



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PSICOLOGÍA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
NEUROCIENCIAS DE LA CONDUCTA

**ANÁLISIS ELECTROFISIOLÓGICO DEL DESARROLLO DEL
CONTROL INHIBITORIO Y PROCESOS DE ATENCIÓN EN NIÑOS
PREESCOLARES SANOS.**

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN PSICOLOGÍA.

P R E S E N T A
ANTONIO GARCÍA ANACLETO.

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. JUDITH SALVADOR CRUZ
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

DRA. CARMEN SELENE CANSINO ORTÍZ
FACULTAD DE PSICOLOGÍA

DRA. JOSEFINA RICARDO GARCELL
INSTITUTO DE NEUROBIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.

JUNIO, 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Tabla de Contenidos

Reconocimientos	6
Agradecimientos	7
Dedicatoria	8
Resumen	9
Introducción	11
Antecedentes	13
Funciones Ejecutivas	13
Control Inhibitorio	20
Paradigmas para evaluar el Control Inhibitorio	23
Supresión de respuestas reflejas	23
Inhibición de respuestas motoras	24
Tareas de inhibición de la atención	25
Tareas de interferencia proactiva	25
Desarrollo de las funciones ejecutivas	27
Desarrollo del Control Inhibitorio	28
Correlatos neuroanatómicos del control inhibitorio	35
Desarrollo de la corteza prefrontal	38
Procesos de atención	41
Tareas para evaluar los procesos de atención	44
Correlatos neuroanatómicos de la atención	45
Desarrollo de la atención	47
Potenciales Relacionados a Eventos	50
Registro electrofisiológico	54
Clasificación de los Potenciales Relacionados a Eventos	55
Componentes negativos	55
Componentes positivos	57
Potenciales Relacionados a Eventos durante el desarrollo	59
Consideraciones para el registro de PRE en población infantil	60

Componentes de los PRE asociados Control Inhibitorio y la Atención durante el desarrollo	62
Planteamiento del problema y justificación	68
Objetivo general	69
Objetivos específicos	69
Hipótesis	70
Definición de las variables	70
Variable independiente/atributiva	70
Variable dependiente	71
Método	72
Participantes	72
Instrumentos de selección	73
Tareas experimentales	73
Procedimiento	75
Tareas	77
Registro electrofisiológico	78
Obtención de los PRE	79
Análisis de datos	79
Resultados	81
Resultados conductuales	81
Resultados fisiológicos	85
Discusión	95
Conductual	95
Fisiológico	103
Conclusión	109
Mejoras al estudio	112
Referencias	114

Reconocimientos

Esta tesis se realizó con el apoyo de la beca CONACyT para estudios de doctorado, No. de registro: 298389, y al apoyo del proyecto DGAPA-PAPIIT-306116 de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Agradecimientos

A la Dra. Judith Salvador por el tiempo dedicado a mi formación académica, por permitirme ser parte del Laboratorio de Neuropsicología del Desarrollo de la FES Zaragoza; agradezco su confianza y principalmente sus consejos, tanto académicos como personales.

A la Dra. Selene Cansino por compartir sus conocimientos y visión de las neurociencias, agradezco sus observaciones puntuales a este trabajo y su guía a través de los seminarios de neurocognición.

A la Dra. Josefina Ricardo por recibirme continuamente en su laboratorio de la Unidad de Investigación en Neurodesarrollo, por sus sugerencias y recomendaciones para mejorar este trabajo, gracias también por su ejemplo en el trabajo con niños.

A la Dra. Bernarda Téllez por iniciarme en el camino de la electrofisiología y por continuar pendiente de mi formación académica, gracias también por las facilidades para realizar la investigación del presente trabajo en el Laboratorio de Neuropsicología del CITPsi.

A la psic. Noemí Nava, jefa de enlace y gestión del Centro de Investigación Transdisciplinar en psicología CITPsi – UAEM, por las facilidades brindadas para el funcionamiento del laboratorio... ‘gracias jefa’.

A los voluntarios que me apoyaron en el Laboratorio de Neuropsicología, porque sin ellos no podría haber concluido este trabajo, gracias por ser parte del ‘Labo Oscuro’ y ayudarme en la investigación: desde visitar los kínderes, hasta ‘ver rayitas’ por horas, pasando por poner electrodos y entretener niños, a todos: Alondra, Andrés, Brisa, Fanny, Ginna, Jessica, Liz, Paola, Ramsés, Susana, Susette, Yoselín... ‘gracias jóvenes padawan’.

A mi pareja, Gisell Velázquez, por aguantar el torbellino de hacer un doctorado, porque también compartió mis desvelos y cansancio... ‘el logro también es tuyo’.

A mis padres, los profesores Carlos García y Caritina Analecto por inculcarme el deseo de aprender, aunque quizá no imaginaron hasta donde me traería, gracias por su apoyo para lograrlo... ‘misión cumplida’.

Dedicatoria

Dedicatoria en homenaje al trabajo de los profesores rurales de educación indígena, porque ellos son quienes acercan la educación escolarizada a las regiones más olvidadas y marginadas del país; tal fue el caso de mis padres y tíos, primero como alumnos y posteriormente como profesores, siendo el ‘mixe’ su lengua materna y el castellano su segunda lengua, menciono esto porque hablar una lengua indígena fue una de las principales herramientas para su labor académica; también fue, gracias a su convicción en el aprendizaje, particularmente de mi madre, la profesora Caritina Anacleto Cándido, que hoy tengo la oportunidad de presentar este trabajo en la máxima casa de estudios, es por tanto, una forma de reivindicación étnica, razón por la cual también presento esta dedicatoria en la lengua original de mi familia: ‘Por mi raza hablará el espíritu’.

Mijts jam ja’a

Mej ätsy njawë ja’a tsy’unk ja’a yajk’ixpëjpëtëjk, miti’ipë tuntëp, mäa ja’a näax, mäa ja’a käjp ixtukoopyë jaytsykoopyä itsy. Tu’ns ja’a ntaak ja’a nteetsy ätsë n’ëmëtsy yajk’ixpëjpä ijtsy ets y’ayuuk ets y’aamaxan kyajpxtäpä ijtsy. Patsy nnëkäpxy ko yë aaw, ko yë Ayuuk tyunpajnty naywä’än mëjkäjää. Dioskojuyëp ko tuk’okpëtsy ja ixpejkën ja’a ntaakëëtsy yajk’ixpëjpë tyuun Caritina Anacleto Cándido, patsy tsyam ëjts dioskojuyëp nmo’oy, ja’a ëjts tunk nmëminy nmëjatsy më ja’a mëjtëjk ixpëjkën. Tsyam nyajkminy tsyatë mja’a ëxën ja’a nmukuktëjk kyajpxtë ja’a y’aaw y’ayuuk. Mëtë ëjts ja’a nmukuktëjk kyajpxtë ja’a jya’wën.

Resumen

El Control Inhibitorio es la capacidad de detener respuestas preponderantes, así como la regulación de estímulos irrelevantes (Diamond, 2013), para poder realizar este control con mayor eficacia, se requiere que otros procesos como la atención, alcancen cierto nivel de madurez (Rothbarth, Sheese, Rueda y Posner, 2011). Para evaluar el control inhibitorio la tarea más simple es el paradigma Go/NoGo (Simpson & Riggs, 2006). Por otro lado, la tarea más asociada a la evaluación de la atención es el paradigma OddBall (Polich, 2007), sin embargo, no se ha establecido la relación entre las tareas de atención y tareas de control inhibitorio en una misma población infantil.

El objetivo del presente estudio fue distinguir el desempeño conductual y vincular la actividad de los Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) en tareas Go/No-Go y Oddball en niños de 4 y 5 años. En este estudio participaron 60 niños, se reportan los datos conductuales de 21 participantes de 4 años y 22 participantes de 5 años, todos diestros, sin presencia de problemas de conducta, aprendizaje o lenguaje, con un C.I. dentro del rango normal para población mexicana (Media 96.56, DE: 9.03) determinado por la escala WPPSI-III (Wechsler, 2002). En el análisis fisiológico se reportan los datos de 24 participantes: 12 niños en cada grupo de edad.

Las tareas Go/NoGo y Oddball fueron aplicadas en forma contrabalanceada, mientras se registraba la actividad electroencefalográfica, ambas tareas constaron de 240 ensayos, divididos en dos bloques de 120 ensayos, con un intervalo inter-estímulos de 4000 milisegundos, la distribución de los ensayos correspondía a un 70% para los estímulos Go o Frecuentes y un 30% de estímulos NoGo o No Frecuentes según el tipo de tarea.

Los PRE se registraron por medio de 24 electrodos de plata (Fz, F3, F4, F7, F8, FCz, FC3, FC4, Cz, C3, C4, CPz, CP3, CP4, Pz, P3, P4, T3, T4, T5, T6, Oz, O1, O2) con referencia en el lóbulo de la oreja. Se realizó un procedimiento de corrección fuera de línea para reducir los artefactos oculares con el programa Neuroscan 4.3. La duración de las épocas de los PRE fue de 1.2 segundos, iniciando 0.2 segundos antes de la presentación del estímulo.

Los resultados muestran que en la tarea Go/NoGo los participantes de 4 años tuvieron un promedio de ejecución conductual de 72%, con un tiempo de respuesta 'TR' de 587ms. cuando presentó errores de respuesta. Los niños de 5 años tuvieron un 75% de efectividad en la tarea, con un TR de 516ms. cuando cometían errores en su respuesta, los índices *Pr* (Snodgrass & Corwin, 1981) muestran un índice de .48 para el grupo de 4 años y .61 para el grupo de 5 años, sin presentar diferencias significativas en sus ejecuciones ($t_{41} = -.780$, $p = .440$). respecto a la tarea Oddball, se puede observar un promedio de ejecución efectiva de 79.4% con un TR de 680ms. en el grupo de 4 años, los niños de 5 años presentaron un 90.3% de efectividad en su ejecución, con TR de 613ms. en esta tarea. Los índices *Pr* de los grupos

indican que el grupo de 4 años presenta .64 y el grupo de 5 años .83, estos resultados muestran diferencias significativas entre los grupos de comparación ($t_{41} = -2.820$, $p = .008$).

Los resultados fisiológicos muestran que en la tarea Go/NoGo los ANOVA no muestran diferencias significativas entre las condiciones, ni entre los grupos de comparación, y tampoco en interacciones sucesivas, sin embargo, se pueden observar tendencias entre condiciones y grupos (Condición*Grupo) entre los 301 y 400 milisegundos, así como entre los 401 y 500 milisegundos, con mayor amplitud negativa (μV) en la condición NoGo y en el grupo de 4 años.

La tarea Oddball presenta diferencias significativas entre los 401 y 500ms. para las condiciones y grupos de edad ($F_{1,46} = 4.434$, $p < .05$), con mayor amplitud positiva en las condiciones no frecuente y en el grupo de edad de 5 años, así como en la interacción de condición y ubicación: centro, izquierda, derecha de los electrodos ($F_{2,92} = 3.258$, $p < .05$), el análisis poshoc de Tukey muestra que las tres ubicaciones difieren entre las condiciones centro ($p = 0.002$), izquierda ($p = 0.001$), derecha ($p = .02$). También se observaron diferencias significativas entre los 501 y 600ms. para la interacción entre condición y grupos de edad ($F_{1,46} = 7.185$, $p < .01$), así como en la interacción de los factores condición (Frecuente/Raro) y región (Frontocentral/Central/Centroparietal/Parietal) de los electrodos ($F_{3,138} = 7.779$, $p < .01$), el análisis poshoc de Tukey muestra que las regiones que muestran mayor diferencia son la CP ($p = .003$) y la región P ($p = .001$).

Se ha sugerido que existen factores intrínsecos a las tareas que influyen en los resultados, como el número de ensayos, la distribución de porcentajes de presentación de los estímulos y el tiempo de presentación de los ensayos. Esto se vio reflejado al comparar los resultados con otros estudios donde había variabilidad de los factores mencionados tanto para la tarea GO/NoGo como Oddball, adicionalmente se puede destacar que existen factores sociodemográficos que pueden impactar en el desarrollo de los procesos de atención y control inhibitorio (Lipina, Martelli, Vuelta, Injoque-Ricle & Colombo, 2004), adicionalmente los resultados sugieren que los procesos de atención sostenida se consolidan antes que los procesos del control inhibitorio, alrededor de los 4.5 años (Berwid et al., 2005). Al respecto, Posner (2011) sugiere que la función de la red posterior o red de orientación proporcionará algo del control de la atención desde etapas tempranas del desarrollo. Rueda, Checa y Combata (2012) sugieren que esta red madurará durante la infancia temprana, asociado a un incremento en el control de los procesos ligados a la selectividad de los estímulos.

Introducción

El control inhibitorio es la habilidad para detener o modular las acciones en marcha, así como la capacidad de mantener representaciones mentales competentes para el logro de metas previamente establecidas, para Fuster (2003), el control inhibitorio es un componente clave en el control cognitivo y es uno de los procesos que más se ha relacionado con la regulación de la conducta o autorregulación. El desarrollo inicial del control inhibitorio y otros procesos ejecutivos es más evidente entre las edades de tres a cinco años, después de este periodo de edad las mejoras solo son en velocidad y precisión en las tareas diseñadas para este proceso, pero se considera que las formas dirigidas del control inhibitorio tienen un curso de desarrollo más prolongado (Carlson, 2005).

Diversas teorías neuropsicológicas de la inhibición enfatizan que este control se realiza por medio de múltiples circuitos cerebrales conectados entre la corteza prefrontal y los ganglios de la base (Cummings, 1993; Barkley, 1997). El desarrollo de la corteza prefrontal y de las funciones corticales superiores ocurren en un proceso interrelacionado que es definido por la edad, en el período preescolar se presenta como una etapa de rápida adquisición de los procesos ejecutivos que se apoyan en la maduración de las estructuras prefrontales.

Una de las herramientas que pueden ser de mayor utilidad para medir la relación entre la maduración de la actividad cerebral y la conducta, incluso en niños muy pequeños, es la técnica de los potenciales relacionados a eventos o PRE (Hayden, 2005). Los PRE se describen en componentes, según corresponda a la deflexión de las ondas eléctricas

asociadas a la actividad cognitiva, los componentes que más se han asociado al control inhibitorio son los denominados N2 y P3, sin embargo, estos componentes son generados por una gran diversidad de tareas, principalmente con el paradigma 'OddBall', por tanto, es importante distinguir el desarrollo de estos componentes en una tarea de control inhibitorio y una de atención visual como el OddBall, este paradigma que ha sido utilizado extensamente para identificar y localizar los componentes electrofisiológicos asociados a la atención que se genera cuando el participante detecta un estímulo poco esperado (Sutton et al. 1965).

Adicionalmente, se puede observar que los componentes de los PRE generados por estos paradigmas guardan gran similitud, sin embargo, los estudios revisados hasta el momento analizan estos paradigmas por separado en niños de edad preescolar y no se han reportado estudios donde se analice tanto el desempeño conductual como los componentes electrofisiológicos de ambas tareas en los mismos participantes.

Antecedentes

Funciones Ejecutivas

Para alcanzar las metas que se proponen las personas, es necesario regular la conducta y adaptarse a los cambios del entorno, lo cual requiere que se eliminen las respuestas predominantes pero innecesarias, a este proceso se le conoce como control inhibitorio, el cual se considera como uno de los procesos centrales de las funciones ejecutivas (Nigg, 2000; Miyake & Friedman, 2000).

Previo a la descripción del concepto de las funciones ejecutivas, Luria (1989) describió un sistema de actividad en el lóbulo frontal encargado de programar, regular y verificar la actividad consciente y voluntaria, este sistema no solo participaría en la preparación de acciones y en la formación de programas, también tendrá actividad para que una acción tenga lugar, así como para verificar el curso adecuado de dicha actividad. Por tanto, requiere que una serie de conductas particulares, relacionadas entre sí, se dirijan hacia la actividad que se realiza. Luria (1989) asoció la regulación de estas acciones con la actividad de la región prefrontal, sin embargo, nunca utilizó el término funciones ejecutivas, fue Lezak (1994) quien acuñó el término función ejecutiva o bloque ejecutivo, como una serie de procesos responsables de controlar, regular y planear eficientemente una conducta independiente en forma satisfactoria; además, dichas conductas deben ser productivas y tener un objetivo deliberado.

Las funciones ejecutivas se realizan por medio de cuatro procesos principales que requieren de una serie de conductas específicas y distintivas (Lezak, 1995).

Volición: este proceso hace referencia a actividades que son determinadas por las necesidades y deseos, requiere de la conceptualización de cómo se cubrirán dichas necesidades para efectuar una acción posterior. Es la capacidad para generar conductas independientes, que requieren de la capacidad para formar una meta y una intención sobre ésta (motivación), así como la autoconsciencia de los límites de uno mismo y la relación con el ambiente circundante.

Planeación: este proceso hace referencia a la identificación y organización de los elementos y pasos necesarios para concretar una meta; requiere de la capacidad para visualizar los cambios que ocurren en el medio y en uno mismo, además de considerar las alternativas y generar ideas que den dirección a un programa de acción, así como un adecuado control de impulsos y un funcionamiento óptimo de la atención sostenida y la memoria.

Acción propositiva: en este proceso se describe la capacidad para trasladar la intención de un plan en acciones productivas. Requiere de la iniciación, mantenimiento, cambio y detención de secuencias de conductas complejas de una forma ordenada e integrada, con la particularidad de que cada uno de estos procesos se pueden evaluar por separado.

Desempeño Efectivo: Este proceso se refiere a la capacidad de monitorear, corregir automáticamente y regular tanto la intensidad como el tiempo, entre otros aspectos

cognoscitivos de este proceso.

Hasta la fecha no existe un consenso sobre los procesos cognitivos que integran el constructo de las funciones ejecutivas, lo cual ha generado discusiones en torno a la conformación del concepto, mientras que algunos autores han defendido que es un proceso unitario y hacen referencia a un proceso 'Ejecutivo Central' (Baddeley, 1996) o a un 'Sistema Atencional Supervisor' (Norman & Shallice, 1986), otros autores proponen que las funciones ejecutivas son un constructo psicológico que incluye múltiples habilidades cognoscitivas de alto nivel que se encuentran interrelacionadas (Anderson, Jacobs & Anderson, 2008).

Otra característica de las funciones ejecutivas es que no solo permiten responder a las situaciones presentes, también a situaciones futuras (anticipación), por consiguiente, una persona será capaz de regular su comportamiento tanto para ajustarse a las condiciones presentes, como a las posibles consecuencias de sus acciones. Lo cual le permitirá un control consciente, intencional y deliberado, esta particularidad de las funciones ejecutivas la relacionan directamente con el concepto de autorregulación y la metacognición (Barkley, 2005).

Si bien, las clasificaciones que se han realizado, permiten plantear diferentes perspectivas teóricas, cada una de ellas plantea diferencias tanto en el número, como en los procesos específicos que forman las funciones ejecutivas, algunas de las clasificaciones más conocidas incluyen los siguientes procesos: Stuss (1992), en una de las primeras clasificaciones, propuso que las funciones ejecutivas incluyen procesos de anticipación,

planificación, selección de metas, evaluación, supervisión del comportamiento y funciones de atención: selección y persistencia. Por su parte, Denckla (1996) consideraba que los procesos involucrados en las funciones ejecutivas eran la inhibición, aplazamiento de la respuesta, procesos de anticipación y preparación para actuar o planificación, control de interferencias, memoria de trabajo, representación interna de esquemas, representación interna de planes de acción, estrategias activas y flexibles.

Otra forma de clasificar las funciones ejecutivas fue por medio de su influencia sobre la regulación de la conducta, en este sentido Temple (1997), propone que la planificación, organización temporal y espacial del comportamiento, empatía y consciencia social, toma de decisiones, selección de metas, monitoreo, autoconsciencia como los procesos que la conforman. Por su parte, Barkley (2001) propone que las funciones ejecutivas reflejarán principalmente aquellas conductas dirigidas hacia uno mismo para la autorregulación: estas pueden ser acciones encubiertas que median procesos como la memoria de trabajo (no verbal), la autorregulación de las emociones, la motivación y activación, así como el análisis y síntesis del comportamiento (reconstitución), la internalización del lenguaje (memoria de trabajo verbal) y principalmente la inhibición conductual.

En clasificaciones más recientes, Anderson (2001) sugiere que las funciones ejecutivas están conformadas por los procesos de velocidad de procesamiento, planeación, memoria de trabajo, flexibilidad mental y la dirección de metas. Incluso se ha planteado una posible dicotomía entre los componentes de las funciones ejecutivas, principalmente vinculado a las regiones anatómicas subyacentes a dichos procesos, entre aquellos componentes con una base lógica o 'fríos', puramente cognitivos como la planeación, el

razonamiento conceptual, el comportamiento estratégico, la flexibilidad y la memoria de trabajo, y aquellos componentes que tienen cierta relación con procesos emocionales y motivacionales o ‘cálidos’ como el autocontrol y la regulación de las respuestas emocionales (Zelazo & Müller, 2002).

Uno de los modelos que más fuerza ha cobrado en los últimos años, es la propuesta de Miyake (Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012) quien sugiere que el control inhibitorio, la actualización de la información en la memoria de trabajo y la flexibilidad cognoscitiva son procesos centrales y esenciales dentro del constructo de las funciones ejecutivas, dado que estos procesos presentan una gran correlación entre ellos y al mismo tiempo son perfectamente distinguibles uno del otro, los autores sugieren que estos tres componentes son fundamentales para el desarrollo de las funciones ejecutivas dado que son los primeros procesos ejecutivos en identificarse claramente (Friedman & Miyake, 2004, 2011). Se ha sugerido que la guía que proporcionan los padres en la regulación de la conducta de los niños pequeños es uno de los principales factores para un adecuado desarrollo de las funciones ejecutivas, en particular las habilidades ligadas al nivel de lenguaje de los padres, mismas que proveerán un andamio que facilitará el desarrollo de estos procesos más complejos (Landry & Smith, 2000).

Una alternativa para la evaluación de las funciones ejecutivas es por medio de escalas de reportes de observación de conductas, como el cuestionario de Evaluación Conductual de la Función Ejecutiva, ‘BRIEF’ por sus siglas en inglés (Gioia, Ishquith, Guy & Kenworthy, 2000), en el que se sugiere un modelo de clasificación de las funciones ejecutivas en adultos, adolescentes y niños en etapa escolar.

1. Inhibición: habilidad para controlar los impulsos y detener una conducta en el momento apropiado. Una capacidad limitada de inhibición generalmente se manifiesta como una conducta desinhibida o impulsiva.

2. Flexibilidad: habilidad para adaptarse a los cambios. Los problemas de flexibilidad generalmente son rígidos y necesitan rutinas precisas.

3. Control emocional: control cognoscitivo sobre la expresión y regulación de la conducta emocional. Un pobre control emocional puede manifestarse como labilidad emocional o arranques de ira.

4. Iniciativa: habilidad para iniciar una tarea o actividad, generar ideas, respuestas o estrategias de resolución de problemas de modo independiente. Una pobre capacidad de iniciativa, generalmente, se refleja como desinterés o incumplimiento de tareas

5. Memoria de trabajo: capacidad para mantener información en la mente con el objetivo de completar una tarea exitosamente por medio de registrar y almacenar información. La memoria de trabajo es esencial para llevar a cabo actividades múltiples o simultáneas, problemas en la memoria de trabajo generalmente olvidan los pasos necesarios para terminar una tarea, dificultades en tareas donde requiere dar varios tipos de respuesta o una baja capacidad atencional.

6. Organización y planificación: habilidad para ordenar la información e identificar las ideas principales o los conceptos clave en tareas de aprendizaje, plantearse un objetivo y determinar la mejor vía para alcanzarlo, problemas de organización y planificación puede manifestarse en ejecuciones muy prolongadas: el niño ocupa demasiado tiempo para realizar una actividad.

7. Orden: habilidad para ordenar las cosas del entorno, incluye mantener el orden en los elementos de trabajo, juguetes, armarios, escritorios u otros lugares donde se guardan cosas, problemas en este proceso se manifiesta como dificultades para trabajar eficientemente en la escuela pues generalmente no tienen los materiales que necesitan o tienen un desorden en sus cosas.

8. Monitoreo: se refiere al hábito de controlar el propio rendimiento durante la realización de una tarea o al finalizarla, con el objeto de cerciorarse de que la meta propuesta se haya alcanzado apropiadamente; el segundo aspecto, que los autores llaman autocontrol, problemas de monitoreo generalmente se observan como errores en los detalles, hacen las cosas con prisa y difícilmente revisan sus trabajos.

En la adecuación del modelo para niños de edad preescolar, el cuestionario de Evaluación Conductual de la Función Ejecutiva – versión infantil ‘BRIEF-P’ (Gioia, Espy, Ishquit, 2016), el número de dominios se reduce a tres: el índice de autocontrol inhibitorio, compuesto por las escalas de inhibición y control emocional; el índice de flexibilidad, compuesto por las escalas de cambio y control emocional; el índice de metacognición emergente compuesto por las escalas de memoria de trabajo y organización/planeación. Sin embargo, acorde con el planteamiento de Friedman & Miyake (2004), es arriesgado plantear una división tan extensa durante este periodo de edad, dado que en este periodo se puede ver una división inicial de factores y considerar únicamente un factor general de las funciones ejecutivas para este periodo de edad, por tanto, será preferible tomar con precaución este modelo para la explicación del desarrollo de las funciones ejecutivas en general y del control inhibitorio en particular.

Control Inhibitorio

Fuster (2003) propone que el control inhibitorio es uno de los procesos que está mayormente relacionado con la autorregulación, en especial con la capacidad de detener una respuesta preponderante o la habilidad para resistir una inclinación conductual muy fuerte. En general, se puede definir al control inhibitorio como la habilidad para detener una respuesta preponderante o una acción inapropiada en forma activa, así como a la capacidad de suprimir respuestas irrelevantes o que ya no son necesarias para la resolución de una tarea (Nigg, 2000). Una de las primeras clasificaciones de los procesos inhibitorios fue propuesta por Harnishfeger (1995), quien propone que el control inhibitorio se puede clasificar de acuerdo a la actividad particular en la que se realiza este proceso.

