo: Script Microsacadas

```

k=1;
h=1;
i=1;
j=2;
s=1;
m=zeros(5000,1000);
ang=zeros(5000,1000);
t=zeros(5000,1000);
vel=zeros(5000,1000);
while k<108137
while tip(k)==0 && k<108137
k=k+1;
end
i=k;
j=k+1;
a=0;
b=0;
h=1;
x=0;
while tip(k)==1 && k<108137
if NI(i)==0 || NI(j)==0 || NI(j+1)==0
a=0;
b=0;
anga=0;
angb=0;
else
a=sqrt((fxl(j)-fxl(i))^2+(fyl(j)-fyl(i))^2+(fzl(j)-fzl(i))^2);
b=sqrt((fxl(j+1)-fxl(i))^2+(fyl(j+1)-fyl(i))^2+(fzl(j+1)-fzl(i))^2);
anga=acos((fxl(j)*fxl(i)+fyl(j)*fyl(i)+fzl(j)*fzl(i))/(NI(j)*NI(i)))*180/pi;
angb=acos((fxl(j+1)*fxl(i)+fyl(j+1)*fyl(i)+fzl(j+1)*fzl(i))/(NI(j+1)*NI(i)))*180/pi;

```

```
end
if a>b && anga<=1
x(h)=a;
m(h,s)=a;
ang(h,s)=anga;
t(h,s)=(j-i)*10/3;
if t(h,s)==0
vel(h,s)=0;
else
vel(h,s)=(ang(h,s)/t(h,s));
end
i=j;
j=j+1;
h=h+1;
else
j=j+1;
end
k=k+1;
end
tam(s)=length(x);
s=s+1;
k=k+1;
end
[estado]=xlswrite('microsacadas_mm.xlsx',m,'paciente',A1#39;
9;)
[estado]=xlswrite('microsacadas_grado.xlsx',ang,'paciente',A1
#39;)
[estado]=xlswrite('microsacadas_tiempo.xlsx',t,'paciente',A1&
#39;)
[estado]=xlswrite('microsacadas_vel.xlsx',vel,'paciente',A1&#3
9;)
```

D. Anexo: consentimiento informado

Código: _____

Fecha: _____



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Estudio " Patrones de fijación y seguimiento visual involucrados en el reconocimiento de rostros en niños prematuros del programa canguro del Hospital San Ignacio de Bogotá"

CONSENTIMIENTO INFORMADO

A usted señora _____, madre o representante legal de su hijo (a) _____ le estamos invitando a participar de un estudio de investigación de la Maestría en Neurociencias de la Universidad Nacional de Colombia. Es importante que usted conozca que su participación es absolutamente voluntaria y que si usted lo desea, puede negarse a participar o retirarse del estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones.

Propósito del estudio

Describir los patrones de movimientos oculares en la fijación y seguimiento visual durante el reconocimiento de rostros en neonatos y lactantes con el fin de identificar si hay cambios importantes en las respuestas dadas por los niños nacidos prematuramente y cuidados bajo el programa madre canguro respecto a niños nacidos a término.

Procedimiento del estudio

- El procedimiento se llevara a cabo en una jornada de valoración individual, en donde se implementara un cuestionario que será diligenciado por usted con orientación del investigador, asociado a una entrevista corta, finalmente se realizara una prueba de fijación y seguimiento visual a su hijo(a).
- Las preguntas que trae el cuestionario y la entrevista a realizar van dirigidas a conocer aspectos sociodemográficos, antecedentes médicos personales y familiares, antecedentes de consumo e información general de su embarazo.
- Adicionalmente, la prueba de fijación y seguimiento visual que se realizara a su hijo se hará por medio de una técnica de rastreo ocular, es un medio tecnológico que funciona por medio de un sensor mientras se expone a un estímulo visual, sin tener algún medio de contacto físico con el menor.
- La prueba se llevara a cabo con el equipo "eye tracker" del laboratorio de Neurociencias de la facultad de Medicina de la Universidad Nacional y consta de dos fases, la primera de calibración con el fin de sincronizar el sensor del equipo con el evaluado, y la segunda fase de exposición a los estímulos visuales de la prueba.
- Dentro de los estímulos que se le brindarán al menor durante la prueba se encuentra la imagen facial de la madre, por lo cual se le solicita la toma de una foto para poder adaptar la prueba específica para su hijo(a).
- Posteriormente se ejecutara el procesamiento y análisis de la información correspondiente a cada participante. Los resultados serán registrados y analizados con códigos específicos de que reemplazaran el nombre del menor con el fin de proteger su identidad.
- Finalmente, los resultados individuales pueden ser transmitidos mediante un informe escrito siempre y cuando el representante legal del menor lo solicite, y no serán publicados ni difundidos con sus datos en otros medios.

