

La Rehabilitación de las Acalculias y Discalculias

Mónica Rosselli

Florida Atlantic University. Miami, Florida, EE.UU.

Alfredo Ardila

Florida International University. Davie, Florida, EE.UU.

Correspondencia: Mónica Rosselli, Departamento de Psicología, Florida Atlantic University, 3200 College Avenue, Davie, FL, EE.UU 33314. Correo electrónico: mrussell@fau.edu

Resumen

La acalculia se define como una alteración en las habilidades matemáticas resultantes de alguna patología cerebral, particularmente evidente cuando se lesiona el lóbulo parietal izquierdo. Se distinguen dos grupos de acalculias: la acalculia primaria o anaritmia y las acalculias secundarias consecuentes a afasias, alexias, agrafias y dificultades visoespaciales. Alteraciones en el aprendizaje de las matemáticas se observan en casos de discalculia de desarrollo. En este artículo se revisan las características clínicas de estos trastornos en el cálculo tanto de origen adquirido como asociados al desarrollo y se describen las técnicas de intervención y rehabilitación típicamente utilizadas con los individuos que los sufren.

Palabras clave: Acalculia, discalculia, lóbulo parietal, rehabilitación, anaritmia.

Rehabilitation of Acalculias and Dyscalculias

Summary

Acalculia is a disorder in mathematical abilities due to brain damage particularly when the left parietal lobe is impaired. Two groups of acalculia disorders can be distinguished: primary acalculia or anaritmia, and secondary acalculia associated to aphasias, alexias, agraphias and visuo spatial difficulties. Developmental disorders with problems in learning math are known as developmental dyscalculias. This article describes the clinical characteristics of these acquired and developmental mathematical disorders and the types of interventions and rehabilitation techniques typically use.

Keywords: Acalculia, dyscalculia, parietal

lobes, rehabilitation, anaritmia

La pérdida de la habilidad para realizar problemas numéricos y matemáticos se denomina acalculia (o discalculia adquirida). Los defectos en la capacidad para aprender habilidades numéricas se conocen como discalculia de desarrollo o simplemente discalculia. De acuerdo con el DSM-IV (American Psychiatric Association [APA], 1994), el Trastorno de Matemáticas se diagnostica cuando un individuo recibe puntajes muy bajos en pruebas estandarizadas de matemáticas o de razonamiento numérico. Estas dificultades son mayores a las que se esperarían para la edad, el nivel educativo y la capacidad intelectual del sujeto e interfieren con sus logros académicos y sus actividades de la vida diaria. El trastorno de Matemáticas como lo define el DSM-IV, corresponde clínicamente a un trastorno tanto adquirido como de desarrollo. Más recientemente el DSM-5 (APA, 2013) redefine el Trastorno de las Matemáticas como un trastorno específico en el aprendizaje con impacto académico en el área de las matemáticas que tiene que estar presente al menos 6 meses antes de darse un diagnóstico.

Desarrollo histórico

El término “acalculia” fue propuesto por Henschen (1925) y definido como “alteraciones en las habilidades matemáticas resultantes de daño cerebral.” La distinción entre acalculia primaria y secundaria fue introducido por Berger en 1926. La acalculia primaria corresponde a la pérdida de los conceptos numéricos y la habilidad para comprender y desarrollar operaciones aritméticas básicas. La

acalculia secundaria se refiere a un defecto en el cálculo derivado de un trastorno cognoscitivo diferente como sería un trastorno de memoria, lenguaje y atención entre otros.

Algunos autores han cuestionado la existencia de la acalculia como un trastorno cognoscitivo independiente (Collington, LeClerg, & Mathy, 1977; Goldstein, 1948). Gerstmann (1940) propuso que la acalculia primaria se asocia con agrafia, desorientación derecho-izquierda, y agnosia digital formando un síndrome que desde entonces se conoce como “Síndrome de Gerstman”. Técnicas de neuroimagen han correlacionado este síndrome con lesiones parietales izquierdas (Ardila, 2014; Mazzoni, Pardossi, Cantini, Giornetti, & Arena, 1990).

Lindquist (1936) identificó distintos tipos de acalculia asociados a lesiones en áreas cerebrales diferentes dando como resultado diversas clasificaciones (ver, Ardila & Rosselli, 1990, 2002; 2007; Hecaen, Angelergues, & Houillaer, 1961). Diversidad de errores en el desempeño de operaciones aritméticas se ha observado en pacientes con lesiones hemisféricas derechas e izquierdas (Levin, Goldstein, & Spiers, 1993; Rosselli & Ardila, 1989).