En primer lugar, Harnishfeger (1995) clasifica a los procesos de control inhibitorio por su intencionalidad: mientras que el control intencional de la inhibición ocurre cuando un estímulo es valorado conscientemente como irrelevante, ej.: supresión de pensamientos (Posner & DiGirolamo 1998), la inhibición no intencional ocurre previo a la toma de consciencia de un estímulo, ej.: ‘priming’ negativo, o la habilidad de evitar regresar la mirada a un lugar previamente explorado (Richards, 2003).

En la segunda clasificación, distingue el control inhibitorio entre la inhibición conductual y la inhibición cognitiva: la inhibición conductual se encargará del control de las conductas y se observa fácilmente en la supresión de respuestas motoras o el control de los impulsos; por ejemplo, detener conductas rutinarias cuando llegan a ser indeseables, por

otro lado, la inhibición cognitiva controlará los estímulos y procesos que se ejecutan en la atención y la memoria a corto plazo.

Finalmente, realiza una distinción entre la inhibición y la resistencia a la interferencia en la memoria de trabajo: en este caso, el término inhibición hace referencia a la eliminación activa de información irrelevante en los procesos de la memoria de trabajo y el término control de la interferencia se entiende como un mecanismo de entrada que impide que los estímulos distractores o información irrelevante entre a la memoria de trabajo, así como la resistencia a pensamientos (Lusting, Hasher & Zacks, 2007).

Cada una de las actividades particulares del control inhibitorio propuestas por Harnishfeger (1995), puede ser ligada a una etapa diferente del procesamiento de información: el control de la interferencia estará vinculada con el procesamiento perceptual inicial, donde es necesario elegir la información relevante para la resolución de una tarea de aquella información que debe ser ignorada; en segundo lugar, la inhibición cognitiva estaría ligada a los procesos centrales de la memoria de trabajo una vez que la información ha entrado al sistema ejecutivo; por último, la inhibición conductual o control motor se vincula con la etapa final del procesamiento de información, es el momento en el que debe elegirse una respuesta o set de respuestas y omitir las respuestas inapropiadas (Nigg, 2000).

De acuerdo con Barkley (1997), el control inhibitorio posee tres propiedades que permiten detener o demorar una conducta: la habilidad para demorar o prevenir respuestas inducidas por una consecuencia inmediata, también como la capacidad de detener conductas en marcha cuando son poco exitosas, así como un incremento en la capacidad de

autorregulación y la reducción de la impulsividad. Es, por tanto, un proceso que permite la regulación conductual, lo cual implica eliminar las respuestas predominantes que son innecesarias.

En este sentido, se puede observar al control inhibitorio como una actividad compleja que conlleva diferentes subprocesos: a) la inhibición de respuestas sacádicas, que es el control de la respuesta refleja de los ojos, b) la inhibición conductual, que se refiere a la supresión de respuestas preponderantes, c) el control de la interferencia, que se refiere a la restricción de los estímulos distractores, y d) la inhibición cognitiva o inhibición proactiva, que se refiere a eliminar o ignorar información irrelevante en la memoria de trabajo (Friedman & Miyake, 2004; Nigg, 2000).

Barkley (1997) y Fuster (2003), entre otros, también contemplan que en el control inhibitorio se ejecutan procesos que permiten ignorar estímulos irrelevantes y/o estímulos distractores, descritos como 'interferencia de la atención', asimismo sugieren que este proceso interactúa con otros componentes de las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, la resolución de problemas y el cumplimiento de metas específicas.

En cuanto a la memoria de trabajo, Hasher, Zacks y May (1999) consideran que el control inhibitorio realiza tres funciones particulares: a) control del acceso de información al foco atencional, b) contener recuerdos fuertes pero inapropiados, c) eliminar o ignorar información irrelevante en los procesos de atención y de salida de la memoria de trabajo. Respecto a la flexibilidad cognoscitiva, Diamond (2006, 2013), considera que el control

inhibitorio no solo permite detener la ejecución de una acción predominante o ignorar la información irrelevante, también permitirá seleccionar las acciones y representaciones que favorezcan tanto el cambio de conductas, como pensamientos más flexibles , así como en el control de la interferencia proactiva en las etapas iniciales de las funciones ejecutivas de más alto orden como la resolución de problemas y el cumplimiento de metas específicas.

Paradigmas para evaluar el Control Inhibitorio.

Las diversas propuestas de clasificación del control inhibitorio pueden ser asociadas directamente con tareas experimentales o paradigmas de medición específicos.

Supresión de respuestas reflejas.

En este paradigma se puede incluir tanto la supresión de los movimientos evidentes de los ojos como los sacádicos o la orientación encubierta de la atención: en el paradigma antisacádico se requiere que los sujetos supriman los reflejos sacádicos ante estímulos ‘flasheantes’ o producir un movimiento sacádico en forma voluntaria hacia el lado opuesto del campo visual (Everling & Fischer, 1998; Munoz & Everling 2004); la tarea estándar de supresión de movimientos sacádicos consiste en pedir a los participantes evitar un reflejo sacádico hacia un estímulo lateral mientras que realiza una respuesta poco dominante hacia el lado opuesto del estímulo (Johnson, 1995), otro tipo de supresión de una conducta refleja puede ocurrir sin un movimiento evidente de los ojos como en el cambio de atención visual (Theeuwes, 1991).

Inhibición de respuestas motoras.

Los paradigmas más utilizados para la investigación de este tipo de inhibición ha sido la tarea Go/NoGo (Cragg & Nation 2009), en el paradigma Go/NoGo se presentan dos tipos de estímulos a los participantes en forma aleatoria en una pantalla de computadora y se les pide dar una respuesta ante uno de esos estímulos y detener la respuesta ante el otro estímulo, por ejemplo: se pide al participante que realice respuestas rápidas como presionar un botón en respuesta a un estímulo específico en los ensayos ‘*Target*’ (Go) para medir el tiempo de la respuesta (RT), e inhibir la respuesta ante otro estímulo específico en los ensayos ‘*No Target*’ (No Go), el modelo con el que se ha explicado este modelo es por medio de valorar los dos procesos (Go y No Go), se realizan suposiciones sobre las diferencias entre estas opciones, es decir es un modelo de la difusión de procesos que dependen de estas opciones de respuesta relativamente rápidas (Donders, 1968).

Otra tarea que se utiliza con mucha frecuencia para estudiar los procesos de control inhibitorio es la denominada ‘*Stop-Signal*’ en la cual el participante debe detener su respuesta cuando aparece una señal específica ‘*Stop*’, justo después de que ha aparecido un estímulo Go que le indique detener una respuesta en marcha, que se explica en términos de una carrera entre dos conjuntos de procesos: el proceso de ejecución y el proceso de frenado (Logan 1994; Verbruggen & Logan 2009), de acuerdo con el modelo clásico de Logan y Cowan (1984) los momentos de finalización correspondientes a estos procesos son aleatorios e independientes entre sí, lo cual significa que la habilidad de una persona para inhibir, depende del resultado del balance entre los procesos responsables de la producción y la inhibición de la respuesta respectivamente. Por lo tanto, para este modelo

el control inhibitorio, detener apropiadamente una respuesta depende tanto de la latencia de respuesta a la tarea primaria, como de la latencia de respuesta a la señal 'stop'.

Tareas de inhibición de la atención.

Para evaluar el control de la atención se han utilizado las tareas de flancos de Eriksen, Stroop test y el juego de 'Simón dice'. En la tarea de Eriksen se presenta un estímulo central entre estímulos que pueden ser congruentes o incongruentes a los lados, la respuesta es más lenta o menos precisa en los estímulos incongruentes que en los congruentes (Eriksen & Eriksen, 1974; Mullane, Corkum, Klein & McLaughlin 2009). En la tarea Stroop las personas deben nombrar el color de la tinta en que está escrito el nombre de un color, el tiempo de reacción es mayor cuando el nombre escrito y el color en que se presenta el estímulo son diferentes (Stroop, 1935).

En la tarea 'Simón dice' hay un conflicto entre la localización espacial del estímulo y la mano que se usa para responder, el efecto Simón es una prolongación del tiempo de reacción que ocurre cuando el estímulo se presenta del lado opuesto a la mano con la que se da la respuesta (Simon & Rudell, 1967). Algunos de los problemas de estas tareas es que son altamente dependientes de otros procesos como el lenguaje, o el análisis espacial y la lateralidad, que pueden crear variables de confusión debido a que en la edad preescolar aún no se consolidan procesos como la lateralidad.

Tareas de interferencia proactiva.

Son tareas que miden la habilidad para resistir las intrusiones en la memoria de información

que ha sido previamente relevante para resolver una tarea, pero se vuelve irrelevante en un nuevo ensayo. Aunque es muy parecido al constructo de resistencia a la interferencia de la atención, debido a que ambas involucran el control de la interferencia, se distingue por dos cosas de esta última, mientras que en las tareas de resistencia a la interferencia atencional, la información distractora se presenta simultáneamente a la información objetivo, en la tarea de resistencia a la interferencia proactiva, la información distractora se presenta previo a la presentación del estímulo y es previamente relevante para la resolución de la tarea y las más comunes son las tareas en la que los participantes aprenden dos listas (A y B) de palabras, nombres, etc., posteriormente deben recordar únicamente las palabras de la lista B y omitir la lista A, no obstante, la información de la lista A continua activa y puede ser una fuente de interferencia para el recuerdo de la lista B (Tolan & Tehan, 1999).

Un problema que advierten Friedman y Miyake (2004) es que las tareas de interferencia proactiva que se reportan en una gran cantidad de estudios tienden a mostrar poca confiabilidad, dado que son susceptibles al efecto de aprendizaje, tal situación implica que cuanta más experiencia tenga un individuo con una tarea determinada. Otro problema que sugieren estos autores, es que las tareas más utilizadas para la medición de la interferencia proactiva no reflejan en forma pura los procesos de inhibición, puesto que van mezclados otros elementos como la supresión de respuestas, control de la interferencia, o inhibición del pensamiento y no se especifica qué tipo de control inhibitorio se pretendía medir.

Desarrollo de las Funciones Ejecutivas

Existen dos aproximaciones principales al estudio del desarrollo de las funciones ejecutivas, y por ende del control inhibitorio. Por un lado, hay quienes consideran que las funciones ejecutivas son un constructo unitario con subprocesos constituyentes y proponen que un sistema de atención central fungirá como regulador de diversos procesos (Baddeley, 1996; Norman & Shallice, 1996; Rothbart & Posner, 2001). Munakata (2001) propone que las representaciones se pueden manifestar en dos formas: activa o latente, las representaciones activas tendrán mayor relación con procesos de atención y memoria de trabajo, y las representaciones latentes presentarán relaciones más fuertes con los hábitos y el almacén de memoria a largo plazo, lo cual enfatiza la naturaleza unitaria de los cambios en las funciones ejecutivas durante la infancia temprana, puesto que los primeros años de vida son críticos en el desarrollo de las funciones ejecutivas.

Por otro lado, se resalta la división de los procesos de las funciones ejecutivas, al respecto se ha postulado que en los niños pequeños, infantes y en edad preescolar, existen los mismos tres componentes de las funciones ejecutivas que en los adultos (Garon, Bryson, Smith, 2008; Moriguchi & Hikari, 2013), específicamente los procesos de inhibición y memoria de trabajo; Al respecto Diamond (2006) retoma la propuesta de que la memoria de trabajo y la inhibición son componentes disociables que llevan diferentes trayectorias de desarrollo, con incrementos en el desarrollo muy marcados, los cuales ocurren entre la última mitad del primer año, así como a los 3 y 6 años. En estudios como el de Wiebe (Wiebe et al., 2008) donde se probó el modelo de Miyake con niños pequeños, los infantes y de edad preescolar presentan un solo factor común de las funciones

ejecutivas, pero se sugiere que el desarrollo de éste no se da como un proceso lineal, y en la edad escolar son claramente diferenciados (Huizinga, Dolan & VanDer Molen, 2006).

Adicionalmente, los hallazgos en el desarrollo temprano indican que la maduración de la capacidad atencional forma una base para el desarrollo de las habilidades de las funciones ejecutivas durante la infancia, Posner y Rothbart (2007) proponen que el desarrollo de la atención brinda una mejor explicación respecto al desarrollo de las funciones ejecutivas, dado que puede ser la fuente de la varianza común subyacente a varias habilidades de estos procesos y sugieren que existe una red atencional anterior, fundamental para las funciones ejecutivas, y es por eso que lo denominan: red atencional ejecutiva y reportaron que esta red mejora considerablemente durante la edad preescolar, el modelo de Posner (1990) se revisará con mayor profundidad en el apartado de atención. En conclusión, en los niños pequeños existen en forma latente los tres componentes de las funciones ejecutivas, pero las evidencias empíricas muestran un modelo de un solo factor general de las funciones ejecutivas.

Desarrollo del Control Inhibitorio

Se considera que el control inhibitorio es, desde la infancia temprana, un elemento necesario, para un amplio rango de funciones cognitivas que van desde procesos automáticos hasta procesos controlados como la atención, memoria y la comprensión lectora una vez que los niños empiezan su vida escolar. Este proceso guarda una relación estrecha con los cambios estructurales y de conectividad en la corteza prefrontal durante la infancia temprana (Diamond, 2000); mientras que el desarrollo de los procesos inhibitorios

automáticos es más evidente durante la etapa preescolar, las formas dirigidas tienen un curso de desarrollo más prolongado, tanto que algunos tipos de inhibición no alcanzan su desarrollo óptimo hasta la edad adulta (Pascual-Leone et al., 2005).

Por mucho tiempo se consideró que en el periodo que comprende la infancia temprana y la etapa preescolar era difícil indagar en forma precisa sobre el desarrollo de los procesos implicados en el control inhibitorio; incluso, algunos autores planteaban que el desarrollo de la inhibición iniciaba alrededor de los 6 años y alcanzaba un nivel de ejecución similar al de los adultos aproximadamente a los 12 años (Levin, 1991; Welsch, 1982). Sin embargo, las mediciones que se utilizaban hasta ese entonces consistían en versiones simplificadas de las tareas utilizadas en adultos, lo cual derivó en una de las principales dificultades para estudiar el control inhibitorio en niños más pequeños: infantes y preescolares, puesto que los instrumentos no contaban con la validez suficiente, lo cual hizo necesario buscar opciones más adecuadas para evaluar el control inhibitorio en la infancia temprana (Friedman & Miyake, 2004).

Para reducir los problemas de validez se han diseñado una gran cantidad de tareas que fueran óptimas para medir el control inhibitorio en niños pequeños, estas tareas se pueden categorizar en dos grandes bloques: tareas de demora de la respuesta y tareas de conflicto de respuestas. Carlson (2005) hace una revisión de diferentes pruebas utilizadas para medir los procesos de control inhibitorio y describe las más utilizadas en estudios conductuales con niños de edad preescolar.

En cuanto a las tareas de demora, una de las tareas que son utilizadas con mucha frecuencia en la evaluación del control inhibitorio en niños pequeños, son como las de demora de una golosina, donde los niños deben esperar un lapso de aproximadamente 20 segundos para poder comer un dulce o bocadillo. Los errores que se cometen durante la infancia temprana en tareas de inhibición muestran una relación fuerte con la inmadurez de las estructuras cerebrales que se han asociado con la capacidad de inhibir una respuesta preponderante y es hasta la edad preescolar cuando los niños logran tener mayores habilidades para demorar las respuestas (Diamond, 2000; Diamond & Taylor, 1996).

Carlson (2005) refiere que en el periodo de edad que comprende de los 2 a los 4 años de vida, los infantes son capaces de aplazar el comerse una golosina con los siguientes promedios de efectividad: a los dos años la efectividad de esta demora es de 50%, 72% a los tres años y en un 85% a los 4 años, lo que supondría un incremento importante en el control inhibitorio en la edad preescolar; también menciona que después de los 6 años, las mejoras en este proceso son únicamente en la velocidad para resolver las tareas. Otras tareas revisadas son las siguientes.

- . Demora del dulce (Kochanska, Murray & Harlan, 2000)
- . Regalo demorado (Kochanska et al., 2000)
- . Demora de una gratificación (Mischel, Shoda & Rodriguez, 1989)
- . El juguete prohibido (Lewis, Stanger & Sullivan, 1989)
- . Regalo decepcionante (Saarni, 1984)

En las tareas de conflicto los niños no solo tienen que inhibir una respuesta determinada, también necesitan activar una respuesta nueva simultáneamente a la

inhibición de la respuesta previa, por tanto, se requiere mantener dos respuestas incompatibles simultáneamente (Carlson & Moses, 2001), las tareas de conflicto también se pueden utilizar para evaluar la habilidad de utilizar reglas gradualmente más complejas (Zelazo et al., 2003). Estas pruebas han permitido observar el desarrollo del control inhibitorio en una población cada vez más temprana, incluso se ha reportado que la habilidad para suprimir una respuesta dominante se desarrolla durante el primer año de vida, cuando los infantes detienen una actividad ‘agradable’ en respuesta a sus cuidadores, esta capacidad incrementará rápidamente durante el transcurso de la infancia.

Anderson (2002) menciona que al año de edad se observa cierta capacidad de inhibir algunas conductas y cambiar a un nuevo set de respuestas, y es hasta los tres años que un niño puede inhibir ‘instintivamente’ un mayor número de conductas, aunque puede cometer errores perseverativos en forma ocasional. Los estudios que se han reportado proponen que la edad preescolar es un momento idóneo para la evaluación del control inhibitorio, dado que es un periodo crucial en el desarrollo de este proceso y otras funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y la flexibilidad cognoscitiva (Best & Miller, 2010; Carlson, 2005; Carlson & Wang, 2007; Garon, Bryson & Smith, 2008; Wiebe, Sheffield, Nelson, Clark, Chevalier & Espy, 2011).

Las tareas que más se utilizan en niños preescolares son las de tipo Stroop: Día-Noche (Carlson y Moses, 2001; Diamond, Kirkham, & Amso, 2002; Simpson & Riggs, 2005): en esta tarea se muestran tarjetas con una imagen de un sol por un lado y de la luna por el otro lado de la tarjeta, se pide a los niños decir día ante la imagen de una luna y decir noche cuando se le presenta la imagen del sol, para poder ejecutar apropiadamente esta

tarea el niño tiene que inhibir la respuesta dominante (Carlson & Moses 2001): se han reportado niveles de ejecución correcta entre 53 y 64 % a los 4 años, y entre 70 y 78 % de respuestas correctas en niños de 5 años (Espy, 1997; Montgomery & Koeltzow, 2010; Rhoades, Greenberg & domitrovich, 2009; Simpson, et al., 2012), así como las siguientes variantes de estas tareas.

- . Stroop de formas (Kochanska et al., 2000)
- . Día/Noche (Gerstadt, Hong & Diamond, 1994)
- . Pasto/Nieve (Carlson & Moses, 2001)
- . Oso/Dragón (Reed, Pien & Rothbrat, 1984)
- . Juego de manos (Hughes, 1998)
- . Conflicto espacial (Gerardi-Caulton, 2000)
- . Secuenciación motora (Carlson & Moses, 2001)
- . Simón dice (Strommen, 1973)

Todas las tareas mostraron un efecto de mejora significativo relacionado con el incremento de la edad, pero las tareas que se complicaron más para los niños de mejor edad fueron el regalo demorado, el Stroop de formas y la demora del dulce; y las tareas que fueron más fáciles de realizar para los niños fueron el Oso/Dragón, secuenciación motora, pasto/nieve y el juego de manos (Carlson, 2005). Sin embargo, este tipo de evaluación presenta un problema, pues las tareas que son utilizadas para medir la inhibición como las de demora de gratificación, el juego de manos o la prueba de clasificación de formas no son una medida pura de inhibición y continúan reflejando la participación de otros procesos, principalmente la memoria de trabajo (Simpson & Riggs, 2006).

Por tanto, es importante mencionar que una de las tareas más simples para medir el control inhibitorio es la tarea tipo Go/NoGo, en la cual se requiere crear una respuesta

preponderante (Garon, Bryson, Smith, 2008), esto se logra al presentar un mayor número de estímulos que requieren una respuesta 'Go', aproximadamente 80% en comparación a los estímulos donde se debe inhibir la respuesta 'NoGo', con un 20% de estímulos (Simpson & Riggs, 2006). Cuando se utilizan tareas tipo Go/NoGo en niños pequeños, se debe tener presente que los niños de esta edad se caracterizan por una variabilidad en el volumen de la atención, comprensión lingüística y de repertorio general de conocimientos, por tanto para aplicar la tarea Go/NoGo en este grupo de edad se debe minimizar la complejidad de las respuestas, ya sean manuales o verbales, así como de las reglas que se debe aprender el niño: minimizándolo a los conceptos más básicos del paradigma y utilizar marcos de referencia familiares, comunes en la vida diaria (Wiebe et al., 2011).

La complejidad de la tarea Go/NoGo se puede manipular de diferentes formas, pero la mejor forma de manipular la complejidad es controlando el porcentaje de las respuestas preponderantes 'Go', un mayor porcentaje de estímulos 'Go' será más difícil de inhibir que un porcentaje menor de este tipo de estímulos (Diamond & Taylor, 1996), asimismo se sugiere que los estímulos sean presentados por un lapso mayor a un segundo, dado que se ha planteado que al presentar por más tiempo un estímulo permitirá a los niños una mejor capacidad de suprimir las respuestas preponderantes (Simpson et al., 2012).

Garon, Bryson y Smith (2008) sugieren que una tarea de inhibición simple requiere de una cantidad mínima de memoria de trabajo y en la medida que se vaya haciendo más compleja requerirá de más actividad de la memoria de trabajo, esto concuerda con lo reportado por Carlson (2005), pues las tareas que fueron más complicadas para los niños son aquellas donde se requiere activar procesos de la memoria de trabajo,

independientemente del grupo de edad como los dígitos en regresión, categorización inversa, el juego de Simón dice.

En otras tareas como el paradigma Go/NoGo (Simpson & Rigg, 2006), así como en la tarea de Eriksen (Rueda, Rothbratm McCandliss, Saccomanno & Posner, 2004) la ejecución de los niños entre los cuatro y los cinco años de edad muestra una mejora significativa lo cual sugiere que en la edad preescolar se presenta un periodo importante para el desarrollo del control inhibitorio y de las funciones ejecutivas en general. Se ha reportado que los niños de 4 años muestran un promedio de ejecución correcta entre el 53% y un 76.2% (Espy, 1997; Montgomery & Koeltzow, 2010; Wiebe et al., 2011), incluso hay quienes han reportado ejecuciones por encima del 89% en niños de esta edad (Bellagamba, Adessi, Focaroli, Pecora, Magiorelli, Pace & Paglieri, 2015; Conway & Stiffer, 2012; Mehnert, et al., 2012; Nieto, Ros, Medina, Ricarte & Latorre, 2016;). Asimismo, se ha reportado que en los niños de 5 años los porcentajes de ejecución correcta van del 62% a un 86.6% de respuestas correctas (Craig & Nation, 2009; Todd, Lewis, Meusel & Zelazo, 2008; Schneider-Hassloff, Zwönitzer, Künster, Mayer, Ziegenhain & Kiefer, 2016; Simpson, 2006; Wiebe, Sheffield, & Espy 2012).

En conclusión, los avances más evidentes del desarrollo del control inhibitorio se pueden observar claramente entre los 4 y 5 años de edad, lo cual repercutirá sobre una mejora en los procesos de las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo y la flexibilidad cognoscitiva (Blakey & Carroll, 2015; Diamond, 2013; Espy, Sheffield, Wiebe, Clark & Moehr, 2011; Garon, Bryson & Smith, 2008; Morasch & Ann Bell, 2011; Wiebe, Sheffield & Espy, 2011; Simpson et al., 2012).

Sin embargo, se tendrán que discutir los factores externos a las características de la tarea, entre los más relevantes: el nivel socioeconómico y de escolaridad de los padres, aunque no siempre fueron reportados en estos estudios revisados. Se pudo observar, por ejemplo: que en las investigaciones donde los niños obtuvieron mayores puntajes, los padres, mamás en su mayoría, contaban con una escolaridad promedio de 13 años (Berger, 2013) o incluso por encima de 15 años de escolaridad (Schneider-Hassloff, Zwönitzer, Künster, Mayer, Ziegenhain & Kiefer, 2016), mientras que en el presente estudio la escolaridad promedio de los padres fue de 9 años (secundaria terminada), de acuerdo con el promedio de escolaridad en la población en México (INEGI, 2015).

Correlatos Neuroanatómicos del Control Inhibitorio

Primbram y McGuinness (1975) propusieron que la corteza prefrontal es el lugar donde se realizan los procesos más complejos de la actividad humana y fue con los estudios clásicos en primates y humanos de Goldman-Rakic (1987) que se reforzó la idea de que la inhibición y las funciones ejecutivas están ligadas fisiológicamente a la corteza prefrontal. Es importante distinguir entre corteza prefrontal y lóbulo frontal, en la actualidad los lóbulos frontales ya no son considerados como una unidad funcional única, se considera que el lóbulo frontal tiene tres divisiones mayores: corteza motora primaria, corteza premotora y la corteza prefrontal que es la región del tejido cerebral que constituye la mitad anterior de la corteza frontal.

En primates, incluyendo al humano, la corteza prefrontal lateral tiene típicamente 6

capas de neuronas: caracterizado por una muy definida capa granular interna (capa IV), y también por eso se le conoce como corteza granular frontal (Fuster, 2007). Esta región de la corteza también se conoce como polo anterior del cerebro, cuenta con muchas subdivisiones que incluyen las áreas de Brodmann 9, 12, 45, 46, 47 en su porción lateral, áreas 11, 12 en la región ventromedial y áreas 24, 25 y 32 en la región cingulada anterior.