Riesgo del estudio

De acuerdo con la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, el procedimiento que se realizara al menor se cataloga como *riesgo mínimo* dado que se empleará un registro de datos de manera descriptiva utilizando tecnología no invasiva ni se practicarán intervenciones clínicas que puedan afectar al lactante.

Beneficios del estudio

Respecto a las contribuciones que daría este trabajo se verán guiadas a la comprensión de aspectos comportamentales del recién nacido y/o lactante específicamente a nivel viso-motor, así como avances en la comprensión del desarrollo precursor cognitivo y social asociado a los movimientos oculares.

Por su participación y la de su hijo en esta prueba no recibirá beneficio económico, sin embargo podrá tener acceso a los resultados de obtenidos si usted así lo solicita.

- Igualmente los gastos de transporte generados para el cumplimiento de la toma de mediciones serán cubiertos por el investigador.

Reserva de la información del estudio

- La información que usted aportara a través del cuestionario y entrevista y la información captada durante la prueba con su hijo, será absolutamente confidencial y no será proporcionada a ninguna persona diferente a usted bajo ninguna circunstancia.
- A cada registro se le asignará un código de tal forma que otras personas no tengan acceso a sus datos personales.
- Solo los investigadores (responsables del estudio) tendrán acceso al código y su identidad verdadera para poder localizarlo.
- De igual forma, no se divulgaran, ni se publicaran a través de ningún medio los nombres de los participantes, y nadie fuera del grupo investigador conocerá su información personal.

Estudios futuros

Es posible que en el futuro la historia clínica y los registros tomados sean utilizados para otras investigaciones cuyos objetivos o propósitos no aparecen en este formato de consentimiento informado que usted firmará, si esto llegara a suceder, toda la información será entregada de manera codificada para garantizar que no se revelara su nombre ni el de su hijo.

FIRMA DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO

Después de haber leído completamente toda la información contenida en este documento con respeto al proyecto "*Patrones de fijación y seguimiento visual involucrados en el reconocimiento de rostros en niños prematuros del programa canguro del Hospital San Ignacio de Bogotá*", habiendo dispuesto de tiempo suficiente para reflexionar sobre las implicaciones de mi decisión libre, consciente y voluntaria, manifiesto que he decidido autorizar mi participación y la de mi hijo (a) _____ con las consideraciones aquí planteadas.

En constancia, firmo este documento de consentimiento informado, en la ciudad de _____ el día _____ del mes de _____ del año _____.

NOMBRE, FIRMA Y DOCUMENTO DE IDENTIDAD DE LA MADRE DEL MENOR.

Nombre: _____ Firma: _____

Cedula de Ciudadanía N° _____ de _____

Bibliografía

- Ackman, J. B., & Crair, M. C. (2014). Role of emergent neural activity in visual map development. *Current Opinion in Neurobiology*, 0, 166-175. doi:10.1016/j.conb.2013.11.011
- Aguilar Fabré, K., Vega Malagón, G., Hernández Montiel, H. L., Aguilar Fabré, L., Rodríguez Valdés, R., & Ricardo Garcel, J. (2015). Influencia de la prematuridad sobre el sistema nervioso en la niñez y en la adultez. *RCNN*, 5(1) Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4790478>
- Ahtola, Stjerna, Yrttiaho, Nelson, Leppänen, Vanhatalo, & Dichter. (2014). Dynamic eye tracking based metrics for infant gaze patterns in the face-distractor competition paradigm. *PLoS ONE*, 9(5) Retrieved from <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.g001><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.g002><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.g003><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.g004><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s001><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s002><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s003><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s004><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s005><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s006><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s007><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s008><http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0097299.s009>
- Amiel-Tison, C., & Gosselin, J. (2008). From neonatal to fetal neurology: Some clues for interpreting fetal findings. *Donald School Journal of Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, , 48-63. doi:10.5005/jp-journals-10009-1065
- Anzellotti, S., & Caramazza, A. (2014). The neural mechanisms for the recognition of face identity in humans. *Frontiers in Psychology*, 5doi:10.3389/fpsyg.2014.00672
- AQ: au S L Zhejiang Sci-Tech University. (2015). *Development of visual preference for own-versus other-race faces in infancy*doi:10.1037/a0038835
- Awoust, J., & Levi, S. (1984). New aspects of fetal dynamics with a special emphasis on eye movements. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 10(1), 107-116. doi:10.1016/0301-5629(84)90065-6
- Ayres, J. (1998). *La integración sensorial y el niño* (1. Ed. ed.). Mexico DF: Background: "Seeing the world through your baby's eyes"
- Banks, M. S., & Salapatek, P. (1981). Infant pattern vision: A new approach based on the contrast sensitivity function. *Journal of Experimental Child Psychology*, 31(1), 1-45. doi:10.1016/0022-0965(81)90002-3
- Behavioural brain research*. Amsterdam <<[u.a.]>>: Elsevier.
- Berger, K. S. (2007). *Psicología del desarrollo: Infancia y adolescencia* Ed. Médica Panamericana. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=sGB87-HX->

HQC&pg=PA105&lpg=PA105&dq=droga+o+sustancia+psicoactiva+como+teratogeno&source=bl&ots=cloxbh4fqz&sig=CZlZ53YEYHnl2kRh9pCjVv narFs&hl=es&sa=X&ved=0CEoQ6AEwB2oVChMln7Xpw9buxwlVxdg-Ch0TAQf0#v=onepage&q=droga%20o%20sustancia%20psicoactiva%20como%20teratogeno&f=false

- bon Hofsten, C., & Rosander, K. (1996). The development of gaze control and predictive tracking in young infants. *Vision Research*, 36(1), 81-96. doi:10.1016/0042-6989(95)00054-4
- Bonin, M., Pomerleau, A., & Malcuit, G. (1998). A longitudinal study of visual attention and psychomotor development in preterm and full-term infants during the first six months of life. *Infant Behavior and Development*, 21
- Bosworth, R. G., & Dobkins, K. R. (2013). Effects of prematurity on the development of contrast sensitivity: Testing the visual experience hypothesis; *Vision Research*, 82, 31-41.
- Boucher, L., Lee, A., Cohen, Y. E., & Hughes, H. C. (2004). Ocular tracking as a measure of auditory motion perception. *Journal of Physiology-Paris*, 98(1-3), 235-248. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S092842570400083X?np=y>
- Bourne, J. A. (2010). Unravelling the development of the visual cortex: Implications for plasticity and repair. *Journal of Anatomy*, 217(4), 449-468. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7580.2010.01275.x/full>
- Braddick, O., & Atkinson, J. (2011). Development of human visual function. *Vision Research*, 51(13), 1588-1609. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S004269891100068X>
- Carmen R. Pallas-Alonso, & Maria Lopez-Maestro. (2011). Human milk and kangaroo mother care. *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 262-269. doi:10.2174/157340411796355207
- Charpak, N., & Ruiz, J. G. (2011). KMC, concepts, definitions and praxis: What elements are applicable in what settings in which local circumstances? *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 232-242. doi:10.2174/157340411796355180
- Crair, M. C. (1999). Neuronal activity during development: Permissive or instructive? *Current Opinion in Neurobiology*, 9(1), 88-93. doi:10.1016/S0959-4388(99)80011-7
- Crair, M. C., Ruthazer, E. S., Gillespie, D. C., & Stryker, M. P. (1997). Relationship between the ocular dominance and orientation maps in visual cortex of monocularly deprived cats. *Neuron*, 19(2), 307-318. doi:10.1016/S0896-6273(00)80941-1
- Crookes, & McKone. (2009). Early maturity of face recognition: No childhood development of holistic processing, novel face encoding, or face-space. *Cognition*, 111(2), 219-247. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010027709000456><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0010027709000456?httpAccept=text/xml><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0010027709000456?httpAccept=text/plain>
- CUMMING, G. D. (1978). Chapter 6 - EYE MOVEMENTS AND VISUAL PERCEPTION A2 - carterette, edward C. In M. P. Friedman (Ed.), *Perceptual processing* (pp. 221-255)

- Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-161909-1.50012-8 Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780121619091500128>
- DAVID P. LAPLANTE, R. ROBERT ORR, KELLI NEVILLE, LISA VORKAPICH, & DIANE SASSO University Windsor. *Discrimination of stimulus rotation by newborns*
- de Haan, M., Johnson, M. H., Maurer, D., & Perrett, D. I. (2001). Recognition of individual faces and average face prototypes by 1- and 3-month-old infants. *Cognitive Development*, 16(2), 659-678. doi:10.1016/S0885-2014(01)00051-X
- de Heering, A., Turati, C., Rossion, B., Bulf, H., Goffaux, V., & Simion, F. (2008). Newborns' face recognition is based on spatial frequencies below 0.5 cycles per degree. *Cognition*, 106(1), 444-454. doi:10.1016/j.cognition.2006.12.012
- Deubel, H. (1996). Chapter 5 visual processing and cognitive factors in the generation of saccadic eye movements. *Handbook of perception and action* (pp. 143-189) doi:10.1016/S1874-5822(96)80008-9 Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874582296800089>
- Di Giorgio, E., Turati, C., Altoè, G., & Simion, F. (2012). Face detection in complex visual displays: An eye-tracking study with 3- and 6-month-old infants and adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 113(1), 66-77. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0022096512000811>
- Dubowitz, L., Dubowitz, V., & Morante, A. (1980). Visual function in the newborn: A study of preterm and full-term infants. *Brain and Development*, 2(8497), 47. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2873347>
- Duin, J. v. H., Heersema, D. J., Groenendaal, F., Baerts, W., & Fetter, W. P. F. (1992). Visual field and grating acuity development in low-risk preterm infants during the first 2 1/2 years after term. *Behavioural Brain Research*, 49(1), 115-122. doi:10.1016/S0166-4328(05)80201-3
- Dupierrix, E., de Boisferon, A. H., Méary, D., Lee, K., Quinn, P. C., Di Giorgio, E., . . . Pascalis, O. (2014). Preference for human eyes in human infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 123, 138-146. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022096513002737>
- Edward, D. P., & Kaufman, L. M. (2003). Anatomy, development, and physiology of the visual system. *Pediatric Clinics of North America*, 50(1), 1-23. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0031395502001323>
- Elliott G. Smith, & Richard L. Canfield. *Two-month-olds make predictive saccades: Evidence for early frontal lobe function*
- Fantz, R. L. (1961). The origin of form perception. *Scientific American*, 204, 66-73. doi:10.1038
- Farah, M. J., Rabinowitz, C., Quinn, G. E., & Liu, G. T. (2000). Early commitment of neural substrates for face recognition. *Cognitive Neuropsychology*, 17(1-3), 117-123. doi:10.1080/026432900380526
- Farroni, T., Csibra, G., Simion, F., & Johnson, M. H. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(14), 9602-9605. doi:10.1073/pnas.152159999