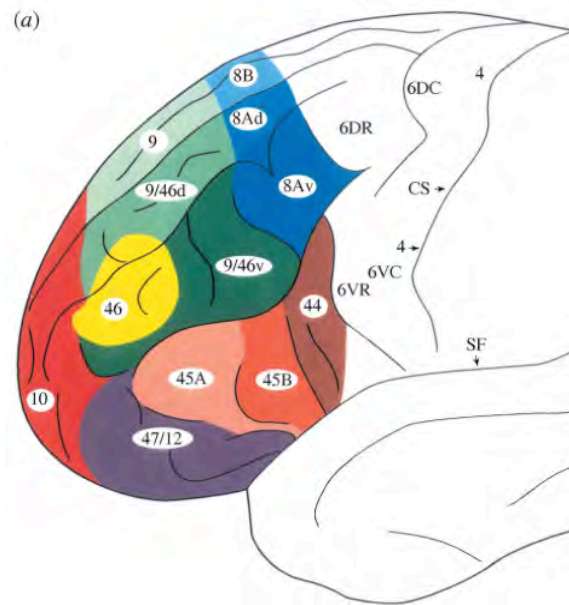


Figura 1. Divisiones y áreas de la corteza prefrontal en el humano (tomado de Petrides, 2005).

La corteza prefrontal está conectada con varias estructuras corticales y subcorticales ‘inter’ e ‘intra’ hemisférica: estas incluyen la corteza temporal superior, la corteza parietal posterior, el giro del cíngulo posterior, el tálamo, el sistema límbico y núcleo caudado; lo cual permite que la corteza prefrontal tener las condiciones de coordinar diversos procesos a través de las conexiones con estas regiones cerebrales, tanto, que todo el cerebro puede funcionar como una unidad integrada y bien regulada. La región orbitofrontal, la porción anterior del giro del cíngulo del hemisferio derecho y el giro frontal medio muestran actividad durante la realización de tareas basadas en el paradigma Go/NoGo y las tareas de control inhibitorio activarían a la corteza cingulada anterior, el área motora suplementaria,

la corteza orbitofrontal y la corteza prefrontal dorso lateral, los ganglios basales y el tálamo (Capilla, Fernández, Campo, Maestú, Fernández, Mulas, 2004).

Diversas teorías neuropsicológicas de la inhibición enfatizan que este control se realiza por medio de múltiples circuitos cerebrales con una estructura dinámica conectados con la Corteza Prefrontal y estructuras subcorticales como los Ganglios de la Base a nivel estructural y con la atención y el control inhibitorio a nivel funcional (Barkley, 1997; Cummings, 1993), asimismo se activan regiones similares a las que se observan en tareas de la memoria de trabajo, mostrando una estructura dinámica y dispersa en la corteza y con la intervención de varias áreas cerebrales (Anderson, 2001; Bunge, Dudukovic, Vaidya & Gabrieli, 2002).

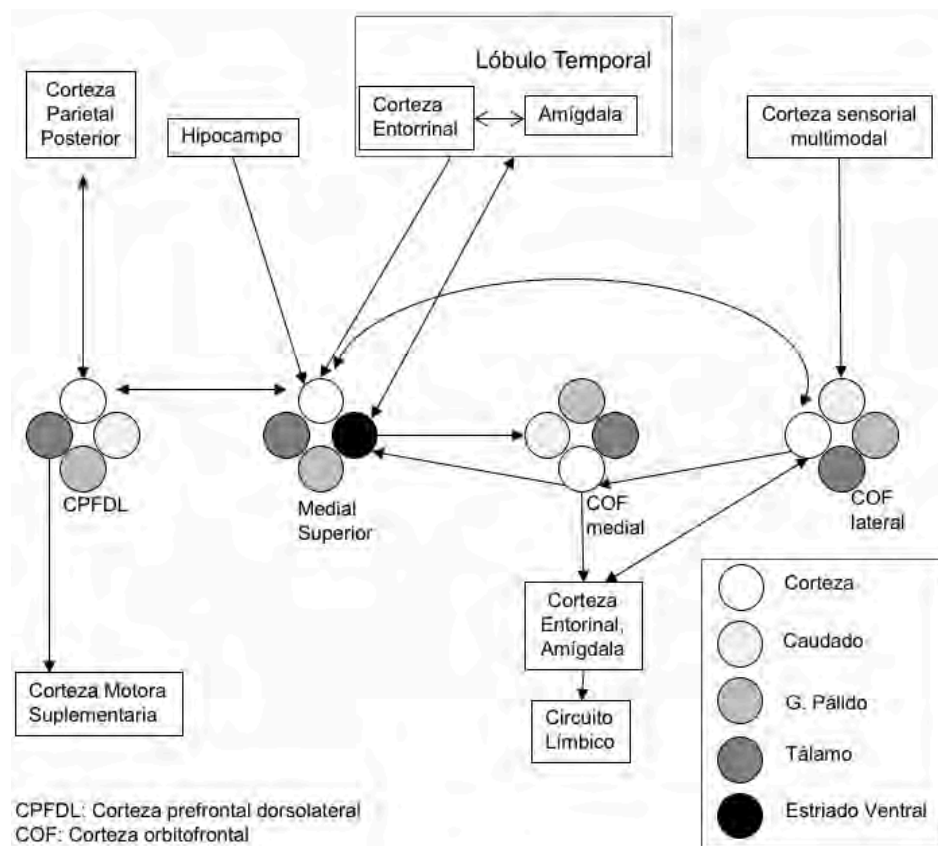


Figura 2. Principales conexiones cortico subcorticales de la corteza prefrontal (adaptado de Cummings & Miller, 2008)

Desarrollo de la Corteza Prefrontal

El desarrollo de la corteza prefrontal y de las funciones corticales superiores ocurren en un proceso interrelacionado que es definido por la edad de desarrollo desde el nacimiento hasta la edad adulta, en donde el período preescolar se presenta como una etapa de rápida adquisición de los procesos ejecutivos, si bien estos procesos se apoyan en la maduración de las estructuras prefrontales, no estarán limitados únicamente a esta región del cerebro, sino que también se debe considerar la relación que presentan con múltiples circuitos neuronales (Barkley, 2005).

Dado que la mielinización gradual de las conexiones prefrontales permite una transmisión más rápida y eficiente de los impulsos nerviosos de la región que subyace a los más altos niveles de cognición incluyendo la planeación y las conductas dirigidas a metas específicas, así como un mayor procesamiento de la información y una mejor integración de los procesos cognitivos (Anderson, 2002; Bull, Espy & Senn, 2004). La densidad neuronal se encuentra al máximo al momento del nacimiento y declinará alrededor del 50% en la etapa adulta, en las semanas posteriores al nacimiento iniciará el proceso de mielinización de la corteza prefrontal, no solo es la última región del cerebro en iniciar este proceso, sino que continuará por muchos años (Fuster 2007).

La corteza prefrontal madura más lentamente que otras áreas del cerebro, alcanzando la madurez solo hasta la etapa final de la adolescencia, esto se puede comprobar por medio de los periodos de mielinización (Giedd, Blumenthal & Castellanos, 1999), reducción de la sustancia gris, sinaptogénesis entre otras (Sowell, Binder & Conlon, 2004).

Majovski y Breiger (2009) describen que se presentan seis momentos significativos en el desarrollo de un cerebro normal: la inducción dorsal, inducción ventral, proliferación neuronal, migración neuronal, organización y ensamble de células neuronales y mielinización, dichos procesos guiarán el desarrollo y actividad ulterior de los procesos cerebrales, los primeros 5 eventos ocurren en la etapa prenatal, y la última etapa se presentará durante el desarrollo postnatal. Al momento de nacer, el cerebro está desmielinizado en su mayor parte y en el periodo que abarca aproximadamente entre los 8 meses y dos años de vida se presentará una gran evolución en este proceso que es controlado y programado por factores genéticos. El peso del cerebro incrementa hasta alcanzar un 90% de su peso total aproximadamente a los 6 años de edad, estos procesos de desarrollo también estarán influidos por la estimulación ambiental a través de las actividades que realice el niño (Majovski & Breiger, 2009).

Como se mencionó previamente, durante los primeros años de vida los niños logran grandes procesos de desarrollo, los primeros signos de control inhibitorio se pueden observar entre los 7 y 8 meses de edad ligado a las regiones dorsolateral y orbital de la corteza prefrontal, se ha reportado evidencia en infantes de 7.5 meses, que podían recordar correctamente objetos en una tarea de respuesta demorada en un tiempo de 1 a 2 segundos, a los 10 meses lo logran con una demora de 10 segundos y entre los 3 y 4 años lo logran con una demora de entre 10 a 30 segundos (Diamond, 1988).

También se ha sugerido una relación entre el desarrollo de la región dorsolateral de la corteza prefrontal con la mejora en habilidades cognoscitivas como la memoria de trabajo, atención selectiva, control inhibitorio a nivel conductual y cognitivo, ya que influyen sobre

el mantenimiento de la información y la inhibición simultánea de respuestas dominantes (Diamond, Kirkam & Amso, 2002). Asimismo, se ha reportado evidencia anatómica de que la corteza prefrontal presenta un gran desarrollo durante la edad preescolar, con un patrón de maduración frontal más lento en comparación con el resto de las estructuras cerebrales, lo cual se ve reflejado en el desempeño conductual, específicamente de las funciones ejecutivas y por ende del control inhibitorio; generalmente los niños son capaces de aprender y mantener un programa de acciones deliberado hasta los 3 y medio o cuatro años (Diamond, Kirkam & Amso, 2002) y a los 5 años los niños muestran grandes mejoras en tareas Go/NoGo (Dowsett & Livesey, 2000).

Procesos de Atención

La atención es un sistema que permite seleccionar señales, mantener la focalización selectiva hacia un estímulo determinado, a un programa motor, memorias o representaciones internas mientras se inhibe información no deseada, esto sugiere la importancia de la atención para articular los demás procesos cognitivos, dado que se ha descrito que hay muchas limitantes en la capacidad de procesamiento de información: Los límites en el procesamiento de información parecen determinados por la cantidad de energía total disponible en el cerebro y por el alto costo de la actividad neuronal involucrada en el procesamiento cortical de información, por tanto se le debe considerar a la atención como un sistema multidimensional, multimodal y jerárquico, con componentes que actúan entre sí, facilitando el procesamiento de la información, dado que los estímulos que llegan al cerebro no se pueden procesar en su totalidad en forma simultánea, por tanto es necesario un proceso de selección como la atención (Carrasco, 2011).

Posner y Petersen (1990, 2012), proponen un modelo con tres sistemas de atención visual: alerta, orientación y control ejecutivo, estas se organizan en diferentes regiones neuronales: Atención sostenida o alerta es la habilidad para mantener la atención por periodos largos de tiempo, este proceso o red de vigilancia modula de la energía que se requiere para atender a las diferentes demandas del entorno y de los demás sistemas internos por medio de los sistemas de la norepinefrina que incluye el locus cerúleo y nodos principales en regiones de la corteza frontal y parietal. Los cambios fásicos de la red de alerta pueden producirse por la presentación de una señal de alarma de un 'target' inminente.

Atención selectiva o red de orientación hace referencia a la habilidad de buscar un objeto en medio de otros objetos similares que son distractores, se enfocada en priorizar las entradas sensoriales, generalmente se ha probado con estímulos visuales y consiste en elegir una modalidad de localización espacial, esta red interactúa con los sistemas sensoriales para mejorar la prioridad de la información relevante para la tarea y, durante la infancia temprana provee una gran parte del control sobre otras redes neuronales (Petersen & Posner, 2012; Posner et al., 2012).

Atención ejecutiva o red de control ejecutivo hace referencia a la habilidad de anular respuestas preponderantes esta se relaciona en mayor medida con la atención focal: involucra procesos de monitoreo y resolución de conflictos en la percepción del mundo físico, social, así como en el procesamiento de recompensas, y la detección de errores, además de la supervisión y resolución de conflictos; la regulación ocurre por medio de incrementar la actividad en las redes relacionadas con la inhibición de la actividad a través de grandes conexiones entre los nodos de la red ejecutiva y las áreas cognitivas y emocionales ubicadas tanto en regiones frontales como posteriores del cerebro (Bush, Luu & Posner, 2000; Petersen & Posner, 2012). En conclusión, la atención optimiza el uso de los recursos limitados por medio del fortalecimiento de las representaciones relevantes y/o destacables, mientras minimiza o ignora las representaciones menos relevantes.

El modelo de atención para la acción propuesto por Norman y Shallice (1986) consta de tres subcomponentes: los esquemas de acción, el dirimidor de conflictos y el sistema atencional supervisor (SAS, por sus siglas en inglés). En la parte central del modelo se distinguen dos sistemas para el análisis perceptivo: automático y controlado, así como una

unidad de control de las respuestas. Las unidades de control reciben entradas o '*inputs*' procedentes tanto de fuentes internas como externas al organismo.

Cuando un estímulo llega a los componentes básicos de la atención, esta información puede operarse por uno de estos dos sistemas, ya sea el que regula los procesos automáticos de la atención o 'programa de arbitraje y contención', este sistema se encarga de realizar tareas rutinarias que ya están aprendidas, puede ser una propiedad innata de la forma en que se procesa la información sensorial o puede producirse mediante un amplio entrenamiento. El otro sistema coordinará el procesamiento controlado de la atención, el sistema atencional supervisor '*SAS*', que se encarga de planificar, dar respuesta y supervisar la atención ante situaciones novedosas, infrecuentes o distintas, lo cual sugiere que el procesamiento automático y el controlado requieren al menos de dos circuitos corticales diferentes; el *SAS* es responsable de realizar procesos no automáticos y activar selectivamente los esquemas de acción (Norman & Shallice, 1986). Este modelo sentó las bases para otras explicaciones más recientes y aún en la actualidad se puede utilizar para explicar datos experimentales que sustenten modelos de control prefrontal de la atención (Koechlin & Summerfield, 2007) o modelos anatómicos como el de la función de la corteza prefrontal (Miller & Cohen, 2001).

Otro modelo del control atencional es el propuesto por Corbetta y Schulman (2002), en el cual se propone la existencia de dos redes cerebrales con funciones diferentes pero complementarias en el control de la atención, uno de los sistemas que se describen en este modelo estará asociado a la corteza intraparietal y parte del surco frontal superior, el cual estará implicado en la selección de estímulos y respuestas en función de las metas del

sujeto y de forma volitiva, denominado sistema 'top-down', este sistema sería el responsable del establecimiento de conexiones entre la información sensorial relevante y las representaciones motoras adecuadas.

También se describe otro sistema que incluye tanto a la corteza temporo-parietal como a la corteza frontal inferior, los autores sugieren que este sistema se especializa en la detección de estímulos conductualmente relevantes o 'salientes' y funcionaría como un mecanismo de alerta cuando los estímulos son detectados fuera del foco de procesamiento, denominado sistema 'bottom-up', esta red no participaría de la generación o el mantenimiento de los sets atencionales.

Tareas para la evaluación de la atención.

La evaluación de la atención sugiere una clasificación clínica de los procesos que la conforman (Sohlber & Mateer, 1987), estos autores sugieren un modelo de la atención compuesta por los siguientes procesos: alerta, atención sostenida (vigilancia), atención selectiva, atención alternante, atención dividida, atención ejecutiva y velocidad de procesamiento.

Las tareas de vigilancia implican la detección de estímulos con baja tasa de aparición en contextos monótonos de larga duración, como las tareas de cancelación y los test de ejecución continua o CPT (Cicerone, 1997); en el caso de las tareas de atención selectiva se han descrito tareas de orientación espacial, tareas de búsqueda visual como las listas de palabras y colores del Test de Stroop (Stroop, 1935) y los Test de atención breve

(Schretlen, PAR.Inc); otro paradigma clásico de la atención selectiva es la tarea OddBall clásica (Picton, 1992), una prueba cognitiva en el que el participante responde a estímulos no frecuentes (target) mientras ignora los que aparecen en forma continua. En el caso de la atención alternante se ha descrito la forma B del Trial Making Test (Reitan, 1971), y para la atención dividida se han descrito tanto tareas de escucha dicótica como el test PASAT (Gronwall, 1977).

Las tareas descritas para la evaluación de la atención ejecutiva incluyen la puntuación B-A del Trial Making Test (Reitan, 1992). El índice Stroop que se calcula por medio de los tres elementos evaluados por este test: Puntuación color-palabra e Interferencia (Stroop, 1935). Finalmente, la velocidad de procesamiento se ha asociado a las tareas incluidas en el índice del WAIS IV (Wechsler, 2012), Puntuaciones en las listas de color y puntuación palabra del test de Stroop (Stroop, 1935) y la forma A del Trial Making Test (Reitan, 1992).

Correlatos Neuroanatómicos de la Atención.

La atención es un proceso multimodal que involucra la actuación de múltiples y muy diversas estructuras del sistema nervioso central, el procesamiento neurofisiológico de la atención pasa por diversas fases, implicando la actividad de varias estructuras neuroanatómicas situadas a lo largo del tallo cerebral hasta la corteza. se ha asociado el sistema de orientación a la actividad del surco intraparietal, la región ocular frontal y el colículo superior, que conforman la red atencional dorsal (Rohr et al., 2017), las redes de alerta y ejecutiva se sobreponen ampliamente, ambas se han asociado a la actividad del

surco intraparietal como de la corteza prefrontal dorsolateral, la corteza cingulada anterior, la ínsula anterior y el tálamo; así como en la combinación de características de la red frontoparietal y de la red cíngulo opercular (Petersen & Posner, 2012).

Se ha planteado que el procesamiento de la atención se encuentra regulado desde la corteza por sistemas independientes, localizados en regiones frontales laterales, involucrados en la resolución de conflictos, y una red fronto-parietal que parece ser distinta a la red de orientación (red atencional posterior), lo cual podría indicar dos redes de control relativamente separadas: por un lado el sistema de control cíngulo-opercular que parece actuar como un respaldo de mantenimiento estable para el desarrollo de toda una tarea, y por otro lado el sistema fronto-parietal que está más relacionado con el cambio en las tareas, así como en la iniciación y el ajuste de los ensayos en tiempo real. Estas dos redes pueden tener un origen común en el desarrollo temprano (Petersen & Posner, 2012).

Aunque la anatomía del giro del cíngulo es mucho más compleja, existen fuertes evidencias de que las tareas de conflictos como el Stroop activan áreas comunes en el giro cingulado anterior, lo que ha permitido argumentar que la red atencional ejecutiva es crítica en varias de estas funciones, pero también se resalta la función de la red de orientación para proporcionar algo del control desde etapas tempranas del desarrollo como en los infantes y niños preescolares (Posner, 2011). A la edad de dos años la corteza cingulada anterior muestra conexiones neuronales más fuertes, lo cual implica que las estructuras que controlan la atención ejecutiva están presentes desde esta edad, pero su influencia de control sobre otras redes se realizará más tarde, a esta habilidad para controlar los pensamientos, sentimientos y conducta es llamado autorregulación en la psicología del

desarrollo, en el caso de los adultos es llamado control cognitivo (Rothbarth, Sheese, Rueda & Posner, 2011).

Una red más central incluye la conjunción temporo-parietal que ha sido asociada a la red de respuestas a eventos sensoriales, proceso que está fuertemente lateralizado, existe por tanto una asimetría atencional en el lóbulo parietal que confiere mayor importancia al hemisferio derecho, en sujetos normales la atención dirigida hacia el campo visual izquierdo activa más la corteza parietal derecha, mientras que la atención dirigida al campo visual derecho activa tanto el hemisferio izquierdo como el derecho. Asimismo, existen evidencias que plantean que el neuromodulador de la norepinefrina está relacionado con el sistema de alerta, el sistema reticular ascendente ejerce influencia excitatoria sobre el tálamo y ésta a su vez lo hace sobre el córtex cerebral, como la vía de la norepinefrina que incluye sus nodos más grandes en la corteza frontal y parietal para regular la red de alerta (Posner, Rothbarth, Sheese & Voelk, 2014).

Desarrollo de la Atención

El desarrollo de la atención en la infancia temprana se da a través de la maduración neuronal, los cambios conductuales y la interacción social del infante, a medida que incrementa la cantidad de canales sensoriales durante la primera infancia, aumentarán las necesidades para el filtro de estímulos, una característica clave del desarrollo de la atención es que la habilidad para suprimir información irrelevante, así como acciones inapropiadas muestra un incremento estable. Los estudios que se han reportado, revelan cambios importantes durante esta etapa de la infancia: antes de los tres años de vida el infante logra

un mayor control sobre la atención voluntaria, capacidad necesaria para resolver tareas cada vez más complejas, lo cual sugiere que los procesos de atención ejecutiva y control inhibitorio están presentes desde la infancia temprana aunque aún no ejerzan un control total sobre las otras redes atencionales (Cuevas & Ann-Bell, 2014; Rothbart, Sheese, Rueda & Posner, 2011).

El desarrollo de los procesos de atención mostrará grandes cambios a lo largo del desarrollo del niño asociados al desarrollo de diferentes regiones corticales: en bebés y niños pequeños se han observado asociaciones significativas entre la atención y la conectividad funcional a través de las redes visuales, la red de atención dorsal y la red del modo por defecto o 'default mode' (Innocenti & Price, 2005).

Para los niños el preescolar representa un periodo donde se enfrenta a estímulos más demandantes, es un periodo particularmente importante para el desarrollo de las habilidades atencionales, que madurarán rápidamente, dado que el desarrollo de las redes atencionales tiene gran implicación en habilidades cognoscitivas como la autorregulación y otros procesos ejecutivos (Posner, Rothbart, Sheese & Voelker, 2014). Con el desarrollo, los procesos cognitivos se irán diferenciando y mejorará el rendimiento de los infantes en diferentes actividades: antes de los tres años emergen muchas de las habilidades cognoscitivas que son necesarias para realizar procesos 'ejecutivos' como los procesos de atención sostenida y la capacidad para cambiar el foco de la atención que hacen evidente que los infantes tienen cada vez mayor control sobre la atención voluntaria (Garon, Bryson, Smith, 2008).

El desarrollo de los sistemas de atención y sus interconexiones permitirá a los niños de edad preescolar manifestar en forma progresiva un control más voluntario sobre su conducta y principalmente en la habilidad para enfocarse en los estímulos relevantes de una tarea, mientras ignora la información irrelevante del entorno, la red de orientación presentará cambios importantes durante la etapa preescolar: a los 4 años los niños pueden mostrar un incremento en la atención focalizada, así como en la reducción de la influencia de estímulos distractores. Durante el periodo del preescolar también se puede observar un incremento en la capacidad para sostener la atención en un foco de atención, así como en la capacidad para focalizarse en tareas estructuradas: la habilidad de controlar en forma voluntaria el cambio (shift) del foco de la atención es uno de los principales aspectos en el desarrollo de la atención sostenida y permitirá que los niños preescolares puedan integrar en una forma más eficiente las respuestas de acuerdo a los estímulos del entorno (Garon, Bryson & Smith, 2008).

Potenciales Relacionados a Eventos

Los Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) consisten en una serie de componentes que pueden ser distinguidos basándose en su latencia (ms) y polaridad (+/-), amplitud (μV), y distribución topográfica sobre el cráneo (ej., Fz, T1, P4), se obtienen por medio del Electroencefalograma (EEG), con esta técnica se pueden observar y registrar pequeños cambios de la actividad eléctrica del cerebro en un campo espacial determinado a partir de la suma de actividad eléctrica asociada a un estímulo (Evento), además los PRE tienen la ventaja de registrar la actividad eléctrica del cerebro en el orden de milisegundos en un campo espacial determinado (Luck, 2014). Otten y Rugg (2005) conciben a los Potenciales Relacionados a Eventos como cambios eléctricos en el cerebro que ocurren en relación a un proceso psicológico, este proceso puede ser generado por algún 'evento' externo o interno, la actividad eléctrica varía rápidamente durante el tiempo en que se realizan dichos procesos.

En un principio, esta técnica fue utilizada como una alternativa para la medición de la velocidad y precisión de las respuestas ante estímulos cognitivos particulares, dado que una respuesta conductual refleja la salida de un gran número de procesos cognitivos y permiten una medición continua entre el procesamiento del estímulo y la ejecución de una respuesta, lo cual hace posible determinar en qué etapa del procesamiento de la información ocurre la actividad asociada a la manipulación específica de una tarea controlada (Webb, Monk & Nelson, 2001).

Los PRE se pueden clasificar por el tipo de estímulo que los desencadena, se clasifican como potenciales evocados, cuando la aparición se puede relacionar directamente con un estímulo externo, y son diferenciados en dos tipos de potenciales: exógenos (determinado por las características físicas del estímulo) o endógenos (determinado por los efectos psicológicos del estímulo), que se visualizan como una serie de oscilaciones de voltaje (amplitud) llamadas ondas positivas o negativas, se considera que los componentes endógenos de los PRE reflejan procesos cognitivos (Web, Mon, Nelson, 2001). Cuando se presente una deflexión, la dirección que se observe dependerá de la orientación de un 'Dipolo', que es el cambio en el voltaje de conducción: neurofisiológicamente un Dipolo ocurre cuando una señal excitatoria o inhibitoria (Input) causa un cambio en la carga postsináptica de una célula cercana, esta señal cambiará rápidamente en un campo espacial determinado principalmente por la actividad postsináptica de las neuronas piramidales de la neocorteza (Webb, Monk & Nelson, 2001).

Cuando aparece una sinapsis excitatoria, una carga iónica positiva entra a la célula, creando una carga negativa en el espacio extracelular próximo, el sitio de esta negatividad presente se le denomina 'sumidero de corriente' donde los iones cargados positivamente fluyen al interior de un segmento de la membrana neuronal y salen de nuevo al espacio extracelular, esta área cargada positivamente se conoce como 'fuente', estableciendo un Dipolo. En caso de que un 'sumidero de corriente' negativo esté más cercano a un electrodo que una 'fuente' positiva, se presentará una deflexión negativa, pero si la 'fuente' positiva es más cercana al electrodo que un 'sumidero de corriente' negativo se registrará una deflexión positiva (Webb, Monk & Nelson, 2001).

La forma más común de estudios con PRE es enfatizando en la forma de la amplitud de las ondas registradas, estos estudios intentan asociar características especiales de los PRE (componentes) a un proceso cognitivo específico: un componente hace referencia a la amplitud media de los datos obtenidos, con lo cual es posible identificar los puntos mínimo y máximo en que se observa el componente, así como la cuantificación de la temporalidad en que ocurre y permite determinar si se presentan diferencias significativas entre dos condiciones experimentales determinadas (Kutas & Dale, 1997; Picton, Bentin & Berg, 2000).

Identificar los componentes de los PRE tiene propósitos específicos: en primer lugar provee de un lenguaje para la comunicación de los estudios, paradigmas y campos científicos, otro propósito es que permite integrar los datos electrofisiológicos con otro tipo de medición de la actividad cerebral y quizá el propósito más evidente es que sirven como marcador fisiológico de procesos cognitivos específicos (Picton, Bentin & Berg, 2000); consecuentemente, las derivaciones en el patrón de los PRE es relativo al periodo de línea base que es atribuido al procesamiento cognitivo del estímulo, como se ha mencionado, los componentes del PRE usualmente obtienen sus nombres de la polaridad y latencia de la onda: componentes con deflexiones positivas serán nombrados con una P y los componentes con deflexiones negativas serán nombrados con una N, seguido de esta denominación se provee un número para identificar el momento en que ocurre este componente posterior a la presentación del estímulo (Webb, Monk & Nelson, 2001)

Los PRE se analizan en conjunto con las mediciones conductuales, dado que, si se utilizara para la interpretación únicamente la señal electrofisiológica, representaría algunas

desventajas: la más evidente, es que el significado funcional de un componente o derivación, por sí misma no refleja el significado funcional de las respuestas conductuales, esto al desconocer el evento biofísico específico que subyace a la producción de un potencial determinado. En contraste, cuando se registra una respuesta conductual tan simple como presionar un botón para dar una respuesta, se tiene una mayor claridad para entender la significación de una señal específica reflejada en un componente o derivación (Web, Monk & Nelson, 2001).

Además, la respuesta fisiológica de los potenciales generalmente son tan pequeñas que requiere de un gran número de ensayos para medirla adecuadamente: obtener el efecto de los PRE requiere de cincuenta a cien ensayos por participante en cada condición para poder ser registrada, mientras que las mediciones conductuales como las diferencias en el tiempo de respuesta (TR) puede ser observada sin necesitar muchos ensayos por sujeto en cada condición; además se tiene que considerar algunas cantidades de interferencia implicadas cuando se interpretan mediciones fisiológicas de la cognición, la señal básica es más difícil de interpretar en un experimento con PRE que en un experimento conductual (Web, Monk & Nelson, 2001).

Pero los PRE también tienen algunas ventajas sobre las mediciones conductuales, como proveer una medición 'en línea' del procesamiento del estímulo incluso cuando no hay una respuesta conductual, esta capacidad de monitorear el procesamiento de información en línea es uno de los más grandes avances de la técnica de los PRE (Web, Monk & Nelson); otra ventaja de esta técnica es que el nivel invasión sobre el participante es mínima, dado que puede ser registrada sobre el cuero cabelludo y proporciona

información con gran resolución temporal de la secuencia de eventos neuronales involucrados cuando se producen los procesos cognitivos, lo que permite un mejor análisis temporal de dichas respuestas, sin embargo no tiene la especificidad en la localización de otras técnicas tales como la tomografía por emisión de positrones (PET por sus siglas en inglés) o las imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI por sus siglas en inglés) lo que hace que su capacidad para determinar la relación neuroanatómica específica sea limitada (Kutas y Dale, 1997).

Registro Electrofisiológico

Para obtener los datos electrofisiológicos es necesario tener algunas consideraciones como acomodar los electrodos de acuerdo al sistema de localización denominado montaje, el montaje más utilizado es el sistema 10 – 20 (Luck, 2014; Otten y Rugg, 2005) en este montaje, los electrodos son colocados a una distancia relativa uno de otro a lo largo de un eje antero-posterior y de un eje lateral (cada 10 o 20%), los nombres de los electrodos son derivados de su proximidad a la estructura cerebral subyacente, por ejemplo: el electrodo Fz indica que este electrodo se encuentra sobre la región de la línea media del lóbulo frontal, el electrodo T3 indica que ese electrodo se encuentra en el lóbulo temporal izquierdo, sin embargo la localización topográfica del electrodo no necesariamente indica que la actividad neuronal registrada ocurre en el lóbulo temporal izquierdo (Webb, Monk & Nelson, 2001).

Existen diferentes clasificaciones de los sistemas de registro, la mayor distinción entre los sistemas es la densidad: alta o baja, de los montajes, un montaje de baja densidad

provee de una menor cobertura del cráneo (1 a 32 electrodos) y una de alta densidad provee de una mayor cobertura sobre el cráneo (32 a 256 electrodos), las ventajas de un sistema de alta densidad es que tienen una mejor oportunidad de localizar la fuente utilizado por el promedio de referencia, y una habilidad incrementada de detectar actividad eléctrica subcortical, sin importar que tipo de montaje se vaya a utilizar se deben considerar varias cosas: donde se recolectarán los datos, que hipótesis guiará el análisis de datos y el propósito de las medidas dependientes para el análisis de datos (Handy, 2005).

Como se ha mencionado, las mediciones de los componentes de los PRE pueden hacerse analizando el tamaño o amplitud de la onda y por el tiempo transcurrido desde la aparición del estímulo desencadenante y se pueden denominar de acuerdo a características como polaridad (positiva o negativa), latencia (tiempo transcurrido desde que aparece el estímulo hasta que inicia la derivación de un Potencial), distribución (localización en la superficie del cuero cabelludo) y función de los componentes, es importante mencionar que estos componentes pueden variar en su latencia bajo diferentes condiciones de la tarea o dependiendo de las diferencias entre los grupos de participantes (Kutas y Dale, 1997; Luck, 2014; Otten & Rugg, 2005).

Clasificación de los Potenciales Relacionados a Eventos.

Componentes negativos.

N1: generalmente la onda N100 o N1 sigue a una onda P100, con un subcomponente temprano que tiene un pico entre los 100 y 150 ms posteriores a la presentación de un estímulo visual en electrodos de regiones anteriores, asimismo se ha sugerido que existe un

segundo componente N1 que típicamente aparece entre los 150 y 200 ms en regiones parietales y uno más en la corteza Occipital, el subcomponente N1 Latero-Occipital parece ser más amplio cuando los participantes realizan tareas de discriminación que cuando realizan una tarea de detección; similar a este componente visual el N1 auditivo también tiene diferentes subcomponentes que incluyen un componente Fronto-Central que inicia alrededor de los 75 ms y parece ser generado en la corteza auditiva del lóbulo temporal, otro se observa como un potencial de vértice máximo de origen desconocido que ocurre a los 100 ms, y un componente con una mayor distribución lateral que ocurre alrededor de los 150 ms y parece ser generado por el giro temporal superior. El N1 es sensible a los procesos de atención más automáticas como el proceso de vigilancia (Handy, 2005; Luck, 2014).

N2: estímulos repetitivos o sin objetivo pueden generar una deflexión negativa que puede ser considerada como N2 clásica, este componente se genera entre 180 y 325 ms. posteriores a la presentación de un estímulo visual o auditivo, se han caracterizado distintos subcomponentes de N2. El primer subcomponente presenta una distribución cortical anterior, es llamado potencial de disparidad (MMN por sus siglas en inglés) o N2a auditivo: este componente se presenta cuando se pide al participante identificar un estímulo auditivo discrepante de un grupo o 'set' de estímulos idénticos, el estímulo discrepante generará una gran onda negativa en la región central de la línea media de electrodos y el pico típico de este subcomponente se presenta entre los 160 y 220 ms, el MMN refleja la falta en el procesamiento automático en caso de que otro estímulo se presente ocasionalmente (Luck, 2014).

En caso de que el cambio sea relevante para la tarea, entonces se observará un efecto posterior del N2 al cual se denomina N2b, que se han relacionado con procesos de atención selectiva para detectar los cambios en los estímulos, la distribución de este subcomponente aparece en regiones centrales del montaje de electrodos, también se puede observar un subcomponente que se conoce como N2pc (posterior-contralateral) este componente no se asocia a procesos sensoriales y probablemente refleja el foco de la atención o atención espacial de la localización del estímulo, incluso se puede observar otro tipo de N2 durante tareas de clasificación, este subcomponente aparece en regiones fronto-centrales y se le ha denominado N2c (Handy, 2005; Luck, 2014).

N400: este componente se ha ligado principalmente a funciones del lenguaje, generalmente está asociado con las violaciones a las expectativas semánticas y aparece sobre las regiones central y parietal con una pequeña diferencia en la amplitud entre hemisferios, en el derecho es más amplio, pero se genera primero en el lóbulo temporal izquierdo; también se observa con estímulos no lingüísticos, siempre y cuando sean significativos, este se conoce como N400 ligado a la actividad no verbal (Handy, 2005; Luck, 2014).

Componentes positivos.

P1: es un componente que generalmente inicia entre 60 y 90 ms posteriores al estímulo con un pico máximo entre 100 a 130 ms, la mayor amplitud se observa en electrodos de la región occipital, su latencia es dependiente del contraste del estímulo, se origina en la corteza extra-estirada dorsal (giro occipital medio) y existe un subcomponente posterior

que puede originarse en el giro fusiforme, la onda P1 es sensible a la dirección de la atención espacial y al estado de 'arousal' (Handy, 2005; Luck, 2014).

P3: este componente se observa en tareas que requiere la discriminación de estímulos, una ventaja del P300 respecto a otros componentes de los PRE es su relativo gran tamaño, que hace más fácil detectarlo. Existen dos subcomponentes principales en el rango de la onda P300, que aparece con temporalidades entre 250 a 500 ms., si el subcomponente aparece con latencias más cortas en regiones frontales se le denomina P3a y si aparece en regiones parietales, P3b o P300 clásico (Luck, 2014).

Ambos se generan por estímulos no predecibles o cambios poco frecuentes, pero el P3b aparece cuando el cambio del estímulo es relevante para la tarea, aunque se sabe bastante acerca del efecto de la manipulación de la amplitud y latencia del P300 (específicamente el tipo b), aún no hay un consenso claro acerca de la actividad neuronal o proceso cognitivo que refleja la onda P300, sin embargo, el subcomponente P3a parece ser generado cuando un estímulo adicional es presentado cuando hay un foco atencional suficientemente comprometido y el subcomponente P3b parece ocurrir cuando los recursos atencionales subsecuentes promueven operaciones de memoria en las regiones temporo-parietales (Polich, 2007).

Autores como Donchin (1981) proponen que el P300 está relacionado de alguna forma con los procesos de actualización del contexto, que involucran tanto procesos de atención selectiva y actualización de la memoria: los procesos de actualización de la memoria solo ocurren cuando son activados por un estímulo importante o sorpresivo, lo

cual sugiere que el aumento de la respuesta neural ante eventos importantes o novedosos pueden estar involucrados en la modificación de la memoria cuando se realizan, aunque no es completamente clara la propuesta es la que se toma como la explicación más plausible, finalmente, aunque no se sabe exactamente qué significa el P300, si se conocen los factores que influyen en su amplitud y latencia: la amplitud del P300 es mayor cuando una persona pone más esfuerzo en una tarea, y la latencia de este componente depende del tiempo requerido para categorizar el estímulo, si el estímulo no es novedoso, no se generará el componente.

La latencia del P300 se vuelve más grande cuando se demoran los procesos perceptuales, pero muchos estudios han mostrado que la latencia del P300 no se demora en los ensayos incompatibles del Stroop, indicando que la demora en el TR refleja una demora en algunas etapas post-perceptuales (Duncan-Johnson & Kopell, 1981). Los PRE son muy útiles para determinar en qué etapa o etapas del procesamiento son influenciadas por la manipulación de un experimento dado (Luck, Woodman, & Vogel, 2000).

Potenciales Relacionados a Eventos Durante el Desarrollo

Como se mencionó, los PRE proveen una de las herramientas no invasivas de mayor utilidad para medir la relación entre la maduración de la actividad cerebral y la conducta desde el nacimiento, debido a la alta resolución temporal de los PRE se pueden hacer inferencias en la cronometría mental de un sistema dado y no requiere de un exceso de respuestas conductuales o verbales y permite el estudio de fenómenos que no pueden ser estudiados simplemente por la respuesta conductual sirviendo de complemento a este tipo

de análisis permitiendo vislumbrar más sobre los circuitos neuronales subyacentes a una conducta; es una técnica que permite medir un gran rango de edades a lo largo de la vida, pero principalmente en edades, como en preescolares, donde no se recomienda utilizar técnicas de neuroimagen como la resonancia magnética funcional, o pueden presentarse algunos obstáculos al utilizar esta técnica en población infantil, especialmente si son niños pequeños: como la capacidad limitada de la atención y una capacidad restringida de repertorio conductual (DeBoer, Scott & Nelson, 2005).

Respecto a los PRE, más allá de las consideraciones a tomar respecto a los paradigmas utilizados, se debe tener presente los cambios asociados al desarrollo que aparecen en la morfología de los componentes de los PRE que se observan en adultos algunas veces difíciles de describir en poblaciones de menor edad, e incrementan la dificultad de explicar a través de estos componentes de naturaleza multifacética, tanto de la morfología como temporalidad de los componentes de interés: los cambios en la medición que se deben contemplar incluye la disponibilidad, cualidades y validez de la medición conductual. Los cambios más grandes durante el desarrollo son la densidad sináptica, mielinización y otros procesos de maduración fisiológica pueden combinar para influir en la amplitud, latencia y topografía ya sea incremento o decremento a lo largo de diferentes años de vida (Handy, 2005).

Consideraciones para el registro de PRE en Población Infantil.

Existen muchos factores durante las sesiones para registrar PRE en grupos de edad infantil que lo hacen diferir de los registros con adultos, en todo registro se debe tener en

consideración el tiempo de duración incluyendo la preparación del participante, así como el número de ensayos necesarios para tener un buen registro, a veces durante un registro los niños llegan a ser inatentos, inquietos o quisquillosos, se recomienda que el investigador se sienta cerca del participante y dirija la atención del niño hacia el monitor y se recomienda que para la obtención de los PRE, se utilicen los siguientes parámetros cuando se trabaje con niños de 3 meses a 6 años de edad: Factor de amplificación a 20,000 y tasa de muestreo de 200 Hz.

Otra consideración que se debe tener en cuenta es el número de participantes requeridos para obtener el poder suficiente que permita detectar resultados significativos: entre más pequeña sea la edad de los participantes, se tendrá más variabilidad de la respuesta de los PRE, aunque los PRE son considerados como una técnica no invasiva, la preparación y participación en este tipo de estudios pueden requerir de una cantidad considerable de paciencia y cooperación por parte de los participantes y las poblaciones en desarrollo no es tan fácil conseguir esto dado que el estado emocional o conductual de un niño pequeño es extremadamente variable (Hyden, 2005).

Como en cualquier otro estudio de investigación, se deben controlar diversos factores que pueden influir sobre la variable dependiente, aunque puedan existir criterios de exclusión específicos de acuerdo a cada hipótesis, tipo de población y edad de interés se deben documentar todas las posibles influencias que puede tener un registro de PRE: edad, sexo, problemas sensoriales, mediación, trastornos neurológicos o psiquiátricos, dominancia manual, sin olvidar las dificultades pre o posnatales como prematuridad, tamaño de la cabeza, volumen de memoria y evaluación de inteligencia, incluso se debe tener en

cuenta la hora del día y las habilidades cognoscitivas que ya se han desarrollado en un niño de determinada edad (Hyden, 2005).

Amén de lo anterior, cuando se selecciona un grupo de niños para participar en un estudio, es necesario proveer las razones fundamentales para trabajar con ese grupo determinado, cómo explicar los cambios que ocurren a nivel fisiológico o neurológico durante cierto periodo de su desarrollo, o los cambios en la conducta que se ha hipotetizado está relacionado con los cambios en los substrato durante tiempos de desarrollo específicos, se debe tener en cuenta que tal relación es asociativa, no causal; una recomendación adicional es que no se combinen los grupos de estudio por más de 1 año en estudios donde participen niños de edad preescolar (DeBoer, Scott & Nelson, 2005).

Componentes de los PRE asociados al Control Inhibitorio y la Atención durante el desarrollo.

La naturaleza no invasiva de la evaluación del EEG lo hace particularmente adecuado para el estudio de los procesos cognitivos en infantes y preescolares, durante el desarrollo, se pueden identificar algunos componentes específicos de los PRE desde edades tempranas: como los componentes N200 y P300.

En la versión de dos estímulos del paradigma Oddball, los estímulos raros ‘target’ evocan una gran onda N200 sobre el parietal, temporal y occipital, seguido de una onda P300 o P3b en regiones parietales (Somani & Shukla, 2014), que también es sensible a los estímulos raros, similar a esta asociación entre los componentes N200 posterior o N2C y

P300 parietal o P3 aunque en población infantil se puede observar en temporalidades posteriores a la que se refleja en los adultos: generalmente entre los 300 y 600 milisegundos (Bartgis, Lilly & Thomas, 2003; Lavoie, Roaber, Stauder, Glorieux & Lefebvre, 1998; Stauder, Molenaar & Van Der Molen, 1999). ondas que han sido asociadas con los procesos cognoscitivos que participan en diferentes aspectos de la atención selectiva (Satterfield, Schell, Nicholas, Satterfield & Freese, 1990), en general la onda N2 se asociaría con procesos discriminativos y la onda P3 podría reflejar una fase subsecuente que involucra la selección de estímulos y podría ser considerado como un componente de la respuesta de orientación (Donchin, 1981; Hillyard & Picton, 1987). Donchin (1981) propone que los atributos que caracterizan a la respuesta de orientación son similares a los atributos correspondientes al P300, esta actividad puede estar asociada con una intensa actividad del sistema noradrenérgico, cuyo origen se encuentra en el locus cerúleo, este núcleo aumenta su actividad cuando se presentan incrementos de cargas de atención en el medio externo, y puede ser disparado por un estímulo inesperado, como los que generan el P3b parietal (Foote, Bloom & Aston-Jones, 1983).

Se observa un patrón similar en los componentes N200 o N2b frontal generado por ensayos NoGo, y el componente P300 frontal o P3a, también permite distinguir los procesos de atención que participan en la resolución de cada tipo de tarea. la mayoría de los estudios en niños con edades entre los 3 y 5 años reportan que se puede observar una gran amplitud del componente N200 en regiones Cz (Berger et al., 2013; Buss et al., 2011; Jonkman, 2006; Espinet et al., 2012; Espinet, et al. 2013; Lahat, Mahy & Zelazo, 2010), Fz (Buss et al., 2009, Espinet et al., 2012, 213; Lahat, Mahy & Zelazo, 2010) Fcz (Espinete et al., 2012; Espinet et al., 2013; Lahat, Mahy & Zelazo, 2010) Pz (Espinete, et al., 2012;

Espinet, et al., 2013; Jonkman, 2006; Lahat, Mahy & Zelazo, 2010) emocional, con una latencia que va de los 350 a los 472 milisegundos, con un pico máximo cercano a los 400 milisegundos.

El P3a o P300 de la novedad también se le ha ligado con procesos de atención selectiva, que correspondería a un aspecto de la respuesta de orientación o procesos de atención-orientación y que se observa como una onda positiva en la región fronto-central que aparece entre los 300 y 520 milisegundos en adultos, con una mayor amplitud ante los estímulos raros, por otro lado, el P3b ha sido ligado con la relevancia de la tarea y la decisión en relación a la naturaleza del estímulo de la tarea, que puede considerarse como un indicador de la atención selectiva y procesos de actualización de la memoria, este componente se observa como una onda positiva en la región centro-parietal que aparece entre los 320 y 560 milisegundos en adultos (Polich, 2007).

El componente P3a (frontal) se asocia principalmente con tareas de conflicto como el paradigma Go/NoGo y P3b (parietal) se ha asociado principalmente en tareas tipo Oddball, paradigma que ha sido utilizado extensamente para identificar y localizar los componentes electrofisiológicos asociados a la atención que se genera cuando el participante detecta un estímulo poco esperado (Sutton et al. 1965). En el paradigma Oddball al participante se le presentan dos (o más cuando un estímulo distractor es incluido) estímulos diferentes que tienen que ser discriminados, los estímulos pueden diferir en las características de los estímulos y se presentan con dos probabilidades de aparición: frecuente (80%) y no frecuente o raro (20%), el estímulo no frecuente es generalmente designado como el estímulo 'target' y los participantes se les instruye a responder a estos estímulos 'target'

(Polich, 2007).

La amplitud de P300 puede ser vista como un índice de una gran cantidad de recursos cognitivos en los participantes (Polich, 2007). Sin embargo, la modalidad visual de la tarea Oddball ha sido poco estudiado en población preescolar, los estudios con niños más pequeños que se han reportado, reportan poblaciones de 5 años, con latencias reportadas en temporalidades similares a las descritas en las tareas de inhibición (Lavoie et al., 2009; Stauder, Molenaar & van der Molen, 1993; Stauder, Molenaar, Maurits & van der Molen, 1999).

En un paradigma Oddball estándar el componente P3a no puede ser identificado fácilmente y quizá, se sobreposiciona a una onda más pronunciada del componente P3b, este componente se puede observar inicialmente alrededor de los tres años de edad, con un incremento notable en su amplitud alrededor de los 3.7 años (Courchense, Elmasian & Yeung-Courchense, 1986), estos autores sugieren que el tiempo en que emerge este componente ocurre en paralelo a la emergencia de los sistemas de memoria mediados por el hipocampo, de igual forma que el desarrollo de la inhibición interna que iniciará su desarrollo casi al mismo tiempo, entre los 3 y 4 años (Reed, Pien & Rothbart (1984).

Estudios posteriores ha sugerido que el componente P3a puede reflejar un estado posterior del control inhibitorio que está relacionado cercanamente con la inhibición de las respuestas motoras (Donkers & Van Boxtel, 2004) y el paradigma Go/NoGo (Ciesielski, Harris & Cofer, 2004; Lahat, Todd, Mahy, Lau & Zelazo, 2010; Todd, Lewis, Meusel & Zelazo, 2008). Se ha planteado, que en caso de estar asociado con el control inhibitorio será

solo como un reflejo del esfuerzo atencional (Todd, et al., 2008) ya que se ve afectado tanto por el contenido del estímulo como por la probabilidad de aparición del mismo (Ciesielski, et al., 2004).

Las conclusiones de los estudios con niños entre 4 y 5 años refieren que el componente P300 asociado a tareas de control inhibitorio puede observarse en regiones Pz, Cz y Fz (Rueda, et al., 2004; Soltész, et al., 2011; Spronk, et al., 2008; Chang, Tsai, Chen, Hung, 2013), entre los 500 y 600 milisegundos, sin embargo, Silva-Pereyra et al. (2009) sugieren que el componente P300 asociado a las respuestas NoGo y P3a pueden ser variantes del mismo subcomponente, y por tanto ser un reflejo de la atención automática y puede ser generado cuando un estímulo es procesado con suficiente foco atencional.

A diferencia del componente N200, el patrón de desarrollo del P300 muestra un incremento progresivo de amplitud y una latencia más temprana asociada a la edad, así como una distribución más parietal en los niños pequeños en comparación con otros grupos de edad más grandes y con adultos (Chang et al., 2013), otro dato relevante, es que este componente es más amplio en las tareas NoGo que en las Go (Rueda et al., 2004), y los niños son más susceptibles a la interferencia (Soltész et al., 2011).

Por lo que las diferencias en las características del componente P300 pueden reflejar diferencias en los procesos cognitivos durante el desarrollo: los niños típicamente muestran latencias mucho mayores que los adultos, por tanto, el P300 no solo está involucrado en tareas de atención y actualización de memoria, sino que puede interactuar también en el control de respuestas motoras ante señales externas. En las tareas Go/NoGo está más

relacionado con el control de las respuestas en los ensayos NoGo y, por ende, ser predictivas de una función ejecutiva en niños de edad preescolar y la infancia intermedia (Brydges, Fox, Reid, & Anderson, 2014; Pettel & Azzam, 2005). Como se ha mencionado los procesos evaluados por estos paradigmas, que guardan gran similitud en los componentes fisiológicos se han descrito por separado y no se han reportado estudios donde se analice tanto el desempeño conductual como los componentes electrofisiológicos en los mismos participantes, es decir, se han reportado por separado, pero no se han analizado en conjunto.

Planteamiento del problema y Justificación

El control inhibitorio conlleva procesos que se desarrollan rápidamente durante la infancia, con gran relación a los momentos de maduración de la corteza prefrontal (Goldman Rackic, 1987), y aunque alcanzan su madurez hasta la edad adulta, desde la edad preescolar se presentan periodos significativos de desarrollo y es, en esta etapa de la vida en que dichos procesos logran presentar características funcionales que pueden ser medibles cuantitativamente (Anderson, 2002) reflejado en la velocidad y precisión para realizar tareas de control inhibitorio con más precisión. Como se ha mencionado previamente, es importante realizar mediciones tanto conductuales como de reportes de observación.