- Farroni, T., Menon, E., & Johnson, M. H. (2006). Factors influencing newborns' preference for faces with eye contact. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(4), 298-308. doi:10.1016/j.jecp.2006.08.001
- Farroni, Csibra, Simion, & Johnson. (2002). Eye contact detection in humans from birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(14), 9602-9605. doi:10.1073/pnas.152159999
- Fioravanti, F., Inchingolo, P., Pensiero, S., & Spanio, M. (1995). Saccadic eye movement conjugation in children. *Vision Research*, 35(23-24), 3217-3228. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0042698995001525>
- Frank, Amso, & Johnson. (2014). Visual search and attention to faces during early infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 118, 13-26. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022096513001781>
- Freitag, C., & Schwarzer, G. (2015). Face perception development during early childhood. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, , 650-657.
- Gamé, F., Carchon, I., & Vital-Durand, F. (2003). The effect of stimulus attractiveness on visual tracking in 2- to 6-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 26(2), 135-150. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0163638303000134>
- Gestri, G., Link, B. A., & Neuhauss, S. C. (2011). The visual system of zebrafish and its use to model human ocular diseases. *Developmental Neurobiology*,
- Getz, L., Dobson, V., & Luna, B. (1994). Development of grating acuity, letter acuity, and visual fields in small-for-gestational-age preterm infants. *Early Human Development*, 40(1), 59-71. doi:10.1016/0378-3782(94)90100-7
- Gila, L., Villanueva, A., & Cabeza, R. (2009). Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. *Anales Del Sistema Sanitario De Navarra*, 32, 9-26. doi:10.4321/S1137-66272009000600002
- Giuliani, A. (2013). Kangaroo mother care: A paradigm of a wise and humanitarian solution to a limiting situation in developing countries. *Current Bioinformatics*, 8(1), 1. doi:10.2174/1574893611308010001
- Goren, C. C., Sarty, M., & Wu, P. (1975). Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by newborn infants. *Pediatrics*, 56, 549.
- Gratch, G., & Salapatek, L. B. C. (1975). Chapter 3 - recent studies based on piaget's view of object concept development. *Infant perception: From sensation to cognition* (pp. 51-99) Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-178602-1.50009-9 Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/B9780121786021500099>
- Green, P. (1992). Biology and cognitive development: The case of face recognition, mark H. Johnson, John Morton. Blackwell, Oxford (1991), x. *Animal Behaviour*, 43(3), 526-527. doi:10.1016/S0003-3472(05)80113-7
- Greg D. Reynolds. (2015). Infant visual attention and object recognition *Behavioural Brain Research*, , 43. Retrieved from <http://ac.els-cdn.com.ezproxy.unal.edu.co/S0166432815000194/1-s2.0-S0166432815000194->