Algunas de las conclusiones de los estudios que han utilizado la técnica de PRE con tareas Go/NoGo se ha descrito el componente N200 entre los 350 y 470 milisegundos en niños de edad preescolar, sin embargo se ha interpretado que este componente podría tener más asociación con el proceso de monitoreo de conflictos que con el del control inhibitorio (Espinete et al., 2012; Espinete et al., 2013) y en caso de estar asociado al control inhibitorio será solo como un reflejo del esfuerzo atencional (Todd et al., 2008; Silva-Pereyra, 2009) dado que se ve afectado tanto por el contenido del estímulo como por la probabilidad de aparición (Ciesielski et al., 2004).

Otro componente que se ha ligado en una mayor medida al control inhibitorio es un componente reportado entre los 500 y 600 milisegundos en estas edades, el cual se ha equiparado al P300 que se registra en adultos, estas diferencias en las latencias, así como en la amplitud de las ondas se han relacionado con una variedad de factores de maduración,

como el tamaño del cerebro, grosor del cráneo y densidad sináptica (Hyden, 2005), por tanto, es importante examinar los cambios en este componente ante procesos de atención por medio de tareas Oddball y distinguirlo de los procesos de control inhibitorio por medio de tareas Go/Nogo, dado que la gran mayoría de los estudios de control inhibitorio en esta población es por medio de tareas visuales, particularmente con el paradigma Go/Nogo, aunado a que hasta donde se pudo revisar en la literatura, existen muy pocos trabajos que analicen el componente P300 con tareas Oddball visual en niños de 4 y 5 años, y que no se han reportado estudios donde se analicen los componentes descritos utilizando estos dos paradigmas en la misma población infantil, es que se plantea la siguiente pregunta de investigación.

Objetivo General

Determinar el índice de efectividad en procesos de inhibición y atención en niños sanos de 4 y 5 años, así como describir las características de los componentes de los Potenciales Relacionados a Eventos asociados a estos procesos por medio de las tareas Go/NoGo y Oddball.

Objetivos específicos.

Distinguir el desempeño conductual en niños sanos de 4 y 5 años, por medio del índice de ejecución en tareas de control inhibitorio (Go/NoGo) y atención (Oddball).

Analizar las variaciones en la latencia y amplitud de los componentes de los potenciales relacionados a eventos en niños sanos de 4 y 5 años, por medio de los paradigmas Go/NoGo y Oddball.

Hipótesis

H1. El índice de ejecución conductual en la tarea Go/NoGo del grupo de 5 años mostrará diferencias significativas, mostrando un mayor índice de ejecución en comparación con el grupo de 4 años.

H2. El índice de ejecución conductual en la tarea Oddball del grupo de 5 años mostrará diferencias significativas, mostrando un mayor índice de ejecución en comparación con el grupo de 4 años.

H3. Los componentes de los potenciales relacionados a eventos mostrarán diferencias tanto en la latencia como en la amplitud entre las condiciones del paradigma Go/NoGo (respuesta/no respuesta) y el grupo de edad, con diferencias significativas en las temporalidades de 301 a 600 ms.

H4. Los componentes de los potenciales relacionados a eventos mostrarán diferencias tanto en la latencia como en la amplitud entre las condiciones del paradigma Oddball (frecuente/no frecuente) y el grupo de edad, con diferencias significativas en las temporalidades de 301 a 600 ms.

Definición de las Variables

Variable independiente/atributiva.

Edad de desarrollo: se consideró como variable atributiva la edad cronológica del niño al momento de participar en el estudio, divididos en 2 grupos de edad: 4 y 5 años.

Variables Dependientes.

Control Inhibitorio: el desempeño de ejecución del control inhibitorio se obtuvo a través del índice *Pr* de Snoddgrass y Corwin (1981) en la tarea Go/NoGo, este índice se obtiene al restar el número de respuestas incorrectas en los ensayos Go (Falsa alarma) a las respuestas detenidas en forma correcta en los ensayos NoGo (Correcto).

Procesos de atención: el desempeño de ejecución de los procesos ligados a la atención se obtuvo a través del índice *Pr* de Snoddgrass y Corwin (1981) en la tarea Oddball, este índice se obtiene al restar el número de respuestas incorrectas en los ensayos frecuentes (Falsa alarma) a las respuestas correctas de los ensayos no frecuentes (Correcto).

Componentes electrofisiológicos: Amplitud media de la actividad eléctrica en las condiciones: para la tarea Go/NoGo se contemplan las condiciones de respuesta (Go) y las de no respuesta (NoGo) y para la tarea Oddball se contemplan las condiciones de estímulos frecuentes y estímulos no frecuentes. La amplitud media es el promedio de la amplitud alcanzada por cada uno de los puntos comprendidos cada 100 milisegundos en un intervalo de un segundo posterior a la presentación de un estímulo con respecto a 200 milisegundos de línea base previos a la presentación del estímulo.

Método

Participantes

Participaron 60 niños divididos en dos grupos de edad: 4 y 5 años. Sin embargo, se reportan los datos conductuales de 21 participantes en el grupo de 4 años y 22 participantes en el grupo de 5 años, la exclusión de participantes fue por dos razones: 9 participantes se negaron a concluir la totalidad de bloques de tareas, además se detectó que 8 participantes mostraron una tendencia de respuesta continua sin importar el tipo de estímulo (respondían a todos los estímulos), esto se observó particularmente en el último bloque de las tareas.

Todos los participantes fueron diestros, sin presencia de problemas de conducta, aprendizaje o lenguaje, reportado por medio de una entrevista semidirigida a los padres, más del 90% de personas entrevistadas eran las madres de los participantes, la edad promedio de escolaridad de los padres del presente estudio se estableció en 9 años de escolaridad. Los participantes obtuvieron un C.I. dentro del rango normal para población mexicana (Media 96.56, DE: 9.03) determinado por medio de la Escala de inteligencia para los niveles preescolar y primario – III (Wechsler, 2002).

En el análisis fisiológico se reportan los datos de 24 participantes: 12 niños en cada grupo de edad, la exclusión de participantes fue con base en dos criterios: 1) los participantes no tuvieron suficientes respuestas correctas para poder analizar las épocas y los promedios de las condiciones particulares en ambos paradigmas, 2) la presencia excesiva de artefactos oculares y de movimiento muscular en los registros

electroencefalográficos que impedían su análisis.

Instrumentos de selección

Se aplicaron las subpruebas de vocabulario, diseño con cubos, matrices, información, conceptos con dibujos, pistas y claves de la Escala de inteligencia Wechsler para los niveles preescolar y primario - III (WPPSI-III: Wechsler, 2002), las cuales permiten obtener el Coeficiente de Inteligencia Total o 'CIT' del protocolo de registro para edades de 4 a 7.3 años. Así como una entrevista semidirigida para descartar la presencia de alteraciones del neurodesarrollo y psiquiátricas.

Tareas experimentales

En la tarea Go/NoGo se utilizaron 2 tipos de estímulos en forma de frutas (Figura 3), la frecuencia de presentación de los estímulos fue de 30% para los ensayos NoGo (zarzamora) y 70% para los ensayos Go (Pera). La tarea se dividió en dos bloques de presentación, se utilizaron 36 estímulos NoGo y 84 estímulos Go en cada bloque de presentación, mismos que fueron proyectados en un monitor con fondo blanco y contraste moderado, con un ángulo visual vertical de 5° y un ángulo horizontal de 4.3°, por medio del programa E-Prime 2.1, el participante fue colocado a 1 m del monitor.

En esta tarea, se le contó la historia de un granjero a modo de consigna, el cual debía recolectar específicamente las peras, las cuales se podían recoger al presionar un botón (se le indicó cual en la caja de respuestas), y que las otras frutas (que el total de participantes nombraron uvas) no le servían al granjero, posterior a eso se le

proporcionaron 10 ensayos de prueba para preparar la tarea, una vez terminado el bloque de prueba, iniciaba el bloque experimental.



Figura 3. Distribución temporal de los ensayos para la tarea Go/No-Go: sección superior para ensayos Go, sección inferior para ensayos NoGo.

En la tarea Oddball se utilizaron 2 estímulos en forma de siluetas humanas (Figura 4), la frecuencia de presentación de los estímulos fue de 30% para los ensayos no frecuentes (en color rojo) y 70% para los ensayos frecuentes (en color azul). La tarea se dividió en dos bloques de presentación, se utilizaron 36 estímulos ‘Odd’ y 84 estímulos Frecuentes en cada bloque de presentación, mismos que fueron proyectados en un monitor con fondo blanco y contraste moderado, con un ángulo visual vertical de 6° y un ángulo horizontal de 4.5°, por medio del programa E-Prime 2.1, el participante fue colocado a 1 m del monitor.

En esta tarea, se le contó una situación de niños que se ‘portaron mal’ en la escuela y debían señalarlos para que la maestra supiera que niño se portó mal, estos niños se identificaban por el color rojo, y se señalaban por medio de presionar un botón (que se le indicaba en la caja de respuestas), los otros niños no se ‘habían portado mal’, así que no era necesario señalarlos, posterior a eso se le proporcionaron 10 ensayos de prueba para preparar la tarea, una vez terminado el bloque de prueba, iniciaba el bloque experimental.

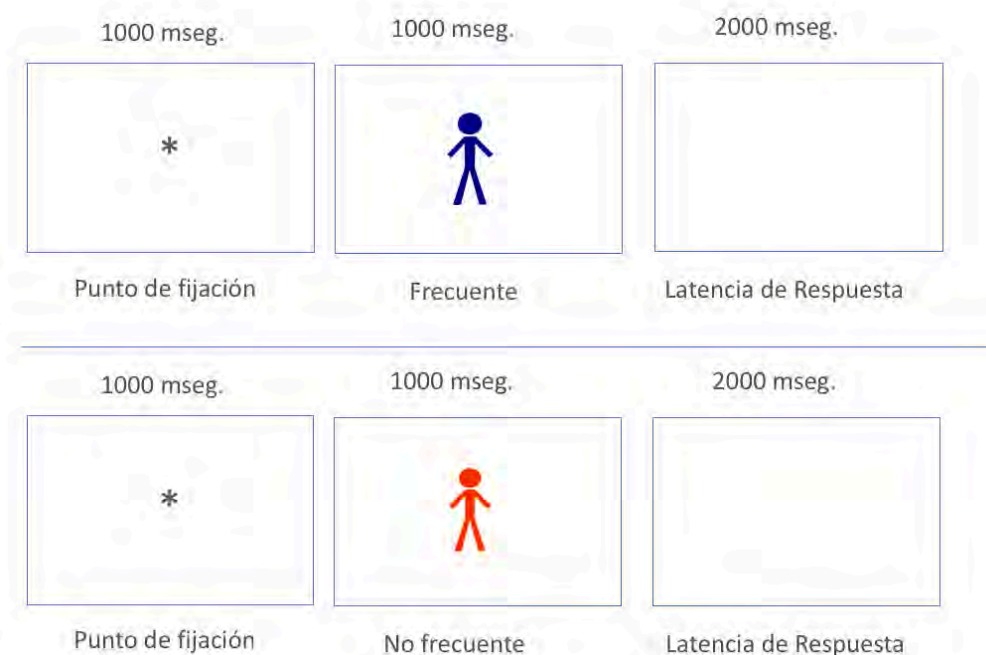


Figura 4. Distribución temporal de los ensayos para la tarea Oddball: sección superior para estímulos frecuentes, sección inferior para estímulos infrecuentes.

Procedimiento

Los participantes asistieron a dos sesiones. Los padres de los participantes firmaron un consentimiento informado, y se solicitó el asentimiento verbal de los niños para su participación en el estudio. En la primera sesión se realizó una breve entrevista semidirigida

sobre antecedentes neurológicos y psiquiátricos de los niños a los padres de los participantes, y se aplicó la prueba WPPSI-III a aquellos niños que no presentaban antecedentes de alteraciones del neurodesarrollo o alteraciones psiquiátricas, así como no presentar alteraciones comportamentales evidentes en los centros preescolares a los que asistían o en casa, esta sesión duró en promedio 65 a 70 minutos.

En la segunda sesión los participantes que cubrían los criterios de inclusión realizaron las tareas Go/NoGo y Oddball, que fueron aplicadas en forma contrabalanceada, mientras se registraba la actividad electroencefalográfica dentro de una cámara tipo Faraday, a la cual se tuvo que remover la puerta para que los niños pudieran tener contacto inmediato con sus padres si así lo solicitaban verbalmente.

Esta sesión duró alrededor de 80 minutos y se inició con la colocación de los electrodos en forma individual (de acuerdo al sistema 10-20 y electrodos intermedios entre las regiones Frontal y Central: ‘electrodos FC’, así como entre las regiones Central y Parietal: ‘electrodos CP’), posterior a esto se colocó al niño en una silla a un metro del monitor de computadora, se le solicitó colocar el dedo índice derecho en el botón 1 de la caja de respuestas.

Se solicitó a los participantes que trataran de permanecer sin moverse, evitar parpadear y hablar cuando emitiera las respuestas. Se le indicó que podía parpadear cuando apareciera un punto de fijación (en forma de asterisco) en la pantalla.

Tareas

Para la tarea Go/NoGo se contemplaron 240 ensayos, divididos en dos bloques de 120 ensayos, con un intervalo inter-estímulos de 4000 milisegundos, la distribución de los ensayos correspondía a un 70% para los estímulos Go y un 30% de estímulos NoGo, considerando que existen diversos factores que pueden explicar este patrón de respuestas: los índices y/o promedios de ejecución de la tarea Go/NoGo, son sensibles a los parámetros que se utilizan, como el tiempo de presentación de los estímulos (Simpson & Riggs, 2006), el porcentaje de distribución de los ensayos Go y NoGo, así como procesos de atención implicados en el reconocimiento de los estímulos particulares para cada condición (Berwid et al., 2005). La tarea OddBall se adaptó para que coincidiera con los tiempos de presentación de estímulos propuestos para la tarea Go/NoGo, así como con la distribución de porcentajes de las condiciones: 70% para los ensayos frecuentes y 30% para los no frecuentes, esta distribución de porcentajes también ha sido utilizada en tareas OddBall visual en estudios previos con niños de edad similar (Stauder, Molenaar & van der Molen, 1993, 1999). La duración de cada bloque en ambas tareas fue de 8 minutos y se proporcionó un lapso de descanso promedio de 5 minutos entre cada bloque.

Cada ensayo iniciaba con el punto de fijación, que se presentaba por 1 segundo, seguido de un estímulo que también se presentaba por 1 segundo, el participante contó con un lapso de 3 segundos a partir del inicio del estímulo para emitir una respuesta (Figuras 1 y 2). En la tarea Go/NoGo se esperaban respuestas en 84 estímulos Go y no se esperaban respuestas en 36 estímulos NoGo. En cambio, en la tarea Oddball se esperaban respuestas en 36 estímulos No-frecuentes y no se esperaban respuestas en el 84 estímulos Frecuentes.

Registro Electrofisiológico.

Los potenciales relacionados a eventos se registraron por medio de 24 electrodos de plata (Fz, F3, F4, F7, F8, FCz, FC3, FC4, Cz, C3, C4, CPz, CP3, CP4, Pz, P3, P4, T3, T4, T5, T6, Oz, O1, O2) con referencia en lóbulo de la oreja, y con un electrodo tierra en la región central. El electrooculograma (EOG) se registró con dos electrodos colocados, uno en la parte lateral del ojo derecho y otro en la región supraorbital del mismo ojo. El registro se hizo con una banda de 0.1 a 500 Hz, con un filtro de bloqueo para 100 Hz y con una tasa de muestreo de 512 Hz. Para el análisis fuera de línea se empleó un filtro bajo de 30 Hz con 12 dB de atenuación. La ganancia del EEG fue de 20,000 y la del EOG de 10, 000. La impedancia de los electrodos fue menor a 5k Ω .

Se realizó un procedimiento de corrección fuera de línea para reducir los artefactos oculares: en esta calibración de artefactos, los parpadeos fueron detectados inicialmente en forma manual (un mínimo de 20 parpadeos para establecer el criterio de comparación), en cada uno de los bloques de las dos tareas propuestas y así poder determinar una respuesta promedio de parpadeos de cada participante. Posterior a determinar el promedio de parpadeos, se realizó un procedimiento de regresión en forma automática de las amplitudes máximas de parpadeos con referencia en el electrodo del electrooculograma vertical-horizontal (VHEOG) en comparación con el resto de la actividad en los diferentes canales registrados del EEG, después de esta revisión cuidadosa de las derivaciones estándar y de topografía de los componentes (principalmente de la región frontal), así como la realización del procedimiento de regresión, los coeficientes fueron utilizados para remover los parpadeos del registro de EEG en forma automática en el programa Neuroscan 4.3.

Obtención de los Potenciales Relacionados a Eventos.

La duración de las épocas fue de 1.2 segundos, iniciando 0.2 segundos antes de la presentación del estímulo. En la tarea Go/NoGo se obtuvieron los potenciales relacionados a eventos en función del tipo de estímulo: un promedio de 25 (mínimo 20 – máximo 30) épocas para los estímulos Go y un promedio de 17 (mínimo 14 – máximo 24) épocas para los estímulos NoGo en el grupo de 4 años y de 16 épocas (mínimo 12 – máximo 30) para el grupo de 5 años. En la tarea Oddball se obtuvieron los potenciales relacionados a eventos en función del tipo de estímulo: un promedio de 25 (mínimo 20 – máximo 30) épocas para los estímulos frecuentes y un promedio de 18 (mínimo 15 – máximo 27) épocas para los estímulos no frecuentes en ambos grupos de edad.

Análisis de Datos

La ejecución de las condiciones fue analizada por medio del índice de discriminación Pr (Snoddgrass & Corwin, 1981), este índice presenta resultados similares al índice de discriminación d' del modelo de detección de señales, el cual provee un indicador del grado de involucramiento en las respuestas: volitivas o estocásticas (Green & Sweets, 1966).

Para determinar las diferencias entre grupos en las condiciones que se presentaron en cada una de las tareas se realizaron pruebas t para grupos independientes tanto para los índices de ejecución Pr , como para los tiempos de reacción de cada tarea.

Asimismo, los datos electrofisiológicos (amplitud media de los PRE) se analizaron con ANOVA mixtos, con corrección del supuesto de esfericidad con el método de

Greenhouse y Geisser (Jennings y Wood, 1976). Considerando el tipo de estímulo (Go/NoGo) y (Frecuente/Raro), las regiones (FrontoCentral/Central/CentroParietal/Parietal) y ubicación de los electrodos (Izquierda/Centro/Derecha) como factores intrasujetos y el grupo de edad como factor intersujetos, se realizó la prueba HSD de Tukey como prueba posthoc para determinar la variabilidad correspondiente cuando se presentaron diferencias significativas.

Resultados

Resultados conductuales

En la tabla 2 se muestran los porcentajes de ejecución conductual sin corrección de ambos grupos en la tarea de inhibición, en la tabla 3 se muestran los tiempos de reacción (TR) para ensayos correctos de los ensayos Go y de los errores en los ensayos NoGo.

Tabla 1.

Porcentaje de ejecución y desviación estándar entre paréntesis, del total de ejecución en la tarea Go/NoGo.

Tipo de ensayo	4 años	5 años
Go Correcto (Rechazo acertado)	78.5 (17.6)	86.1 (15.5)
Go Incorrecto (Falsa Alarma)	21.6 (17.6)	13.9 (15.5)
NoGo Correcto (Acierto)	72.0 (22.9)	75 (13.5)
NoGo Incorrecto (Error)	28.1 (22.9)	25 (13.5)

Tabla 2.

Promedio y desviación estándar entre paréntesis, de los promedios de TR en ms. en la tarea Go/NoGo.

Tipo de ensayo	4 años	5 años
Go Correcto (Rechazo acertado)	654 (105)	575 (66)
NoGo Incorrecto (Error)	587 (168)	516 (114)

En la tabla 4 se muestran los porcentajes de ejecución conductual sin corrección de ambos grupos en la tarea de atención Oddball, en la tabla 5 se muestran los tiempos de reacción (TR) para ensayos correctos de los ensayos No frecuentes y de las falsas alarmas en los ensayos Frecuentes.

Tabla 3.

Porcentaje de ejecución y desviación estándar entre paréntesis, del total de ejecución en la tarea Oddball.

Tipo de ensayo	4 años	5 años
No Frecuente Correcto (Acierto)	79.4 (15.7)	90.3 (8.4)
No Frecuente Incorrecto (Error)	20.6 (15.7)	9.7 (8.4)
Frecuente Correcto (Rechazo acertado)	81.1 (25.8)	93.1 (9.5)
Frecuente Incorrecto (Falsa Alarma)	18.9 (25.8)	6.9 (9.5)

Tabla 4.

Promedio y desviación estándar entre paréntesis, de los promedios de TR en ms. en la tarea Oddball.

Tipo de ensayo	4 años	5 años
No Frecuente Correcto	680 (152)	613 (80)
Frecuente Incorrecto	668 (188)	613 (192)

El índice *Pr* de ejecución de la tarea Go/NoGo corresponde a una tendencia de respuestas más estocástica en el grupo de 4 años y una ligera tendencia a la respuesta autodirigida en el grupo de 5 años. Respecto a la tarea Oddball, el índice *Pr* de ejecución corresponde a una ligera tendencia de respuesta autodirigida en el grupo de 4 años y a una mayor tendencia a este tipo de respuesta en el grupo de 5 años (Tablas 5 y 6). Asimismo, se puede observar que el rango mínimo de puntuaciones índice es más amplio y variante en el grupo de 4 años.

Tabla 5.

Índice *Pr* de ejecución, desviación estándar entre paréntesis, rangos mínimos y máximos en cada bloque y en el total de ejecución en las tareas Go/NoGo.

Tarea	Grupo	N	Índice (D.E.)	Mínimo	Máximo
Go/NoGo	4 años	21	.46 (.31)	-.2	.87
Primer Bloque	5 años	22	.61 (.16)	.27	.88
Go/NoGo	4 años	21	.50 (.29)	-.7	.85
segundo Bloque	5 años	22	.61 (.16)	.29	.90
Go/NoGo	4 años	21	.48 (.28)	-.4	.83
Total	5 años	22	.61 (.14)	.45	.89

Tabla 6.

Índice *Pr* de ejecución, desviación estándar entre paréntesis, rangos mínimos y máximos en cada bloque y en el total de ejecución en las tareas Oddball.

Tarea	Grupo	N	Índice (D.E.)	Mínimo	Máximo
Oddball	4 años	21	.66 (.25)	.2	.92
Primer Bloque	5 años	22	.83 (.12)	.50	.96
Oddball	4 años	21	.62 (.32)	.6	1
segundo Bloque	5 años	22	.83 (.12)	.56	1
Oddball	4 años	21	.64 (.27)	.4	.93
Total	5 años	22	.83 (.08)	-.2	.87

El análisis de los porcentajes de ejecución en la tarea Go/NoGo no se observaron diferencias en la ejecución de los grupos de 4 y 5 años, ($t_{41} = -.780$, $p = .440$), como se muestra en la tabla 1. Respecto a los tiempos de reacción de los ensayos Go, no se observan diferencias en los tiempos de reacción entre los grupos de edad ($t_{41} = 232$, $p = .818$), situación similar para los ensayos NoGo ($t_{41} = .870$, $p = .390$), como se muestra en la tabla 2.

El análisis de los porcentajes de ejecución en la tarea Oddball se observaron diferencias en las ejecuciones de los grupos de edad ($t_{41} = -2.820$, $p = .008$), con mayor índice de efectividad en el grupo de 5 años, en comparación con el grupo de 4 años, como

se muestra en la Tabla 3. Respecto a los tiempos de reacción de los ensayos No Frecuentes, no se observan diferencias en los tiempos de reacción entre los grupos de edad ($t_{41} = -.147$, $p = .884$); en los ensayos Frecuentes si se observaron diferencias significativas entre los grupos de edad ($t_{41} = 2.313$, $p = 0.026$), con mayor impulsividad en el grupo de 5 años en los errores de comisión (respuestas en ensayos Frecuentes), tal como se muestra en la tabla 4.

Resultados Fisiológicos

Los resultados para la amplitud media obtenidas en los electrodos FC3, FCz, FC4, C3, Cz, C4, CP3, CPz, CP4, P3, Pz, P4 para las tareas Go/NoGo y Oddball en los grupos de edad

Control Inhibitorio.

Tabla 7.
Resultados del ANOVA de medidas repetidas sobre la amplitud media en las diferentes épocas analizadas en el paradigma Go/NoGo

Tempo ralidad en ms.	Cond*Grupo	Cond*Región	Cond*Ubica	Cond*Region*	Cond*Ubica*	Cond*Reg*	Cond*Reg*
	F _{1,46}	F _{3,138}	F _{2,92}	F _{3,138}	F _{2,92}	F _{2,92}	F _{6,276}
0-100	0.01204	0.0768	1.67905	2.8653	0.32879	1.41469	1.27699
101-200	0.10806	7.79752	2.3514	2.86745	0.6694	0.81362	0.99754
201-300	0.10371	0.55173	0.376	0.17223	1.02011	0.86385	0.12508
301-400	3.7679 (p.06)	0.7356	0.2743	0.8989	0.9836	1.4337	0.1825
401-500	3.4752 (p.07)	0.38659	0.5637	1.39159	0.75249	0.85106	1.44998
501-600	0.887708	1.726688	0.367413	1.140258	0.380298	0.497784	0.465482
601-700	0.43589	0.57925	1.44653	0.69062	1.49423	0.95766	1.80547
701-800	0.05302	0.44744	0.39155	1.60809	0.18715	2.86066	1.3557
801-900	1.14517	0.5502	0.34542	0.45064	1.16379	0.27705	0.71956
901-1000	0.28426	5.356319	1.137766	0.224697	1.419589	1.055835	0.568022

Diferencias: *.05, **.01

Los resultados de los ANOVA no muestran diferencias significativas entre las condiciones de la tarea, ni entre los grupos de comparación, y tampoco en interacciones sucesivas (Tabla 7), sin embargo, se pueden observar tendencias entre condiciones y grupos

(Condición*Grupo) entre los 301 y 400 milisegundos (Tabla 8), así como entre los 401 y 500 milisegundos (Tabla 8, Figura 6), con mayor amplitud negativa (μV) en la condición NoGo y en el grupo de 4 años (Tabla 9, Figuras 5, 6 y 7).

Tabla 8.

Amplitud media en μV de los electrodos analizados para la tarea Go/NoGo entre 301 y 400 milisegundos

Electrodos	Condición NoGo		Condición Go	
	4 años	5 años	4 años	5 años
FCz	-7.6	-5.9	-3.2	-4.7
FC3	-6.5	-4.2	-2.0	-2.9
FC4	-6.7	-4.5	-3.0	-4.6
Cz	-7.7	-5.3	-2.3	-3.9
C3	-5.9	-3.1	-1.5	-2.0
C4	-7.5	-4.0	-2.2	-3.5
CPz	-4.4	-2.2	0.8	-0.8
CP3	-2.3	-0.6	2.4	0.6
CP4	-4.6	-1.2	1.4	-0.2
Pz	2.1	1.6	6.0	3.4
P3	4.5	4.0	8.5	5.8
P4	3.2	4.0	7.8	5.1

Tabla 9.

Amplitud media en μV de los electrodos analizados para la tarea Go/NoGo entre 401 y 500 milisegundos

Electrodos	Condición NoGo		Condición Go	
	4 años	5 años	4 años	5 años
FCz	-6.7	-3.4	-1.7	-0.9
FC3	-5.1	-2.4	-0.9	0.2
FC4	-7.4	-2.8	-1.2	-0.5
Cz	-7.6	-3.5	-1.4	-1.1
C3	-6.6	-2.5	-0.7	-0.6
C4	-7.9	-2.5	-1.5	-0.5
CPz	-4.4	-1.8	1.0	0.2
CP3	-4.3	-0.9	1.8	0.5
CP4	-5.9	-1.3	0.0	0.5
Pz	-0.8	0.4	4.1	1.4
P3	-1.8	1.8	4.4	2.4
P4	-3.4	0.9	3.5	2.0



Figura 5. PRE de la tarea Go/NoGo en niños de 4 años, en figura VHEOG se observa que no hubo efecto de movimientos oculares en las dos condiciones.

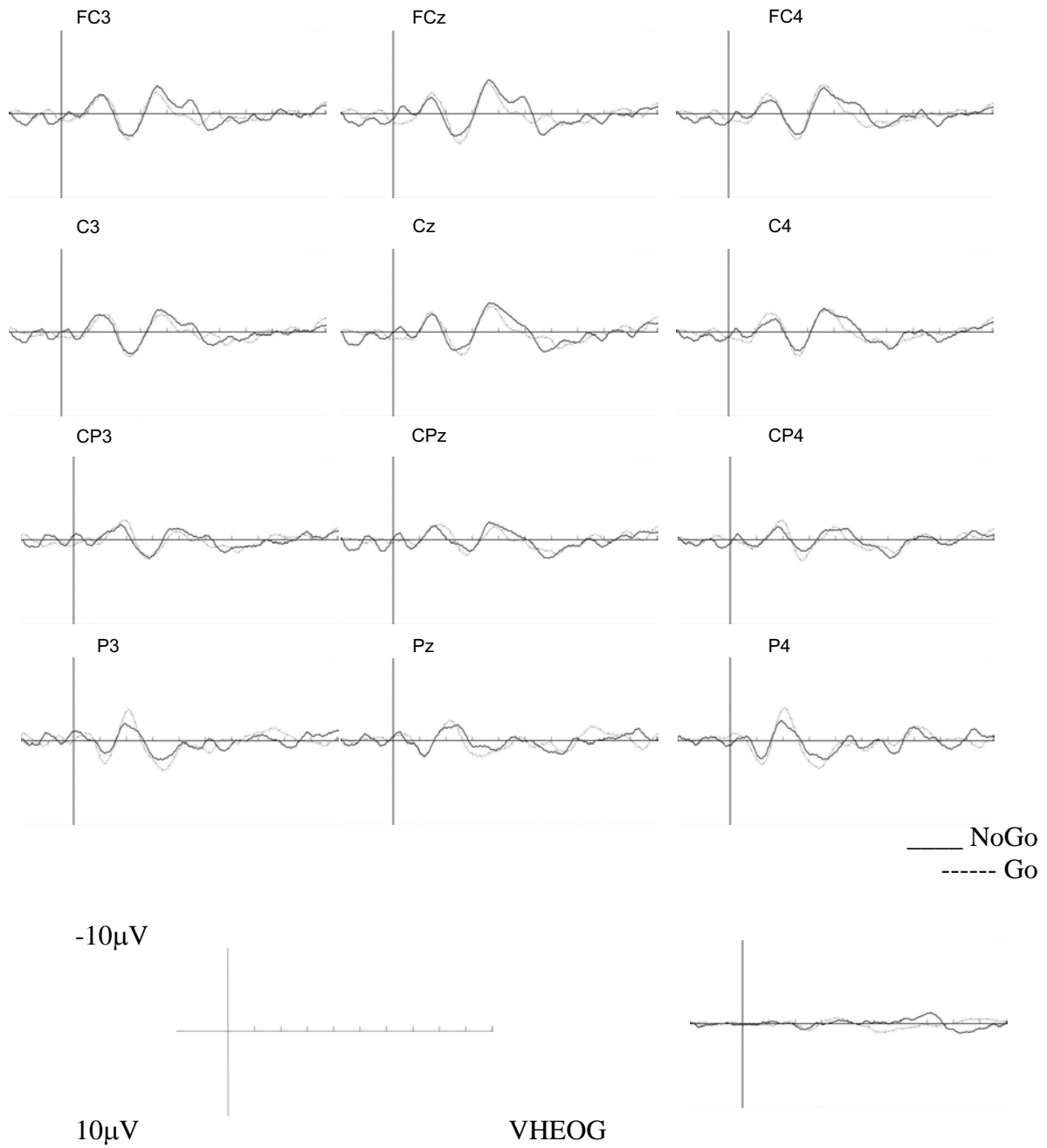


Figura 6. PRE de la tarea Go/NoGo en niños de 5 años, en figura VHEOG se observa que no hubo efecto de movimientos oculares en las dos condiciones.

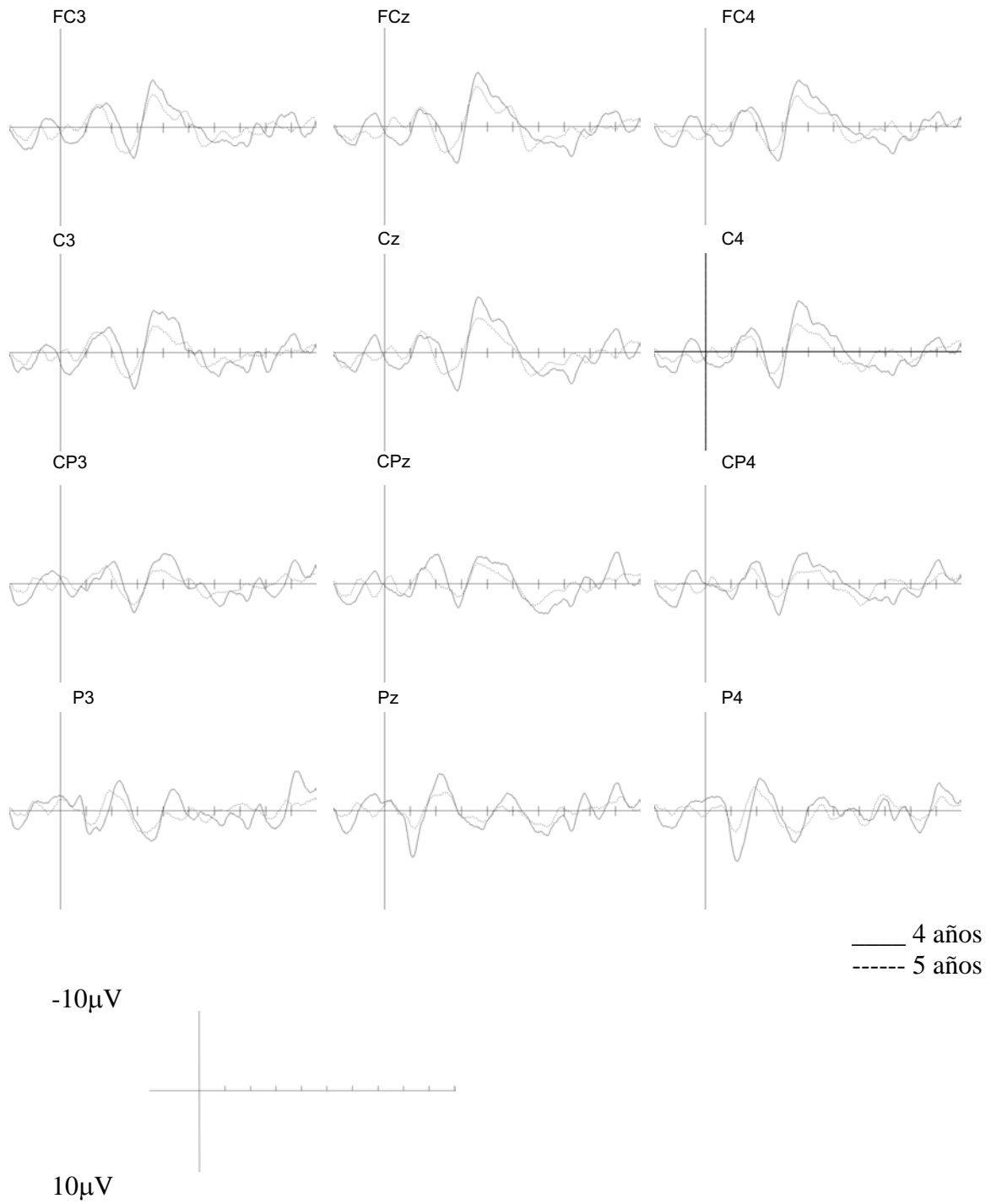


Figura 7. PRE de la condición No Frecuente de la tarea Go/NoGo en ambos grupos de edad.

Procesos de Atención

Tabla 10.

Resultados del ANOVA de medidas repetidas sobre la amplitud media en las diferentes épocas analizadas en el paradigma Oddball

Tempo- ralidad en ms.	Cond*Grupo	Cond*Región	Cond*Ubica	Cond*Region* Grupo	Cond*Ubica* Grupo	Cond*Reg* Ubica	Cond*Reg* Ubica*Grup
	F _{1,46}	F _{3,138}	F _{2,92}	F _{3,138}	F _{2,92}	F _{2,92}	F _{6,276}
0-100	6.313959	0.25741	0.766488	0.123637	1.240748	0.49288	0.176869
101-200	0.32148	0.84512	0.53927	5.13361	0.58825	0.90979	0.05535
201-300	0.09083	1.8734	2.19502	0.17576	0.4025	0.58317	0.4864
301-400	1.482	0.3839	0.0277	0.403	0.2491	0.2981	1.9333
401-500	4.43385*	1.34846	3.25828*	1.24039	0.36166	0.77797	1.63311
501-600	7.18497**	7.778524**	1.354786	1.518108	1.738864	0.884579	1.453241
601-700	0.204139	2.196076	1.599438	0.473515	1.791406	1.125074	1.549061
701-800	2.99791	1.29288	1.53002	0.51952	1.9735	1.53633	1.2642
801-900	0.0018	10.75301	6.74782	1.07203	0.12833	1.42833	0.86415
901-1000	5.4083	2.33402	2.74443	1.60473	0.61306	1.24811	0.92277

Diferencias: *.05, **.01

Diferencias en temporalidades entre 401 a 500 milisegundos

En esta tarea, se observaron diferencias significativas en esta temporalidad para las condiciones y grupos de edad ($F_{1,46}=4.434$, $p < .05$), con mayor amplitud positiva en las condiciones no frecuente y en el grupo de edad de 5 años (Tabla 11, Figuras 8 y 9), así como en la interacción de condición y ubicación: centro, izquierda, derecha de los electrodos ($F_{2,92}=3.258$, $p < .05$), el análisis poshoc de Tukey muestra que las tres

ubicaciones difieren entre las condiciones centro ($p= 0.002$), izquierda ($p= 0.001$), derecha ($p= .02$), en las medias de estos electrodos.

Tabla 11.

Amplitud media en μV de los electrodos analizados para la tarea Oddball entre 401 y 500 milisegundos

Electrodos	Condición No Frecuente		Condición Frecuente	
	4 años	5 años	4 años	5 años
FCz	-0.5	-1.9	-3.3	-0.1
FC3	1.9	0.0	-2.3	0.5
FC4	-0.7	-1.7	-3.0	-0.8
Cz	-0.7	-1.8	-3.6	-0.6
C3	1.5	-0.7	-2.1	0.0
C4	-0.6	-1.9	-2.6	-0.2
CPz	0.0	0.5	-1.8	-0.5
CP3	2.9	1.0	-0.4	-0.1
CP4	1.1	-0.1	-1.2	0.8
Pz	3.1	1.3	0.2	0.6
P3	7.3	3.0	4.4	1.6
P4	6.3	2.2	1.9	2.4

Diferencias en temporalidades entre 501 a 600 milisegundos

Aimismo se observaron diferencias significativas en esta temporalidad para la interacciones entre condición y grupos de edad ($F_{1,46}=7.185$, $p< .01$), con mayor amplitud positiva en las condiciones no frecuente y en el grupo de edad de 5 años (Tabla 11, figura 7 y 8), así como en la interacción de los factores condición (Frecuente/Raro) y región (Frontocentral/Central/Centroparietal/Parietal) de los electrodos ($F_{3,138}=7.779$, $p< .01$), el análisis poshoc de Tukey muestra que las regiones que muestran mayor diferencia son la CP ($p= .003$) y la región P ($p= .001$), la amplitud promedio en μV se muestran en la tabla 13 y en las figuras 9 y 10.

Tabla 12.

Amplitud media en μV de los electrodos analizados para la tarea Oddball entre 501 y 600 milisegundos

Electrodos	Condición No Frecuente		Condición Frecuente	
	4 años	5 años	4 años	5 años
FCz	3.9	-1.8	2.1	1.6
FC3	4.1	-0.5	0.9	1.8
FC4	4.3	-1.9	1.4	1.7
Cz	6.1	1.0	3.3	3.0
C3	4.4	-0.1	2.1	1.6
C4	4.4	-0.3	2.4	2.1
CPz	7.8	1.1	3.0	2.5
CP3	5.1	1.6	2.0	0.5
CP4	5.0	0.3	1.9	1.7
Pz	5.6	2.0	1.8	0.9
P3	4.9	0.3	1.5	-0.2
P4	4.0	0.1	-0.2	0.4

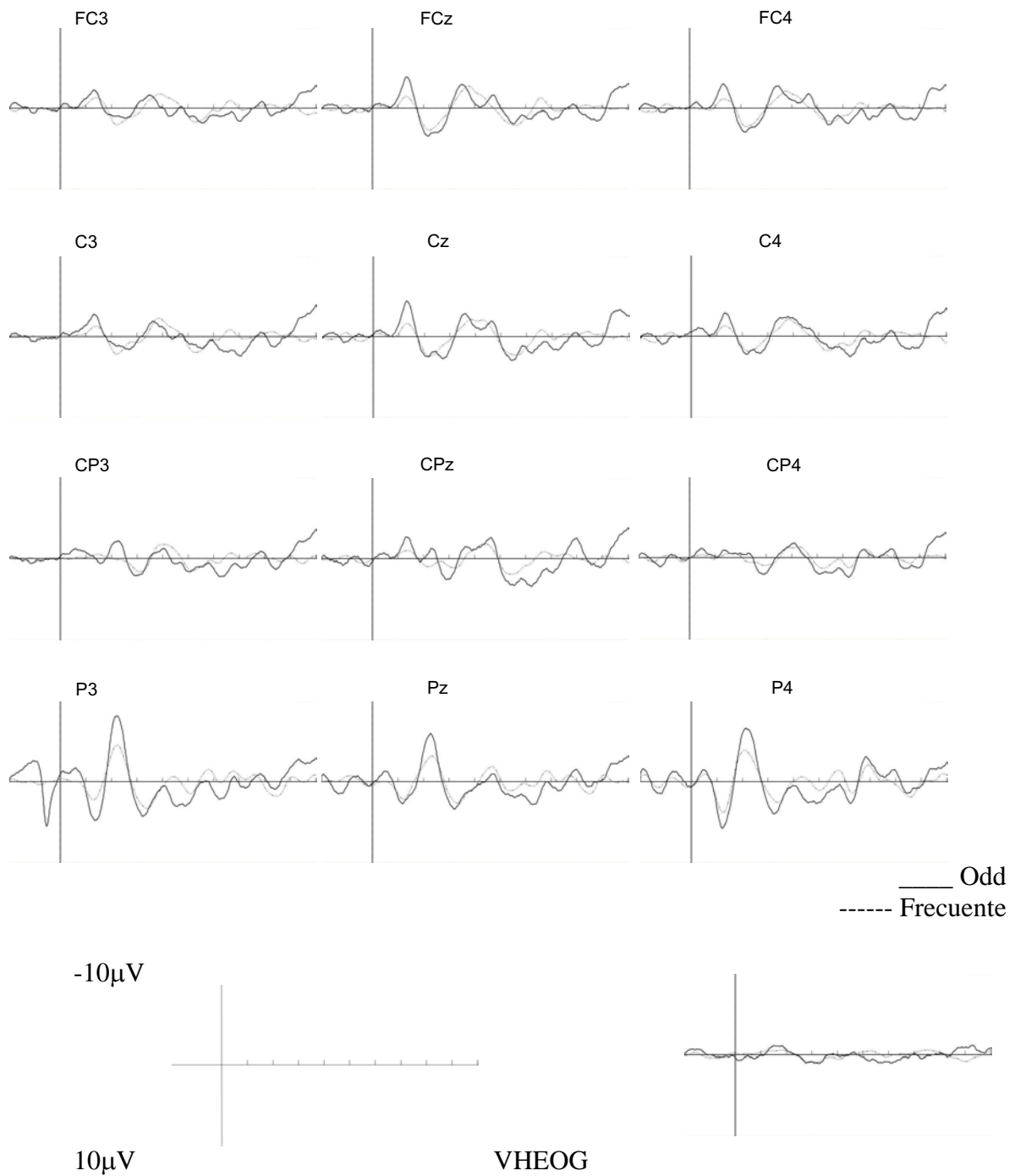


Figura 8. PRE de la tarea Oddball en niños de 4 años, en figura VHEOG se observa que no hubo efecto de movimientos oculares en las dos condiciones.

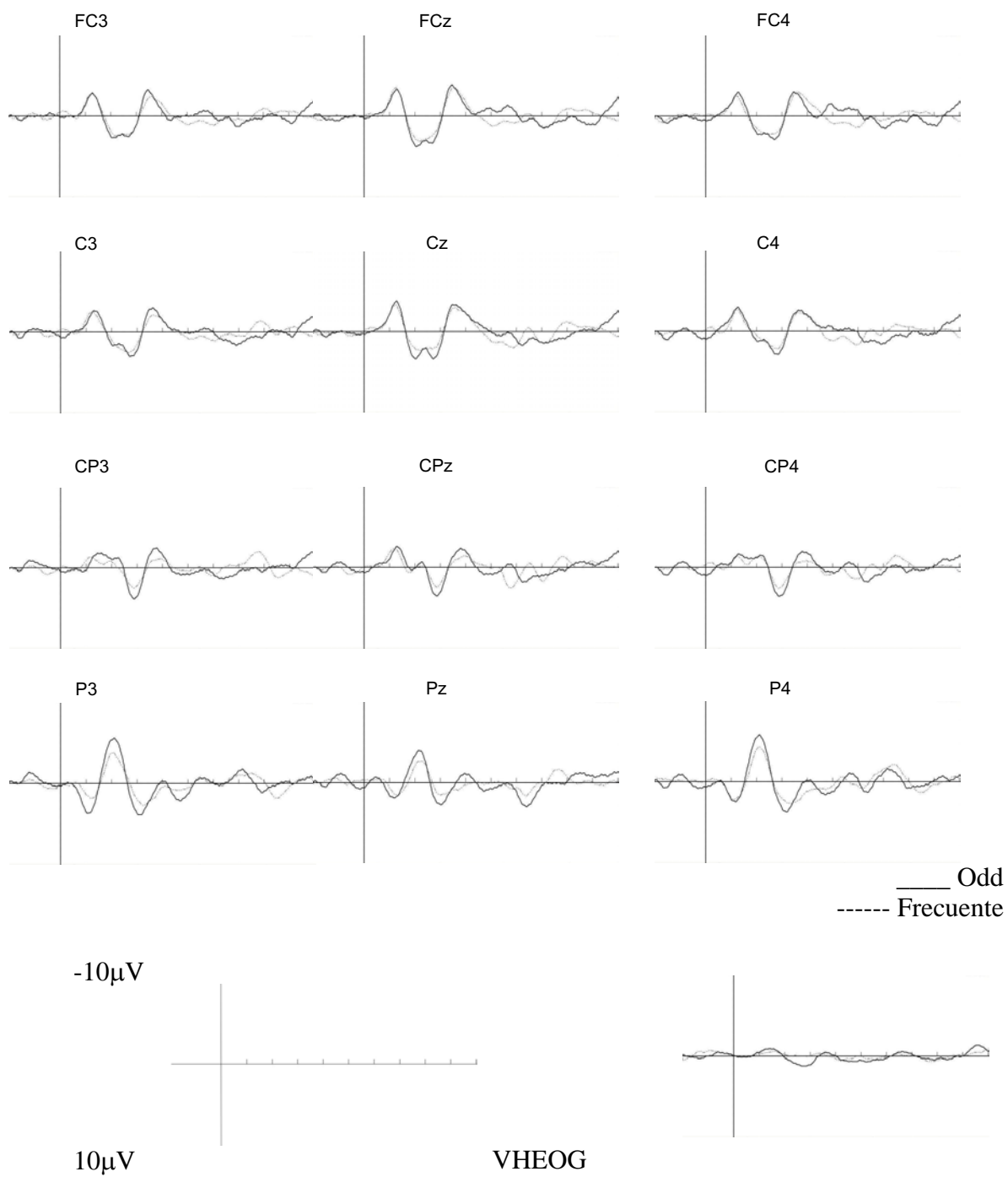


Figura 9. PRE de la tarea Oddball en niños de 5 años, en figura VHEOG se observa que no hubo efecto de movimientos oculares en las dos condiciones.

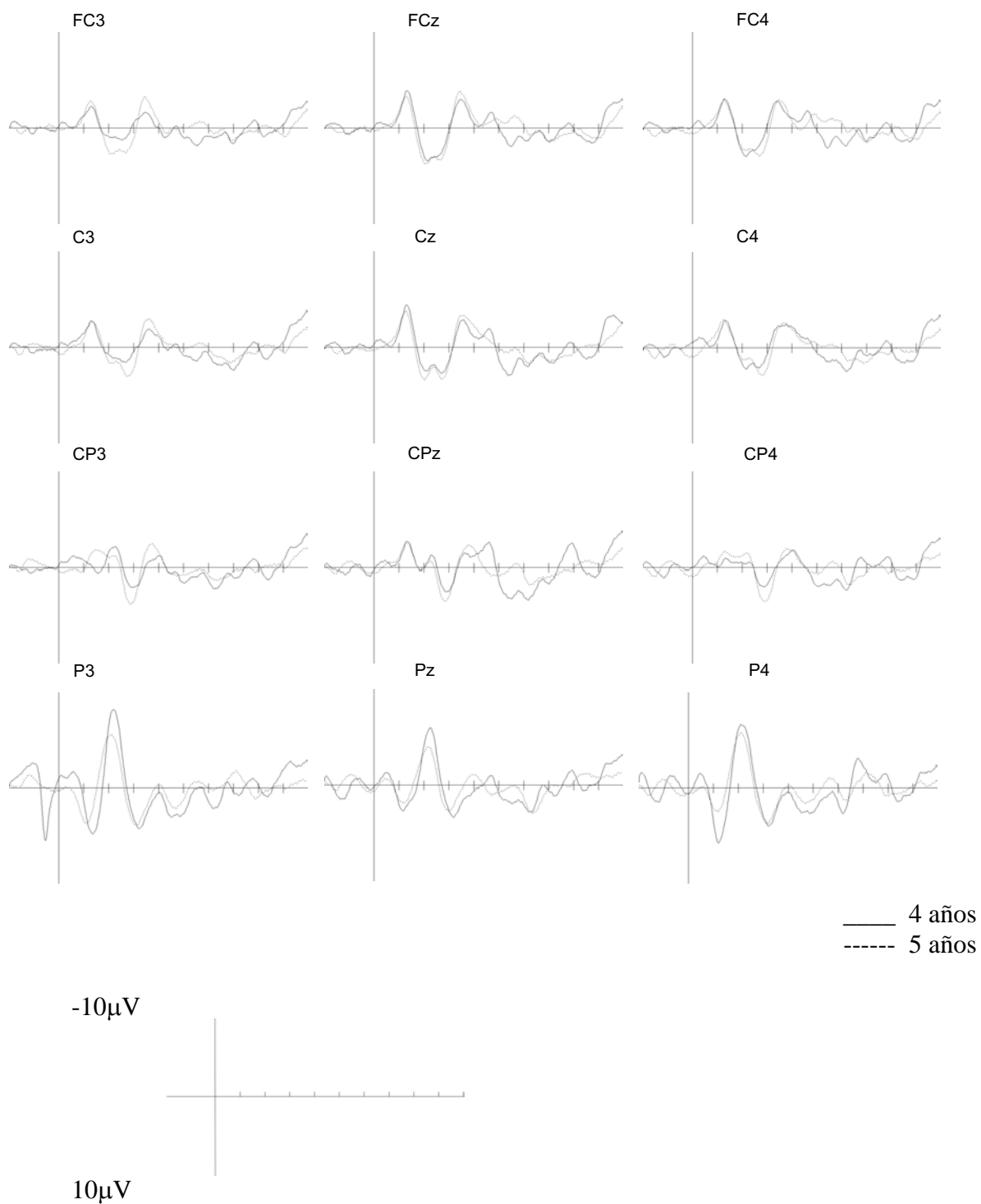


Figura 10. PRE de la condición No Frecuente de la tarea Oddball en ambos grupos de edad.