- [main.pdf? tid=5c398568-d958-11e4-a68d-00000aab0f02&acdnat=1427993605_2f7733b86ee79bd335013fccb582976f](#)
- Grönqvist, H., Gredebäck, G., & Hofsten, C. v. (2006). Developmental asymmetries between horizontal and vertical tracking. *Vision Research*, 46(11), 1754-61.
- Hainline, L. (1978). Developmental changes in visual scanning of face and nonface patterns by infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 25(1), 90-115. doi:10.1016/0022-0965(78)90041-3
- Hedberg Nyqvist, K., & Heinemann, A. (2011). Kangaroo mother care: Optimal support of preterm infants' transition to extra-uterine life in the high tech NICU environment. *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 278-287. doi:10.2174/157340411796355171
- Heidelse Als, & Gloria B. McAnulty. (2011). The newborn individualized developmental care and assessment program (NIDCAP) with kangaroo mother care (KMC): Comprehensive care for preterm infants. *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 288-301. doi:10.2174/157340411796355216
- Helo, A., Pannasch, S., Sirri, L., & Rämä, P. (2014). The maturation of eye movement behavior: Scene viewing characteristics in children and adults. *Vision Research*, 103, 83-91. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0042698914001850>
- Hofsten, C. V., & Rosander, K. (1997). Development of smooth pursuit tracking in young infants. *Vision Research*, 37(13), 1799-1810. doi:10.1016/S0042-6989(96)00332-X
- Hubel, D., & Wiesel. (1970). The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kitten. *The Journal of Physiology*, 206(2), 419-436. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1348655/>
- Hunnus, S., & Geuze, R. H. (2004). Gaze shifting in infancy: A longitudinal study using dynamic faces and abstract stimuli. *Infant Behavior and Development*, 27(3), 397-416. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0163638304000426>
- Hunnus, S., Geuze, R. H., & van Geert, P. (2006). Associations between the developmental trajectories of visual scanning and disengagement of attention in infants. *Infant Behavior and Development*, 29(1), 108-125. doi:10.1016/j.infbeh.2005.08.007
- Hutton, S. B. (2008). Cognitive control of saccadic eye movements. *Brain and Cognition*, 68(3), 327-340. doi:10.1016/j.bandc.2008.08.021
- Isaac, J. T. R., Crair, M. C., Nicoll, R. A., & Malenka, R. C. (1997). Silent synapses during development of thalamocortical inputs. *Neuron*, 18(2), 269-280. doi:10.1016/S0896-6273(00)80267-6
- Jacobsen, L. K., Hong, W. L., Hommer, D. W., Hamburger, S. D., Castellanos, F. X., Frazier, J. A., . . . Rapoport, J. L. (1996). Smooth pursuit eye movements in childhood-onset schizophrenia: Comparison with attention-deficit hyperactivity disorder and normal controls. *Biological Psychiatry*, 40(11), 1144-1154. doi:10.1016/S0006-3223(95)00630-3
- Johnson, M. H. (1994). Brain and cognitive development in infancy. *Current Opinion in Neurobiology*, 4(2), 218-225. doi:10.1016/0959-4388(94)90076-0

- Johnson, M. H. (2005). Subcortical face processing. *Nature Reviews. Neuroscience*, 6(10), 766-774. doi:10.1038/nrn1766
- Johnson, M. H., Dziurawiec, S., Bartrip, J., & Morton, J. (1992). The effects of movement of internal features on infants' preferences for face-like stimuli. *Infant Behavior and Development*, 15(1), 129-136. doi:10.1016/0163-6383(92)90011-T
- Johnson, M. H., Dziurawiec, S., Ellis, H., & Morton, J. (1991). Newborns' preferential tracking of face-like stimuli and its subsequent decline. *Cognition*, 40(1-2), 1-19. doi:10.1016/0010-0277(91)90045-6
- Johnson, M. H., Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (1994). Facilitation of saccades toward a covertly attended location in early infancy. *Psychological Science*, 5, 90-93.
- Johnson, S. P. (2013). Chapter 14 - development of the visual system. *Neural circuit development and function in the brain* (pp. 249-269). Oxford: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-397267-5.00033-9 Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/B9780123972675000339>
- Jones, K. R., Spear, P. D., & Tong, L. (1984). Critical periods for effects of monocular deprivation: Differences between striate and extrastriate cortex. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 4(10), 2543-2552. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6491722>
- journal homepage: www.elsevier.com/locate/visres. *Changes in orientation discrimination at the time of saccadic eye movements* doi:10.1016/j.visres.2008.06.014
- Journal of experimental child psychology*. Amsterdam: Elsevier.
- Kalia, Lesmes, Dorr, Gandhi, Chatterjee, Ganesh, . . . Sinha. (2014). Development of pattern vision following early and extended blindness. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(5), 2035-2039. Retrieved from <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1311041111>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, J. H. (2001). *Principios de neurociencia* (4th ed.). Madrid. España: Mcgraw-Hill Interamericana.
- Karatekin, C. (2007). Eye tracking studies of normative and atypical development. *Developmental Review*, 27(3), 283-348. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0273229707000238>
- KARMEL, B. Z., MAISEL, E. B., & Salapatek, L. B. C. (1975). Chapter 2 - A neuronal activity model for infant visual Attention1. *Infant perception: From sensation to cognition* (pp. 77-131) Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-178601-4.50008-6 Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/B9780121786014500086?np=y>
- Kaufman, J., Gilmore, R. O., & Johnson, M. H. (2006a). Frames of reference for anticipatory action in 4-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 29(3), 322-333. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S0163638306000300>
- Kaufman, J., Gilmore, R. O., & Johnson, M. H. (2006b). Frames of reference for anticipatory action in 4-month-old infants. *Infant Behavior & Development*, 29(3), 322-33.

- Khurana. (2007). *Oftalmology* (IV edition ed.). Daryaganj, New Delhi: Published by New Age International (P) Ltd., Publishers.
- KIM R. JONES, 2 PETER D. SPEAR, 3, & LILLIAN. *Critical periods for effects differences between striate*
- Konig Seth, B. E. (2014). A nonparametric method for detecting fixations and saccades using cluster analysis: Removing the need for arbitrary thresholds. *Journal of Neuroscience Methods*, 227, 121-131. doi:10.1016/j.jneumeth.2014.01.032
- Konishi, Y., Konishi, Y., Okubo, K., Kato, M., Kato, I., Ijichi, S Itoh, S. (2012). A developmental change of the visual behavior of the face recognition in the early infancy. *Brain and Development*, 34(9), 719. doi:10.1016/j.braindev.2012.01.004
- Leppänen, J. M., Nelson, C. A., & Kail, R. V. (2006). The development and neural bases of facial emotion recognition. *Advances in child development and behavior* (pp. 207-246) JAI. doi:10.1016/S0065-2407(06)80008-X Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S006524070680008X>
- Lizarbe, V., Librada, M., & Astorga, M. (1994). *Glosario de terminos de alcohol y drogas*. (). España: Ministerio de sanidad y consumo de España.
- Ludington - Hoe, Susan M. (2011). Evidence-based review of physiologic effects of kangaroo care. *Current Women`s Health Reviews*, 7(3), 243-253. doi:10.2174/157340411796355162
- Luna, B., Velanova, K., & Geier, C. F. (2008). Development of eye-movement control. *Brain and Cognition*, 68(3), 293-308. doi:10.1016/j.bandc.2008.08.019
- Manny, R. E., & Fern, K. D. (1990). Motion coherence in infants. *Vision Research*, 30(9), 1319-1329. doi:10.1016/0042-6989(90)90006-7
- Manotas, J. R., Caicedo, J. E., Cuesta, F., Mejia, A., Benavides, C., Gomez, L. E., . . . Miranda, O. (1989). Repercusión oerunata del consumo de basuco durante la gestación. *Iatreia*, 2(3), 183-194.
- Mariam Sylla, Djibril Kassogue, Isabelle Traore, Hawa Diall, Nathalie Charpak, Fatoumata Dicko-Traore, . . . Mamadou M. Keita. (2011). Towards better care for preterm infants in bamako, mali. *Current Women`s Health Reviews*, 7(3), 302-309. doi:10.2174/157340411796355199
- Martinez Susana., Macknik Stephen L., Hubel David. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Neurosciece Journal*, 5 Retrieved from <http://hubel.med.harvard.edu/papers/HubelMartinez-condeetal2004NationReviewNeuroscience.pdf>
- Masako Myowa-Yamakoshi, & Masaki Tomonaga. (2001). *Development of face recognition in an infant gibbon (hylobates agilis)*
- Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, 198(4312), 75-78.
- Mendoza Tascón, L. A., Claros Benítez, D. I., Mendoza Tascón, L. I., Arias Guatibonza, M. D., & Peñaranda Ospina, C. B. (2016). Epidemiología de la prematuridad, sus determinantes y prevención del parto prematuro. *Revista Chilena De Obstetricia Y Ginecología*, 81(4), 330-342. doi:10.4067/S0717-75262016000400012