Discusión

Como se ha mencionado en apartados previos, la tarea Go/NoGo se puede asociar directamente con el control de respuestas motoras, así como la tarea Oddball se ha asociado con los procesos de atención incluso en niños de edad preescolar, por tanto, el desempeño en ambas tareas y sus TR, así como los componentes de los PRE registrados durante la resolución de estos paradigmas se pueden considerar un indicador del desarrollo de estos procesos en grupos de niños con características similares en cuanto a edad y nivel de escolaridad de los padres de los participantes. Los objetivos del presente estudio fueron distinguir el desempeño conductual y la revisión de componentes de los PRE que han sido asociados a este tipo de paradigmas: N200 y P300, por tanto, se discutirán los resultados conductuales, como los componentes de los PRE asociados a las tareas mencionadas.

Conductual

Control inhibitorio

Respecto a las características del desempeño conductual de los participantes en esta tarea, los resultados del presente estudio muestran que los porcentajes de ejecución y sus *DE* en grupo de 4 años se solapan en gran medida con los del grupo de 5 años (Tabla 1), sin que se observen diferencias significativas entre ellos, con lo cual se rechazaría la primera hipótesis de trabajo, sin embargo, si se consideran los tipos de errores que se cometieron durante la tarea, podría sugerir que el desempeño en esta tarea está ligado al nivel de atención, ya que se observan más errores de omisión (error) que se ha asociado a lapsos en la atención sostenida, que errores de comisión (falsa alarma) que podría asociarse con errores de

inhibición (Berwid et al., 2005). De igual forma, la media de los TR en las respuestas correctas de los ensayos Go, como la media de TR en los errores de comisión (respuestas en ensayos NoGo) no difieren significativamente entre ambos grupos, lo cual indicaría que el nivel de la inhibición conductual en ambos grupos se encuentra en un nivel de desarrollo similar. Lo cual podría coincidir con la propuesta de Hendry, Jones y Charman (2016), quienes sugieren que la atención selectiva puede proveer uno de los primeros precursores del desarrollo de las funciones ejecutivas como el control inhibitorio, ellos proponen que a través de la infancia la atención selectiva continúa teniendo un rol importante como regulador, organizador de la conducta en el desempeño de las tareas ejecutivas.

En la revisión de la literatura se observó que en investigaciones con niños de edad similar presentan variabilidad, por un lado, aquellas que reportan promedios más altos en sus participantes, por ejemplo, Todd, Mahy, Lau y Zelazo (2010) reportan ejecuciones techo en niños entre 4 y 6 años ($M = 5.6$ años), que está marcadamente por encima del desempeño de los participantes del presente estudio. sin embargo, el factor que puede explicar este desempeño de sus participantes, es la distribución de las condiciones utilizada por estos autores fue de 50% para cada una de las condiciones Go y NoGo, los TR estuvieron entre 575 y 593 ms., es decir, el tiempo de respuestas también fue más lento que el grupo del presente estudio.

En otro estudio, Simpson y Riggs (2006) reportan promedios de efectividad en este tipo de tareas, similares al grupo de 4 años del presente estudio, en este caso, el factor que pudo influir sobre el desempeño, fue el número de ensayos utilizados en toda la tarea, puesto que reportaron únicamente 24 ensayos para las dos condiciones de la tarea

Go/NoGo. Al respecto, estos autores sugieren que el desempeño de los niños pequeños en tareas Go/NoGo de laboratorio puede diferir del porcentaje de respuestas de otras tareas de desarrollo de la inhibición como las tareas día / noche y Oso / Dragón en la cual obtienen ejecuciones más altas a los reportados en el presente estudio.

Por otro lado, Grabell et al. (2017) reportaron que su grupo control, conformado por niños sanos de 4 años y 8 meses (grupo de bajo riesgo de conducta disruptiva) obtuvieron un promedio de efectividad en ensayos NoGo ligeramente por debajo del reportado en el presente estudio, sin embargo, estos autores no utilizan ningún índice de ejecución, al realizar el procedimiento del índice Pr utilizado en el presente estudio con estos datos, el resultado corresponde a un índice $Pr = .51$ para el grupo control, puntuación que es similar al del grupo de 4 años del presente estudio ($Pr = .48$), lo cual sugiere que la tendencia de respuesta es también en forma estocástica en el grupo reportado por Grabell et al. (2017) con TR promedio de 589 ms., en este sentido.

Espy (1997) reportó que la efectividad para resolver tareas de inhibición en niños de 4 y 5 años se encuentra entre el 53% de efectividad en niños de 4 años y el 70% en niños de 5 años, sin que se presenten diferencias significativas entre los grupos, situación que coincide con lo descrito en el presente estudio. También se ha sugerido que la mejoría más notable en el desarrollo del control inhibitorio se puede observar entre los 5 y 8 años.

Asimismo, Cragg y Nation (2008) reportaron un promedio de efectividad en tareas Go/NoGo en niños ligeramente mayores al grupo del presente estudio, los autores reportan el desempeño de niños entre 5 y 7 años con una media de edad = 6.5 años, cuyos

porcentajes de efectividad para los ensayos NoGo fueron similares a lo reportado en el presente estudio, al realizar el procedimiento del índice de ejecución *Pr* a los datos de Cragg y Nation, el resultado es similar a los resultados del grupo de 5 años del presente estudio, lo cual supondría un mejor desempeño de los participantes del presente estudio, dado que el rango de edad se centró en los 5 años. Berwid et al. (2005) explican este tipo de diferencias, argumentando que los errores de los ensayos NoGo no son sensibles a la medición de la inhibición de respuestas en estos grupos de edad, y que los errores en ensayos Go podrían reflejar una disminución de la atención sostenida en tareas Go/NoGo.

Como se ha mencionado, uno de los objetivos del presente estudio fue distinguir el desempeño conductual en tareas Go/NoGo para niños con el rango de edad propuesto, para tal efecto, en el presente estudio se propuso controlar los factores: nivel de dificultad controlado para niños de 4 y 5 años, incrementando la distribución de ensayos utilizada en adultos, determinando una distribución de 70% para los ensayos Go y 30% para los ensayos NoGo, así como la duración del ensayo con un intervalo interestímulos de 4000 ms. e implementar el índice de corrección *Pr* de Snodgrass (1981), con el cual se obtuvieron los resultados descritos previamente y que puede considerarse un aporte del estudio para determinar la ejecución promedio de tareas Go/NoGo en niños sanos de estos grupos de edad.

Un factor adicional que se controló en el presente estudio, fue la escolaridad de los padres, dado que si no se considera el rol de este indicador las diferencias tanto conductuales como de los PRE pueden variar significativamente y se deben considerar como un punto importante al momento de analizar los resultados de otros estudios; existen

investigaciones donde se reportan ejecuciones altas que pueden ser explicadas por este factor particular, por ejemplo: Schneider-Hassloff, et al. (2016) reportaron un grupo de niños de 5 años con índices de ejecución *Pr* cercanos a .90, los datos sociodemográficos indican que en 63% de las madres de los niños que participaron en esta investigación contaban con escolaridad de maestría, equivalente a más de 15 años de escolaridad y el 37% de los padres contaban con escolaridad de licenciatura '*Bachelor*', equivalente a un promedio de 15 años de escolaridad, lo cual difiere significativamente respecto a la escolaridad de los padres de los niños del presente estudio, que coincide con lo que sugieren Landry y Smith (2010) respecto al efecto de las habilidades lingüísticas de los padres como andamio para el desarrollo de procesos complejos.

Torpey, Hajcak y Klein (2009) reportaron que niños de 5 a 7 años obtienen ejecuciones correctas muy por encima de lo reportado en el presente estudio, además los TR ocurrían entre 618 y 621 ms., la escolaridad de los padres era de al menos un año de licenciatura '*Bachelor*', equivalente a 13 años de escolaridad. Asimismo, en la revisión de la bibliografía se observó que una gran parte de las investigaciones no reportan datos sociodemográficos de sus participantes, por tal motivo, la edad promedio de los padres de los participantes del presente estudio (9 años de escolaridad), es un factor relevante para comprender algunas de las diferencias que se presentan en los resultados.

Se ha señalado que existen factores moduladores como las características de crianza y estimulación proporcionada por los progenitores, así como el nivel socioeconómico y nivel educativo (Sheese, Voelker, Rothbart & Posner, 2007), más allá, también se ha sugerido que los progenitores con pocas capacidades para cuidado de su descendencia pueden impactar

en el desarrollo de los procesos de atención y control inhibitorio (Lipina, Martelli, Vuelta, Injoque-Ricle & Colombo, 2004), en el grupo del presente estudio se puede observar este fenómeno en el sentido de poca convivencia de los padres con los hijos debido a los horarios exhaustivos de trabajo, dejando a los niños al cuidado de los abuelos, principalmente la abuela, que en muchos de los casos tienen un nivel de escolaridad más baja al reportado por los padres, esta situación puede considerarse como un indicador subjetivo del nivel socioeconómico.

Atención

Otro objetivo del presente estudio fue distinguir el desempeño conductual de los niños de 4 y 5 años en la tarea OddBall. Los resultados indican que el índice de discriminación *Pr* en el grupo de 4 años presenta mayor distancia respecto al índice de ejecución del otro grupo, mostrando diferencias significativas tanto en el porcentaje de ejecución como en el índice *Pr*, con una mejor ejecución del grupo de 5 años. Por otro lado, los TR de las respuestas correctas no muestran diferencias significativas entre los grupos, pero se observó que el grupo de 5 años presenta respuestas más rápidas cuando comete errores de comisión (respuestas en ensayos Frecuentes), con diferencias significativas respecto al grupo de 4 años. Lo cual indicaría un patrón de respuestas más impulsivo cuando los niños de 5 años cometen este tipo de errores durante la tarea OddBall, aunque su índice de ejecución sea mayor al del grupo de 4 años.

El desempeño conductual que se observa en cada grupo del presente estudio, puede sugerir un indicador de la ejecución promedio en la modalidad visual del paradigma

OddBall, cuya identificación se planteó como uno de los objetivos del presente estudio. Dado que no hay muchos estudios reportados en la literatura con la modalidad visual del paradigma OddBall, y los estudios que se revisaron que utilizan esta modalidad no reportan datos descriptivos de la ejecución conductual, en el estudio de Lavioe, Robaey, Stauder, Glorieux & Lefebvre (1997) reportan ejecuciones de niños sanos de 5 años (grupo control) en tareas OddBall visual, un promedio de efectividad de respuestas de 80% para los ensayos frecuentes y 62% para los no frecuentes, el TR promedio que reportaron para los ensayos frecuentes fue de 595 ms. (SD 111.7), puede servir de referencia para comparar los datos del presente estudio: que supondría una mejor ejecución en el grupo de 5 años, así como un TR promedio ligeramente menor al reportado en el estudio de Lavioe et al. (1997).

Esta situación, puede explicarse en el mismo sentido que las diferencias encontradas en la tarea Go/NoGo, puesto que la distribución de estímulos que se utilizó fue 75% para los ensayos frecuentes y 25% para los ensayos no frecuentes, con una variación en el tiempo de presentación entre 2200 y 2800 ms., lo cual supondría que el paradigma que utilizaron Lavioe et al. (1997), quienes utilizaron una proporción de 80% a 20%, es de mayor dificultad al paradigma utilizado en el presente estudio. Stauder, Molenaar y van der Molen (1993, 1999) en una tarea visual con distribución semejante al del presente estudio (70% - 30%) reportan ejecuciones en un promedio ligeramente por encima de lo encontrado en el presente estudio para el grupo de niños de 5.5 años. Otros estudios más recientes, como el de Boucher et al. (2009), refieren a los datos reportados en estudios clásicos como el de Johnson (1989) y el de Polich et al. (1990), sin embargo, en estos estudios únicamente se reportan datos fisiológicos, lo cual da mayor relevancia a los datos encontrados en el

presente estudio, dado que puede constituir una norma actualizada para el desempeño de esta modalidad de OddBall en los grupos de edad propuestos.

Lo descrito sugeriría que los procesos atencionales evaluados con este tipo de paradigmas también son sensibles a los factores propios de la tarea. Situación que concuerda con el supuesto que los procesos de atención sostenida se consolidan antes que los procesos del control inhibitorio lo hagan, alrededor de los 4.5 años (Berwid et al., 2005). Al respecto, Posner (2011) sugiere que la función de la red posterior o red de orientación proporcionará algo del control de la atención desde etapas tempranas del desarrollo. Rueda, Checa y Combita (2012) sugieren que esta red madurará durante la infancia temprana, asociado a un incremento en el control de los procesos ligados a la selectividad de los estímulos.

Fisiológico

Control Inhibitorio

Como se ha mencionado, el componente N200 o N2 se observa generalmente entre los 200 y 300 milisegundos posteriores a la aparición del estímulo, donde dos o más respuestas incompatibles se activan en forma simultánea, o cuando se requiere de la inhibición de la respuesta preponderante o incluso entre estímulos incongruentes y se sugiere que es generado por regiones centrales como la corteza cingulada anterior y la región orbitofrontal (Henderson, 2010; Nieuwenhuis et al., 2003).

En niños pequeños la aparición de este componente se puede observar con una mayor latencia, con temporalidades entre los 300 y 500 milisegundos, con el pico más alto alrededor de los 400 milisegundos (Buss et al. 2011; Grabell et al. 2017; Lamm et al. 2006; Lo, Liang, Lee, Wang, Tzeng, Hung, Cheng & Juan, 2013; Todd et al. 2008) y han sugerido que el componente tiene una gran correlación con el número de errores que se cometen durante las tareas de inhibición conductual y ha sido asociado principalmente al monitoreo de conflictos, al esfuerzo atencional en niños de 4 y 5 años.

Respecto a los resultados fisiológicos del presente estudio, si bien no se encontraron diferencias significativas entre las condiciones de la tarea Go/NoGo y los grupos de edad propuestos, se pueden observar tendencias estadísticas en las ventanas de 301 a 400 ms. y entre 401 y 500 ms., las temporalidades en las que se presentan estas tendencias y las formas visuales de los potenciales apuntan hacia una onda similar al N200 o N2 reportados en estos grupos de edad. Con mayor voltaje negativo en la condición NoGo.

Lo anterior podría responder a dos situaciones particulares: por un lado que no se en general, la ejecución conductual de los grupos fue baja, aunado a la tendencia de respuestas en forma estocástica, reflejado en los índices *Pr* de ambos grupos, es decir: la disminución de la efectividad para contestar a la tarea Go/NoGo puede indicar disminución en el control de la interferencia atencional, tal como ocurre en pruebas de conflicto como la tarea de flancos (Buss et al. 2011), otro punto a considerar en la explicación es el tamaño final de la muestra para la obtención de los PRE en cada grupo de edad (n=12), que sugeriría que se requiere una muestra más amplia.

Esto se ha visto también en grupos de niños mayores con problemas de conducta en niños de edad preescolar se ha reportado que los niños con alta probabilidad de conductas disruptivas no presentan diferencias significativas con el grupo de baja probabilidad de conductas disruptivas y no se observaron diferencias significativas entre los componentes N2 de los mismos (Gabiell et al. 2017), en forma cualitativa se puede observar únicamente que la diferencia entre los grupos es la cantidad de ensayos que se eliminan por artefactos oculares y de movimiento, esta situación fue similar en el grupo de 5 años que participó en el presente estudio.

Atención.

En la revisión de la bibliografía se encontraron pocos estudios que analizaran el componente P3 con tareas OddBall visual en niños de 5 años o de menor edad: desde estudios clásicos que reportaron potenciales con niños pequeños (Johnson, 1989; Polich, Landish & Berg, 1990), como en estudios más recientes (Veiga et al. 2004).

Los componentes que se observan en el paradigma Oddball visual del presente estudio, muestran diferencias significativas entre las condiciones y grupos de comparación en 2 temporalidades: a los 401 - 500 milisegundos y a los 501 - 600 milisegundos, el análisis posthoc indica que entre los 401 y 500 milisegundos se puede apreciar la mayor diferencia entre las ubicaciones (derecha – centro - izquierda) de los electrodos; la mayor diferencia entre los 501 y 600 milisegundos se puede observar entre las regiones Centro-Parietal (CP) y Parietal (P), además de que la mayor amplitud se observa en los electrodos de la región

Centro-Parietal (CP), que corresponden claramente al efecto OddBall, con mayor amplitud para los ensayos no frecuentes.

Los resultados descritos coinciden con lo que se ha descrito en investigaciones previas con niños de 5 años, donde se reportan picos positivos amplios alrededor de los 600 milisegundos posteriores a la presentación del estímulo en regiones centroparietales CP (Lavoie et al. 2009; Stauder, Molenaar & van der Molen, 1993, 1999), estos componentes son considerados como equivalentes al componente P300 que se observa en adultos alrededor de los 300 milisegundos (Polich, 2007), en el caso del presente estudio los resultados sugieren la presencia de picos con mayor amplitud en las temporalidades de 500 a 600 milisegundos en la región Centro-Parietal, lo cual apoya la hipótesis 4 propuesta para este paradigma. Veiga et al. (2004) mencionan que este componente se puede identificar en posiciones parietales (Pz) con una deflexión positiva que ocurre entre los 400 y 600 milisegundos en niños de 5 años. Boucher et al. (2009) reportan el componente positivo alrededor de los 445.3 a 585.9 ms. en niños de 5.5 años.

Lo anterior confirma que la actividad de los PRE registrado en el presente estudio corresponde a este componente en una tarea OddBall visual en ambos grupos de edad, con mayor amplitud en el grupo de 4 años, al respecto Lidsky y Schneider (2003) mencionan que el componente P3b suele aparecer con mayor intensidad en la infancia temprana y la edad preescolar, probablemente debido a un periodo de gran impacto en el desarrollo cerebral, Lavoie et al. (1997) coinciden en que los componentes positivos que se registran en niños de 4 y 5 años alrededor de los 550 ms., pueden ser considerados como un

equivalente al P3b registrado en adultos, los picos con mayor voltaje se observarán entre los 500 y 700 milisegundos en la infancia temprana. Esta latencia irá disminuyendo durante el desarrollo, alrededor de los 11 años se observará alrededor de los 250 a 500 milisegundos (Veiga et al., 2004) hasta llegar al promedio de 300 milisegundos que se observa en los adultos (Picton, 1992; Polich, 2007).

Algunos autores describen estas temporalidades como un componente positivo tardío o *LPP* por sus siglas en inglés (late positive potential), el cual se registra en regiones parietales mediales entre los 400 y 600 milisegundos (Cuthbert et al. 2000), aunque otros autores sugieren que este componente se obtiene ante los mismos procesos que el componente P300 (Kok, 1997), al respecto Foti et al. (2009) y Liu et al. (2012) mencionan que la diferencia entre estos componentes radicaría en que el componente LPP puede estar más asociado a procesos emocionales y vinculado a la actividad tanto de la corteza visual y la corteza cingulada anterior, como de regiones subcorticales como la amígdala, el estriado ventral y la ínsula; mientras que el componente P300 estaría más relacionado a procesos de atención (Picton, 1992, Polich, 2007), como fue en la tarea utilizada en el presente estudio.

Lavioe (1997) describe estos picos como un ‘P550 posterior’, que es prominente sobre regiones centrales izquierdas y sobre regiones temporales u occipitales, temporalidades son consistentes con el efecto OddBall, con mayor amplitud ante ensayos no frecuentes reportado en estudios en adultos (Duncan-Johnson, 1981) y en niños (Johnson, 1989; Stauder et al., 1993).

Los resultados encontrados en el presente estudio apoyarían la idea que las tareas de conflicto logran una mejor diferenciación después de los 5 años, mientras que las tareas de demora de respuesta pueden tener mayor efectividad desde los 4 años (Carlson, 2005), y que las características de las madres pueden facilitar el desarrollo de la inhibición de conflictos, dado que algunas conductas de ellas pueden incrementar las competencias subyacentes a procesos complejos, como la atención sostenida, que es necesaria en procesos más complejos como la inhibición de conflictos y de supresión de respuestas y otros procesos ejecutivos más complejos, pero no se hace necesaria para la inhibición parcial, como en la demora de una respuesta (Conway & Stifter, 2012). Sin embargo, aunque este tipo de inhibición, como la inhibición de la interferencia sean conceptualmente distintos, si presentan una relación cercana con la inhibición conductual que se mide por medio de tareas Go/NoGo (Friedman & Miyake, 2004).

Esto supone que al final, la regulación de la conducta está ligada completamente a las actitudes de quienes cuidan el desarrollo de los niños (Sheese, Voelker, Rothbart & Posner, 2007; Voelker, Sheese, Rothbart & Posner, 2009), conductas que impactarán sobre el desarrollo de los procesos subyacentes a las regiones cerebrales ligadas a las redes de orientación (atención): regiones parietales y frontales, que incluirían el cíngulo anterior, que ha sido vinculado con el control de la inhibición (Posner & Rothbart, 2011). Más allá, también supondría que el nivel de escolaridad de los cuidadores puede influir en las características de los PRE (Stevens, Lauinger & Neville, 2009).

Conclusión

Los factores que inciden en el desempeño fueron el número de ensayos, el porcentaje de distribución de los estímulos en ambas tareas, así como el tiempo de presentación de los estímulos y del intervalo inter estímulos (ISI) Simpson et al. (2006). El desempeño conductual que se observa en cada grupo del presente estudio, puede sugerir un indicador de la ejecución promedio en la modalidad visual de los paradigmas utilizados, cuya identificación se planteó como uno de los objetivos del presente estudio.

Los resultados mostraron que las características de ejecución en la tarea Go/NoGo de ambos grupos no presenta diferencias significativas, al analizar los tipos de errores que se cometieron, se observa una mayor cantidad de errores de omisión (error), este tipo de errores se ha asociado a lapsos en la atención sostenida, mientras que errores de comisión (falsa alarma) se ha asociado con errores de inhibición (Berwid et al., 2005), lo cual concordaría con la propuesta de que la atención selectiva tiene un rol importante en el desarrollo de las funciones ejecutivas (Garon et al., 2008; Hendry et al., 2016). En este sentido, en la tarea Oddball asociada a procesos de atención selectiva, si se observan diferencias significativas tanto en el porcentaje de ejecución como en el índice *Pr*, con un mejor desempeño en el grupo de 5 años, coincidiendo con Hendry en que, durante la infancia temprana hasta el preescolar, la atención selectiva tiene un rol importante como regulador y organizador de la conducta en el desempeño de las tareas ejecutivas.

Asimismo, se pudo observar que en la tarea Oddball, el TR de las respuestas correctas no muestra diferencias significativas entre los grupos, sin embargo, el grupo de 5 años

presentó respuestas más rápidas cuando cometían errores de comisión (respuestas en ensayos frecuentes), que podría indicar un patrón de respuestas más impulsivo cuando los niños de 5 años cometen este tipo de errores durante la tarea OddBall, aunque su índice de ejecución sea mayor al del grupo de 4 años. Lo descrito sugeriría que los procesos atencionales evaluados con este tipo de paradigmas también son sensibles a los factores propios de la tarea, acorde con el supuesto que los procesos de atención sostenida se consolidan antes que los procesos del control inhibitorio lo hagan (Berwid et al., 2005).

Otro factor que se controló en el presente estudio, fue la escolaridad de los padres, dado que se ha señalado que puede ser un factor modulador, se ha sugerido que los progenitores con pocas capacidades para cuidado pueden impactar en el desarrollo de los procesos de atención y control inhibitorio (Lipina, Martelli, Vuelta, Injoque-Ricle & Colombo, 2004), en el grupo del presente estudio se observó dicho efecto en el sentido de poca convivencia de los padres con los hijos, dejando a los niños al cuidado de las abuelas, que en muchos de los casos tienen un nivel de escolaridad más baja al reportado por los padres, esta situación puede considerarse como un indicador subjetivo del nivel socioeconómico, los niveles de ejecución coincidiría con lo descrito por Blair para niños de nivel socioeconómico bajo (Blair, Raver, Granger, Mills-Koonce & Hibell, 2011).

Respecto al análisis electrofisiológico, no se observaron diferencias significativas en la tarea Go/NoGo, únicamente una tendencia estadística entre los 300 y 500 milisegundos, con el pico más alto alrededor de los 400 milisegundos, esto puede tener una gran relación con el número de errores durante la tarea de inhibición, se ha asociado principalmente al monitoreo de conflictos, al esfuerzo atencional en niños de 4 y 5 años, es decir, puede

indicar disminución en el control de la interferencia atencional, tal como ocurre en pruebas de conflicto como la tarea de flancos (Buss et al. 2011), asimismo se debe considerar en la explicación es el tamaño final de la muestra para la obtención de los PRE en cada grupo de edad.

El factor subjetivo del nivel socioeconómico también podría incidir en las características de los PRE encontrados, se ha reportado diferencias en la amplitud de las ondas en tareas donde niños de diferentes niveles socioeconómicos ejecutan en un promedio similar en tareas de atención (Stevens, Lauinger & Neville, 2009). Los componentes que se observan en la tarea Oddball del presente estudio, muestran diferencias significativas entre las condiciones y grupos de comparación en 2 temporalidades: a los 401 - 500 milisegundos y a los 501 - 600 milisegundos, el análisis posthoc indica que entre los 401 y 500 milisegundos se puede apreciar la mayor diferencia entre las ubicaciones (derecha – centro - izquierda) de los electrodos; la mayor diferencia entre los 501 y 600 milisegundos se puede observar entre las regiones Centro-Parietal (CP) y Parietal (P), además de que la mayor amplitud se observa en los electrodos de la región Centro-Parietal (CP), que corresponden claramente al efecto OddBall, con mayor amplitud para los ensayos no frecuentes.