- Mercuri, E., Baranello, G., Romeo, D. M. M., Cesarini, L., & Ricci, D. (2007). The development of vision. *Early Human Development*, 83(12), 795-800.
- Miranda, S. B., Hack, M., Fantz, R. L., Fanaroff, A. A., & Klaus, M. H. (1977). Neonatal pattern vision: A predictor of future mental performance? *The Journal of Pediatrics*, 91(4), 642-647. doi:10.1016/S0022-3476(77)80524-6
- Morton, J., Johnson, M. H., & Maurer, D. (1990). On the reasons for newborns' responses to faces. *Infant Behavior and Development*, 13(1), 99-103. doi:10.1016/0163-6383(90)90008-V
- Morton, & Johnson. (1991). CONSPEC and CONLERN: A two-process theory of infant face recognition. *Psychological Review*, 98(2), 164-181. doi:10.1037/0033-295X.98.2.164
- Moutoussis, & Zeki. (2008). Motion processing, directional selectivity, and conscious visual perception in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(42), 16362-16367. Retrieved from <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0802867105>
- Myowa-Yamakoshi, Yamaguchi, Tomonaga, Tanaka, & Matsuzawa. (2005). Development of face recognition in infant chimpanzees (pan troglodytes). *Cognitive Development*, 20(1), 49-63. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0885201404000814><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0885201404000814?httpAccept=text/xml><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0885201404000814?httpAccept=text/plain>
- Nancy L. Sloan, Salahuddin Ahmed, Maqsudul Islam, & Satinda N. Mitra. (2011). Experiences with community kangaroo mother care in very low-income settings. *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 310-316. doi:10.2174/157340411796355153
- Nardini, M., Bales, J., & Mareschal, D. (2016). Integration of audio-visual information for spatial decisions in children and adults. *Developmental Science*, 19(5), 803-816. doi:10.1111/desc.12327
- Páez-Pineda, O. D., Valencia-Valencia, D., & Ortiz Calderón, M. V. (2014). Evaluación del lenguaje mediante la escala de early language milestone y el método de múnich. *Revista De Salud Pública*, 16(3), 453-461. doi:10.15446/rsap.v16n3.35605
- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: A replication and an extension. *Infant Behavior and Development*, 18(1), 79-85. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/0163638395900098>
- Pascalis, & de Schonen. (1994). Recognition memory in 3- to 4-day-old human neonates. *NeuroReport*, 5(14), 1721-1724. doi:10.1097/00001756-199409080-00008
- Perception. (2010).
- Phillips, J. O., Finocchio, D. V., Ong, L., & Fuchs, A. F. (1997). Smooth pursuit in 1- to 4-month-old human infants. *Vision Research*, 37(21), 3009-3020. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S004269899701077>
- Pinello, Manea, Visonà Dalla Pozza, Mazzarolo, & Facchin. (2013). Visual, motor, and psychomotor development in small-for-gestational-age preterm infants. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 17(4), 352-356. Retrieved

- from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1091853113002152><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1091853113002152?httpAccept=text/xml><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S1091853113002152?httpAccept=text/plain>
- Quinn, P. C., Brown, C. R., & Streppa, M. L. (1997b). Perceptual organization of complex visual configurations by young infants. *Infant Behavior and Development*, 20(1), 35-46. doi:10.1016/S0163-6383(97)90059-X
- Rejean Tessier, Martha Cristo, Line Nadeau, & Cyril Schneider. (2011). Prematurity and morbidity: Could KMC reverse the process? *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 254-261. doi:10.2174/157340411796355144
- Resolución nº 008430 DE 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. (1993).
- Reynolds. (2015). Infant visual attention and object recognition. *Behavioural Brain Research*, Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166432815000194><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0166432815000194?httpAccept=text/xml><http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0166432815000194?httpAccept=text/plain>
- Righi, G., Nelson III, C. A., & Rakic, John L R RubensteinPasko. (2013). Chapter 18 - the neural architecture and developmental course of face processing. *Neural circuit development and function in the brain* (pp. 331-349). Oxford: Academic Press. doi:10.1016/B978-0-12-397267-5.00055-8 Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/B9780123972675000558>
- Roig, A. B., Morales, M., Espinosa, J., Perez, J., Mas, D., & Illueca, C. (2012). Pupil detection and tracking for analysis of fixational eye micromovements. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 123(1), 11-15. doi:10.1016/j.ijleo.2010.10.049
- Rolfs, M. (2009). Microsaccades: Small steps on a long way. *Vision Research*, 49(20), 2415-2441. doi:10.1016/j.visres.2009.08.010
- Rommelse, N. N. J., Van der Stigchel, S., & Sergeant, J. A. (2008). A review on eye movement studies in childhood and adolescent psychiatry. *Brain and Cognition*, 68(3), 391-414. doi:10.1016/j.bandc.2008.08.025
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2004). Infant visual recognition memory. *Developmental Review*, 24(1), 74-100. doi:10.1016/j.dr.2003.09.004
- Ruoti Cosp, M, Ontano, M., Calabrese, L, Grunh, E., . . . Gallejo Vallejos. (2009). Illicit drug use, abuse during pregnancy. 7, 32-44.
- Scherer, K. (2006b). *Kangaroo mother care: Past, present and future*
- Schurgin, Nelson, Iida, Ohira, Chiao, & Franconeri. (2014). Eye movements during emotion recognition in faces. *Journal of Vision*, 14(13), 14-14. Retrieved from <http://www.journalofvision.org/lookup/doi/10.1167/14.13.14>
- Schwarzer, G., Freitag, C., & Wright, J. D. (2015). Face perception development during early childhood. (pp. 650-657). Oxford: Elsevier.
- Shah, R. D., & Crair, M. C. (2008). Retinocollicular synapse maturation and plasticity are regulated by correlated retinal waves. *The Journal of Neuroscience*, 28(1), 292-303. doi:10.1523/JNEUROSCI.4276-07.2008

- Shea, S. L. (1992). Eye movements: Developmental aspects. *Advances in psychology* (pp. 239-306) Elsevier Science & Technology. doi:10.1016/S0166-4115(08)61748-3
Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166411508617483>
- Shupert, C., & Fuchs, A. F. (1988). Development of conjugate human eye movements. *Vision Research*, 28(5), 585-596. doi:10.1016/0042-6989(88)90108-3
- Simard, Marie-Noëlle|Lambert, Jean|Lachance, Christian|Audibert, François|Gosselin, Julie. (2011). Prediction of developmental performance in preterm infants at two years of corrected age: Contribution of the neurological assessment at term age. *Early Human Development*, 87(12), 799-804. doi:10.1016/j.earlhumdev.2011.06.004
- Simion, F., Valenza, E., Umiltà, C., & Mori, S. (1996). Face preference at birth is subcortically mediated. *Infant Behavior and Development*, 19, Supplement 1, 742. doi:10.1016/S0163-6383(96)90796-1
- Socorro de Leon-Mendoza, & Mantoa Mokhachane. (2011). "Early" or timely discharge in kangaroo mother care: Evidence and experience. *Current Women's Health Reviews*, 7(3), 270-277. doi:10.2174/157340411796355135
- Steven J. Luck. *Ten simple rules for designing and interpreting ERP experiments*
- Sugita. (2008). Face perception in monkeys reared with no exposure to faces. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(1), 394-398. doi:10.1073/pnas.0706079105
- Sugita, Y. (2009). Innate face processing. *Current Opinion in Neurobiology*, 19(1), 39-44.
Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959438809000099>
- Tanaka, & Farah. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 46(2), 225-245. doi:10.1080/14640749308401045
- Taylor, N. M., Jakobson, L. S., Maurer, D., & Lewis, T. L. (2009). Differential vulnerability of global motion, global form, and biological motion processing in full-term and preterm children. *Neuropsychologia*, 47(13), 2766-78.
- Thensen, T., Vibell, J. F., Calvert, G. A., & Osterbauer, R. A. (2004). Neuroimaging of multisensory processing in vision, audition, touch and olfaction. *Cognitive Processing*, 5, 84-93.
- Toga, A. W., Thompson, P. M., & Sowell, E. R. (2006). Mapping brain maturation. *Trends in Neurosciences*, 29(3), 148-59.
- Turati, C., Bulf, H., & Simion, F. (2008). Newborns' face recognition over changes in viewpoint. *Cognition*, 106(3), 1300-1321. doi:10.1016/j.cognition.2007.06.005
- Turati, C., & Simion, F. (2002). Newborns' recognition of changing and unchanging aspects of schematic faces. *Journal of Experimental Child Psychology*, 83(4), 239-261.
doi:10.1016/S0022-0965(02)00148-0
- Turati, C., Valenza, E., Leo, I., & Simion, F. (2005). Three-month-olds' visual preference for faces and its underlying visual processing mechanisms. *Journal of Experimental Child Psychology*, 90(3), 255-273. doi:10.1016/j.jecp.2004.11.001
- Valenza, Simion, Cassia, & Umiltà. (1996). Face preference at birth. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(4), 892-903. doi:10.1037/0096-1523.22.4.892
- van de Weijer-Bergsma, E., Wijnroks, L., & Jongmans, M. J. (2008). Attention development in infants and preschool children born preterm: A review. *Infant Behavior and Development*, 31(3), 333-351. doi:10.1016/j.infbeh.2007.12.003
- Vision research*. Exeter: Elsevier Science.

- von Hofsten, von Hofsten, Sulutvedt, Laeng, Brennen, & Magnussen. (2014). Simulating newborn face perception. *Journal of Vision*, 14(13), 16-16. Retrieved from <http://www.journalofvision.org/lookup/doi/10.1167/14.13.16>
- Walker, D., Gugenheim, S., Downs, M. P., & Northern, J. L. (1989). Early language milestone scale and language screening of young children. *Pediatrics*, 83(2), 284. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2643801>
- Walton, G. E., Armstrong, E. S., & Bower, T. G. R. (1997). Faces as forms in the world of the newborn. *Infant Behavior and Development*, 20(4), 537-543. doi:10.1016/S0163-6383(97)90042-4
- Wiesel, T. N. (1983). Postnatal development of the visual cortex and the influence of environment. *American Journal of Ophthalmology*, 95(1), 133-134. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/0002939483903653>
- Yin. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 141-145. doi:10.1037/h0027474
- Zeki, S., & Stutters, J. (2013). Functional specialization and generalization for grouping of stimuli based on colour and motion. *NeuroImage*, 73, 156-166. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.unal.edu.co/science/article/pii/S1053811913001213>
- Zhang, J., Ackman, J. B., Dhande, O. S., & Crair, M. C. (2011). Visualization and manipulation of neural activity in the developing vertebrate nervous system. *Frontiers in Molecular Neuroscience*, 4 doi:10.3389/fnmol.2011.00043