Lo anterior sugeriría que regulación de la conducta está ligada a las actitudes de quienes cuidan el desarrollo de los niños, impactando en el desarrollo de los procesos subyacentes a las regiones cerebrales ligadas a las redes de orientación (atención): corteza parietal y frontal, que incluirían el cíngulo anterior, que ha sido vinculado con el

control de la inhibición (Posner & Rothbart, 2011). Más allá, también supondría que el nivel de escolaridad de los cuidadores puede influir en las características de los PRE, como lo sugiere Stevens et al. (2009).

Mejoras al estudio

Durante la realización del presente estudio se pudo observar un efecto más claro, tanto en el desempeño conductual como de los PRE de la tarea Oddball, sin embargo, en la tarea Go/NoGo no se observaron los indicadores hipotetizados, como se ha mencionado previamente, es importante considerar no solo las variables sociodemográficas como la escolaridad de los padres, sino atender a las variables subjetivas como con quién conviven más los niños, pues esto puede suponer una variable de confusión.

Asimismo, es importante ampliar la muestra al rango de edad que cubre el nivel preescolar, una limitación al respecto, que surgió durante la recolección de datos para el presente estudio, es que solo un pequeño porcentaje de los centros educativos cuenta con el primer grado de preescolar, con lo cual se redujo la posibilidad de captar niños de 3 años de edad. en cuanto a los grupos etarios que participaron en el presente estudio es importante incluir en la selección, además de la entrevista a los padres y la aplicación de la escala Wechsler WWPSI-III, una escala de rating conductual de las funciones ejecutivas, para tener un antecedente conductual de estos procesos previo a la realización de las tareas experimentales.

Lo mencionado permitiría tener tanto un número mayor de respuestas correctas, como la posibilidad de reducir los artefactos oculares y de movimiento de los PRE, esto con la finalidad de obtener potenciales más claros, que permitan contrastar las diferencias especificadas descritas en la literatura para cada tipo de tarea, en particular para los componentes P3a y P3b.

Referencias

- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychology*, 8 (2), 71-82.
- Anderson, V. A. (2001). Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Pediatric rehabilitation*, 4(3), 119-136.
- Barkley, R. A. (1996). Critical issues in research on attention. In C. R. Lyon & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory, and executive function* (pp. 45—56). Baltimore, MD: Paul Brooks.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94.
- Barkley, R. A. (2005). *ADHD and the nature of self-control*. New York: Guilford Press.
- Bellagamba, F., Addessi, E., Focaroli, V., Pecora, V.M., Pace, B. & Paglieri, F. (2015). False belief understanding and ‘cool’ inhibitory control in 3-and 4-years-old Italian children. *Frontiers in psychology*. published: 29 June 2015 doi: 10.3389/fpsyg.2015.00872
- Berger, A., Alyagon, U., Hadaya, H., Atzaba-Poria, N. & Auerbach, J. G. (2013). Response Inhibition in Preschoolers at Familial Risk for Attention Deficit Hyperactivity Disorder: A Behavioral and Electrophysiological Stop-Signal Study. *Child Development* 84 (5), 1616-1632.
- Berwid, O.G, Curko, E.A., Marks, D.J., Santra, A., Bender, H. & Halperin, J.M. (2005). Sustained attention and response inhibition in young children at risk for Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 46:11, pp 1219–1229. doi: 10.1111/j.1469-7610.2005.00417.x
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective of executive functions. *Child Dev.* 81(6): 1641–1660. doi:10.1111/j.1467-8624.2010.01499.
- Blair, C., Granger, D. A., Willoughby, M., Mills-Koonce, R., Cox, M., Greenberg, M. T., et al. (2011). Salivary cortisol mediates effects of poverty and parenting on executive functions in early childhood. *Child Dev.* 82, 1970–1984. doi: 10.1111/j.1467-8624.2011.01643.x
- Boucher, O., Muckle, G., Saint-Amour, D., Dewailly, E., Ayote, P., Jacobson, S.W., Jacobson, J.L. & Bastein, C.H. (2009). The relation of lead neurotoxicity to the event-related potential p3b component in inuit children from arctic québec. *Neurotoxicology*. November; 30(6): 1070–1077. doi:10.1016/j.neuro.2009.06.008.

- Bull, R., Espy, K. A., & Senn, T. E. (2004). A comparison of performance on the towers of London and Hanoi in young children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45, 743-754.
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*, 33, 301–311.
- Bush G., Luu, P., & Posner, M.I. (2000). “Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex,” *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 4, no. 6, pp. 215–222.
- Buss, K. A., Dennis, T. A., Brooker, R. J & Sippel, L. M. (2011). An ERP study of conflict monitoring in 4–8-year old children: Associations with temperament. *Developmental Cognitive Neuroscience* 1, 131-140
- Brydges, C.R., Fox, A.M.m Reid, C.L. & Anderson, M. (2014). Predictive validity of the N2 and P3 ERP components to executive functioning in children: a latent-variable analysis. *Frontiers in human neuroscience*.
- Capilla, A., Fernández, S., Campo, P., Maestú, F., Fernández, A., Mulas, F., et al. (2004). La magnetoencefalografía en los trastornos cognitivos del lóbulo frontal. *Rev Neurol* 39, 183-8.
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28, 595–616.
- Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children’s theory of mind. *Child Development*, 72, 1032–1053.
- Carlson, S. M., & Wang, T. (2007). Inhibitory control and emotion regulation in preschool children. *Cognitive Development*, 22, 489-510.
- Carrasco, M. (2011). Visual Attention, the past 25. *Res.* 2011 July 1; 51(13): 1484–1525.
- Chang, Y.K., Tsai, Y.J., Chen T.T. & Hung, T.M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: an ERP study. *Exp Brain Res* (2013) 225:187–196 DOI 10.1007/s00221-012-3360-9
- Cicerone, K.D. (1997). Clinical sensitivity of four measures of attention to mild traumatic brain injury. *Clinical Neuropsychologist*, 11 (1997), pp. 266-272
- Ciesielski, K. T., Harris R. J. & Cofer, L. F (2004). Posterior brain ERP patterns related to the go/no-go task in children. *Psychophysiology*, 41, 882–892
- Coles, M.G. (1989). Modern mind-brain reading: psychophysiology, physiology, and cognition. *Psychophysiology* 26, 251–269.

- Coles, M. G. Gratton, G. & Donchin, E. (1988). Detecting early communication: using measures of movement-related potentials to illuminate human information processing: *Biological Psychology* 26, 69-89
- Conway, A. & Stiffer, C.A. (2012). Longitudinal antecedents of executive function in preschoolers. *Child Dev.* 2012 May; 83(3): 1022–1036. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01756.x.
- Corbetta, M., Shulman, G.L., 2002. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat. Rev. Neurosci.* 3, 201–215.
- Cragg, L., & Nation, K. (2009). Shifting development in mid-childhood: The influence of between-task interference. *Developmental Psychology*, 45, 1465–1479.
- Cuevas, K. & Ann Bell, M. (2014). Infant Attention and Early Childhood Executive Function. *Child Development*, March/April 2014, Volume 85, Number 2, Pages 397–404
- Cummings, J. (1993). Frontal–subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology*, 50, 873– 880.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., and Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biol. Psychol.* 52, 95–111. doi: 10.1016/S0301-0511(99)00044-7
- Deboer, T.; Scott, LS.; Nelson, CA. (2005). ERPs in developmental populations. In: Handy, T., editor. *Event- Related Potentials: A Methods Handbook*. MIT Press; Cambridge, MA: 2005. p. 263-298.
- Dempster, F.N., (1993). Resistance to interference: developmental changes in a basic processing mechanism. In: Howe, M.L., Pashler, R. (Eds.), *Emerging Themes in Cognitive Development: Foundations*, vol. I. Springer, New York, pp. 3–27.
- Diamond, A. (1988). Abilities and neural mechanisms underlying A-not-B Performance. *Child Development*, 59, 523-527.
- Diamond, A. (1991). Neuropsychological insights into the meaning of object concept development. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The Epigenesis of Mind: Essays on Biology and Cognition* (pp. 67-110). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Diamond, A. (2000). Towards an understanding of the human frontal lobes. *Contemporary Psychology*, 45, 564-565.
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. In E. Bialystok & F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan cognition mechanisms of change* (pp. 70–95). Oxford, UK: Oxford University Press.

- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Psychology*, 64(1), 135–168.
- Diamond, A., & Taylor, C. (1996). Development of an aspect of executive control: Development of the abilities to remember what I said and to ‘Do as I say, not as I do.’ *Developmental Psychobiology*, 29, 315–334.
- Diamond, A., Kirkham, N. Z., & Amso, D. (2002). Conditions under which young children CAN hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental Psychology*, 38, 352–362.
- Donchin, E. (1981). Surprise!... Surprise? *Psychophysiology*, 18, 493–513.
- Dowsett, S. M., & Livesey, D. J. (2000). The development of inhibitory control in preschool children: Effects of “executive skills” training. *Developmental Psychobiology*, 36, 161–174.
- Duncan-Johnson, C. C., & Kopell, B. S. (1981). The Stroop effect: Brain potentials localize the source of interference. *Science*, 214, 938–940.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149.
- Espinet, S. D., Anderson, J. E & Zelazo, P. D. (2012). N2 amplitude as a neural marker of executive function in young children: An ERP study of children who switch versus perseverate on the Dimensional Change Card Sort. *Developmental Cognitive Neuroscience* 25, 549 – 558
- Espinet, S. D., Anderson, J. E & Zelazo, P. D. (2013). Reflection training improves executive function in preschool-age children: Behavioral and neural effects. *Developmental Cognitive Neuroscience* 4, 3 – 15.
- Espy KA. (1997). The Shape School: Assessing executive function in preschool children. *Dev Neuropsychol.* 13:495–499.
- Espy, K.A., Sheffield, T.D., Wiebe, S.A., Clark C.A. & Moehr, M. (2011). Executive Control and Dimensions of Problem Behaviors in Preschool Children. *J Child Psychol Psychiatry*. 2011 January; 52(1): 33–46. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02265.x.
- Everling, S., & Fischer, B. (1998). The antisaccade: A review of basic research and clinical studies. *Neuropsychologia*, 36, 885–899.
- Foti, D., Hajcak, G., and Dien, J. (2009). Differentiating neural responses to emotional pictures: evidence from temporal-spatial PCA. *Psychophysiology* 46, 521–530. doi: 10.1111/j.1469-8986.2009.00796.x

- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101–135.
- Fuster, J. M. (2003). *Cortex and Mind: Unifying Cognition*. New York, NY: Oxford University Press.
- Fuster, J. M. (2007). Jackson and the frontal executive hierarchy. *International Journal of Psychophysiology*, 64(1), 106-107.
- Garon, N., Bryson, S. E. & Smith, I. M. (2008). Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. 2008, Vol. 134, No. 1, 31–60
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J., & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: Performance of children 3.5–7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53, 129–153.
- Giedd JN, Blumenthal J, Molloy E, Castellanos FX (2001): Brain imaging of attention deficit/hyperactivity disorder. *Ann N Y Acad Sci* 931, 33– 49.
- Goldman-Rakic, P. S. (1987). Development of cortical circuitry and cognitive function. *Child Dev.* 58, 601–622.
- Grabell, A.S., Olson, S.L., Tardif, T., Thompson, M.C. & Gehring, W.J. (2017). Comparing Self-Regulation-Associated Event Related Potentials in Preschool Children with and without High Levels of Disruptive Behavior. *J Abnorm Child Psychol*. August; 45(6): 1119–1132. doi:10.1007/s10802-016-0228-7.
- Grondwall, D. (1977). Paced Auditory Serial-Addition Task: A measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44 (1977), pp. 367-373
- Handy, T. C. (2005). *Event-Related Potentials: A Methods Handbook*. A Bradford Book: The MIT Press.
- Harnishfeger, K. K. (1995). The development of cognitive inhibition: Theories, definitions, and research evidence. In F. N. Dempster & C. J. Brainerd (Eds.), *Interference and inhibition in cognition* (pp. 175–204). San Diego, CA: Academic Press.
- Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In D. Gopher & A. Koriati (Eds.), *Attention & Performance, XVII, Cognitive Regulation of Performance: Interaction of Theory and Application* (pp. 653-675). Cambridge, MA: MIT Press.
- Hendry, A., Jones, E. J. H., & Charman, T. (2016). Executive function in the first three years of life: Precursors, predictors, and patterns. *Developmental Review*, 42, 1–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2016.06.005>.

- Innocenti, G.M., Price, D.J., 2005. Exuberance in the development of cortical networks. *Nat. Rev. Neurosci.* 6, 955–965.
- Johnson, R. (1989). Developmental evidence for modality-dependent P300 generators: A normative study. *Psychophysiology*, 26 (1989), pp. 651-667
- Jonkman, L. M. (2006). The development of preparation, conflict monitoring and inhibition from early childhood to young adulthood; a Go/Nogo ERP study. *Brain Research* 1097, 181-193
- Koechlin, E., & Summerfield, C. (2007). An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(6), 229–235. doi:10.1016/j.tics.2007.04.005
- Kok A. Event-related-potential (ERP) reflections of mental resources: a review and synthesis. *Biol Psychol* 1997;45:19–56.
- Kutas, M. & Dale, A. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions, in *Cognitive Neuroscience*, (ed. M.D. Rugg), MIT Press, Cambridge (197-237).
- Lahat, A., Todd, R. M., Mahy, C. E., Lau K. & Zelazo, P. D. (2010). Neurophysiological correlates of executive function: a comparison of European-Canadian and Chinese-Canadian 5-year-old children. *Frontiers in Human Neuroscience* 3 (72), 1-10.
- Landry, SH.; Smith, KE. (2010). Early social and cognitive precursors and parental support for self-regulation and executive function: Relations from early childhood into adolescence. In: Sokol, BW.; Müller, U.; Carpendale, JIM.; Young, AR.; Iarocci, G., editors. *Self and social regulation: Social interaction and the development of social understanding and executive functions*. Oxford University Press; New York, NY: 2010.
- Lavoie, M.E., Robaey, P, Stauder, J.E., Glorieux, J & Lefebvre, F. (1998). Extreme prematurity in healthy 5 years old children: a re-analysis of sex effects on event-related brain activity. *Psychology*: 35, 679-689.
- Levin, H.S., Culhane, K. A., Hartmann, J, et al. (1991). Developmental changes in performance on tests of purported frontal lobe functioning. *Developmental Neuropsychology*, 7: 377±395
- Lidsky TI, Schneider JS. Lead neurotoxicity in children: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain* 2003;126:5–19.
- Lipina, S. J., Martelli, M. I., Vuelta, B., Injoque Ricle, I., and Colombo, J. A. (2004). Pobreza y desempeño ejecutivo en alumnos preescolares de la ciudad de Buenos Aires (Argentina) [Poverty and executive performance in preschooler from the City of Buenos Aires (Argentina)]. *Interdisciplinaria* 21, 153–193.

- Liu, Y., Huang, H., McGinnis-Deweese, M., Keil, A., and Ding, M. (2012). Neural substrate of the late positive potential in emotional processing. *J. Neurosci.* 32, 14563–14572. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3109-12.2012
- Logan, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory processes in attention, memory, and language* (pp. 189–239). San Diego: Academic Press.
- Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*: The MIT press. 2nd. Edition.
- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 432–440.
- Lustig, C., Hasher, L., & Zacks, R. T. (2007). Inhibitory deficit theory: recent developments in a new view. In D. S. Gorfein & C. M. MacLeod (Eds.), *The place of inhibition in cognition* (pp. 145-162). Washington, DC: American Psychological Association.
- Majovski, L. V. & Breiger, D. (2009). Development of Higher Brain Functions: Birth Through Adolescence, in Reynolds & Fletcher-Janzen. *Handbook of Clinical Child Neuropsychology*, 3rd ed: Springer.
- Mehnert, J., Akheif, A., Telkemeyer, S., Rossi, S., Schmitz, C.H., Steinbrink, J., Wartenburger, I., Obrig, H. & Neufang, S. (2012). Developmental changes in brain activation and functional connectivity during response inhibition in the early childhood brain. *Brain & Development*.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167-202.
- Montgomery, D.E. & Koeltzow, T.E. (2010). A review of the day–night task: The Stroop paradigm and interference control in young children. *Developmental Review* 30: 308–330. doi:10.1016/j.dr.2010.07.001
- Morasch, K.C. & Ann Bell, M. (2011). The role of inhibitory control in behavioral and physiological expressions of toddler executive function. *Journal of Experimental Child Psychology* 108: 593–606
- Mullane JC, Corkum PV, Klein RM, McLaughlin E. (2009). Interference control in children with and without ADHD: a systematic review of Flanker and Simon task performance. *Child Neuropsychol.* 15, 321–42
- Munoz, D.P., Everling, S., (2004). Look away: the anti-saccade task and the voluntary control of eye movement. *Nat. Rev. Neurosci.* 5, 218–228.

- Nieto, M., Ros, L., Medina, G., Ricarte, J.J. & Latorre, J. M. (2016). Assessing Executive Functions in Preschoolers Using Shape School Task. *Frontiers in psychology*. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01489
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220–246.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation: Advances in research and theory*. New York: Plenum Press. (1- 18).
- Otten, L. & Rugg, M. (2005). Interpreting event-related brain potentials. In T. Handy. *Event-Related Potentials, a methods handbook*, the MIT press. (3-16).
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., and Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annu. Rev. Neurosci.* 28, 377–401.
- Petersen, S.E. & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annu Rev Neurosci.* 2012 July 21; 35: 73–89. doi:10.1146/annurev-neuro-062111-150525.
- Picton, T.W., 1992. The P300 wave of the human event-related potential. *J. Clin. Neurophysiol.* 9, 456–479.
- Picton, T., Bentin, S. & Berg, E. (2000). Guidelines for using event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology* 37 (127-152).
- Polich, J. (2007) Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol* 118(10):2128–2148
- Polich, J., Ladish, C. & Burns, T. (1990). Normal variation of P300 in children: age, memory span, and head size. *Int. J Psychophysiol*;9:237–248.
- Posner, M. I., & DiGirolamo, G. J. (1998). ConXict, target detection and cognitive control. In R. Parasuraman (Ed.), *The attentive brain* (pp. 401–423). Cambridge, MA: MIT Press.
- Posner, M.I. (2011). Imaging attention networks. *NeuroImage* 61 (2012) 450–456
- Posner MI, Petersen SE. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*; 13:25–42.
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E., & Voelker, P. (2012). Control networks and neuromodulators of early development. *Developmental Psychology*, 48(3), 827.

- Posner, M.I., Rothbarth, M.K., Sheese, B.E. & Voelker, P. (2014). Developing Attention: Behavioral and Brain Mechanisms. *Advances in Neuroscience* Volume 2014, Article ID 405094, DOI: 10.1155/2014/405094
- Pribram, K.H., & McGuiness, D. (1975). Arousal, activation, and effort in the control of attention. *Psychology Review*, 182, 116-149.
- Reitan RM. (1971). Trail making test results for normal and brain-damaged children. *Percept Mot Skills*.; 33:575–581. [PubMed: 5124116]
- Rhoades, B.L., Greenberg, M.T. & Domitrovich, C.E. (2009). The contribution of inhibitory control to preschoolers' social-emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology* 30 (2009) 310–320
- Rohr, C.S., Vinette, S.A., Parsons, K.A., Cho, I.Y., Dimond, D., Benischek, A., Lebel, C., Dewey, D., Bray, S., 2017. Functional connectivity of the dorsal attention network predicts selective attention in 4–7 year-old girls. *Cereb. Cortex* 27 (9), 4350–4360.
- Richards, J.E. (2003). Attention affects the recognition of briefly presented visual stimuli in infants: an ERP study. *Dev Sci*. 6(3): 312–328.
- Rosen, V. M., & Engle, R. W. (1998). Working memory capacity and suppression. *Journal of Memory and Language*, 39, 418–436.
- Rothbart, M.K., Sheese, B.E., Rueda, M.R. & Posner, M. I. (2011). Developing Mechanisms of Self-Regulation in Early Life. *Emotion Review* Vol. 3, No. 2 (April 2011) 207–213
- Rueda, M.R., Checa, P. & Cómbita, L.M. (2012). Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: immediate changes and effects after two months. *Developmental Cognitive Neuroscience* 2S, S192–S204.
- Rueda, M- R., Posner, M. I., Rothbart M. K. & Davis-Stober, C. P. (2004). Development of the time course for processing conflict: an event-related potentials study with 4 year olds and adults. *BMC Neuroscience*, 5 (39)
- Schneider-Hassloff, H., Zwönitzer, A., Künster, A.K., Mayer, C, Ziegenhain, U & Kiefer, M. (2016). Emotional Availability Modulates Electrophysiological Correlates of Executive Functions in Preschool Children. *Front. Hum. Neurosci.*, 23 June.
- Silva-Pereyra, J., Bernal, J., Rodriguez-Camacho, M., Yáñez, G., Prieto-Corona, B, Luviano, M.A., Marosi, E., Guerrero, V & Rodríguez, H. (2010). Poor reading skills may involve a failure to focus attention. *NeuroReport* 21:34–38
- Showell, C., Binder, O., and Conlon, F. L. (2004). T-box genes in early embryogenesis. *Dev. Dyn.* 229, 201–218.

- Simon, J. R., & Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51(3), 300–304.
- Simpson, A., & Riggs, K. J. (2005). Factor responsible for performance on the day–night task: Response set or semantics? *Developmental Science*, 8, 360–371.
- Simpson, A., & Riggs, K. J. (2006). Conditions under which children experience inhibitory difficulty with a ‘button-press’ go/no- go task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94, 18–26.
- Simpson, A., Riggs, K.J., Beck, S.R., Gorniak, S.L., Wu, Y., Abbott, D. & Diamond, A. (2012). Refining the understanding of inhibitory processes: how response prepotency is created and overcome. *Developmental Science* 15:1 (2012), pp 62–73 DOI: 10.1111/j.1467-7687.2011.01105.x
- Snodgrass, J. & Corwin, J. (1988). Pragmatics of measuring recognition memory: application to dementia and amnesia. *Journal of experimental psychology: General*, 117, 1 (34–50).
- Sohlberg, M.M. y Mateer, C.A. (1987). Effectiveness of an attention-training program. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9: 117-130.
- Sheese, B.E., Voelker, P.M., Rothbart, M.K. & Posner, M.I. (2007). “Parenting quality interacts with genetic variation in dopamine receptor D4 to influence temperament in early childhood,” *Development and Psychopathology*, vol. 19, no. 4, pp. 1039–1046.
- Soltész, F., Goswami, U., White S. & Szics, D. (2011). Executive function effects and numerical development in children: Behavioural and ERP evidence from a numerical Stroop paradigm. *Learning and Individual Differences* 21, 662–671
- Somani, S. & Shukla, J. (2014). The P300 wave of Event-Related-Potential. *RRJMHS*, Volume 3, Issue 4: October – December.
- Spronk, M., Jonkman L. M. & Kemner, C. (2008). Response inhibition and attention processing in 5- to 7-year-old children with and without symptoms of ADHD: An ERP study. *Clinical Neurophysiology* 119, 2738–2752.
- Stauder, J.E., Molenaar, P.C. & van der Molen, M.W. (1993). Scalp Topography of Event-related Brain potentials and cognitive transition during childhood. *Child Development*, 64, 769-788.
- Stauder, J.E., Molenaar & van der Molen, M.W. (1999). Activity and cognitive Transition during Childhood: longitudinal Event-related brain potential study. *Child neuropsychology*. Vol. 5. No. 1, pp. 41-59.

- Stevens, C., Lauinger, B., Neville, H., 2009. Differences in the neural mechanisms of selective attention in children from different socioeconomic backgrounds: an event-related brain potential study. *Dev. Sci.* 12 (4), 634–646. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00807.x>.
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary. New York: Oxford University Press.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol Gen*, 18:643–662.
- Theeuwes J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention: the effect of visual onsets and offsets. *Percept. Psychophys.* 49, 83–90
- Todd, R.M., Lewis, M.D., Meusel, L. & Zelazo, P.D. (2008). The time course of social-emotional processing in early childhood: ERP responses to facial affect and personal familiarity in a Go-Nogo task. *Neuropsychologia* 46 (2008) 595–613
- Tolan, G. A., & Tehan, G. (1999). Determinants of short-term forgetting: Decay, retroactive interference, or proactive interference? *International Journal of Psychology*, 34, 285–292.
- Torpey, Hajcak & Klein. (2009). An examination of error-related brain activity and its modulation by error value in young children. *Developmental Neuropsychology* 36, 749–761.
- Veiga H, Deslandes A, Cagy M, McDowell K, Pompeu F, Piedade R, et al. Visual Event-related potentials (P300): a normative study. *Arq Neuropsiquiatr* 2004;62:575–81.
- Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2009). Proactive adjustments of response strategies in the stop-signal paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 835–854.
- Webb, S. J., Monk, C. S., & Nelson, C. A. (2001). Mechanisms of postnatal neurobiological development: Implications for human development. *Developmental Neuropsychology*, 19, 147–171.
- Wechsler, D. (2011). WPPSI - III. Escala de Inteligencia de Wechsler para preescolar y primaria - III: Manual técnico / David Wechsler. México: Manual Moderno
- Wechsler, D. (2012). WAIS-IV: Escala de Inteligencia de Wechsler para Adultos-IV: manual técnico y de interpretación. Madrid: Pearson Educación.

- Welsch, H.P. & Young, E.C. (1982). The information source selection decision: the role of entrepreneurial personality characteristics. *Journal of Small Business Management*, 20, 49–57.
- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A. C., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 436–452.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68.