Boller y Grafman (1983) sugieren que las habilidades en el cálculo pueden afectarse como resultado de: (1) una incapacidad para entender el significado de los números; (2) defectos viso-espaciales que interferirían con la organización espacial de los números y los aspectos mecánicos de las operaciones aritméticas, (3) incapacidad para recordar hechos matemáticos y para utilizarlos adecuadamente y (4) defectos en el pensamiento matemático y en la comprensión de las operaciones subyacentes. Quizá se podrían añadir las

habilidades para conceptualizar cantidades (numerosidad) y operaciones inversas (suma y resta) (Ardila, 2010). El concepto de número se puede asociar con la presencia de al menos cuatro factores: (1) La representación inmediata de cantidad que se encuentra implícita en el número; (2) comprensión de la posición numérica de ese número con relación a otros símbolos numéricos (i.e., su posición ordinal entre otros números –primero segundo, tercero, etc.- y su lugar dentro de un grupo – unidades, decenas, centenas, etc.); (3) conocimiento de las relaciones entre un número y otros números; y (4) comprensión de las relaciones entre símbolos numéricos y sus representaciones verbales (Tsvetkova, 1996).

McCloskey, Caramaza y Basili (1985), McCloskey, Sokol y Goodman (1986), y McCloskey y Caramazza (1987) propusieron un modelo cognoscitivo para el procesamiento de números y su relación con las operaciones aritméticas. Este modelo incluye una distinción entre el procesamiento de números, que incluye un mecanismo de comprensión numérica, y la producción de números, además de un sistema de cálculo numérico que procesa los componentes numéricos para lograr las operaciones aritméticas. En el eventual caso de daño cerebral, estos componentes se pueden ver disociados (Dagenbach & McCloskey, 1992; Pesenti, Seron, & VanDer Linden, 1994). Las bases o principios matemáticos (i.e., las tablas de multiplicar), las reglas ($N \times 0 = 0$), y los procedimientos (de derecha a izquierda) forman parte de sistema de cálculo numérico. Los errores en el cálculo observados en pacientes con daño cerebral y aun en individuos normales pueden ser resultado de un inadecuado recobro de los

principios matemáticos, un inapropiado uso de las reglas y en errores de procedimiento. Los modelos cognoscitivos han ayudado a establecer similitudes entre las características de la acalculia adquirida y la discalculia de desarrollo (Temple, 1991).

Otro modelo teórico relacionado con la neurociencia cognoscitiva es el modelo del triple código, el cual postula que en la representación de magnitudes se utilizan tres códigos (Dehaene, Piazza, Pinel & Cohen, 2003): (a) El sistema de cantidad analógico: aproximado, no verbal (i.e., representarse la cantidad cinco como '~~~~'), (b) el sistema verbal: utilizado cuando oímos o pronunciamos la palabra 'cinco' y (c) el sistema visual de dígitos arábigos: activado ante las cifras ('5') (Gracia-Bafalluy & Escolano-Pérez, 2014). Este modelo describe un sistema cerebral específico para el procesamiento numérico que incluye tres circuitos parietales: El segmento horizontal del surco intra-parietal, la circunvolución angular izquierda y el sistema parietal superior bilateral posterior.

» Clasificación de las acalculias

Antes de entrar a desarrollar un plan terapéutico es importante determinar el tipo específico de acalculia que presenta el paciente. Varias clasificaciones de las acalculias han sido propuestas (Ardila & Rosselli, 1990; Grafman, 1988; Grafman, Passafiume, Faglioni, & Boller, 1982; Hecaen et al., 1961; Levin et al., 1993). Las clasificaciones más tradicionales distinguen entre acalculia primaria y acalculia secundaria. Luria (1977) establece una distinción entre acalculia óptica, acalculia frontal y acalculia primaria. Hécaen et al. (1961) consideran tres tipos de desórdenes en el cálculo: alexia y agrafia para números, acalculia espacial y anaritmética.

Integrando las clasificaciones presentadas arriba podríamos distinguir los siguientes seis tipos de acalculia: (1) anarithmetia, (2) acalculia afásica, (3) acalculia aléxica, (4) acalculia agráfica, (5) acalculia frontal y (6) acalculia espacial

(Ardila & Rosselli, 1990, 2007). La acalculia primaria corresponde a la anarithmetia. Las otras formas de acalculia representan acalculias secundarias (ver Tabla 1).

Tabla 1
Clasificación de las acalculias y discalculias.

Acalculias adquiridas	
Acalculia Primaria	Anarithmetia
Acalculias Secundaria	Acalculia afásica
	En la afasia de Broca
	En la afasia de Wernicke
	En la afasia de Conducción
	Acalculia aléxica
	En la alexia central
	En la alexia pura
	Acalculia agráfica
	Acalculia frontal
	Acalculia espacial
Discalculias de desarrollo	
	Anarithmetia
	Aléxica-agráfica
	Atencional/secuencial, frontal
	Espacial
	Mixta

Diversos grupos de alteraciones han sido observadas en niños con discalculias del desarrollo: (1) discalculia secundaria a una alexia y agrafia para números, (2) discalculia secuencial atencional, (3) discalculia espacial, (4) anarithmetia del desarrollo, y (5) discalculia mixta (Bandian, 1983; Shalev, Weirman, & Amir, 1988). Kosc (1970) describió seis tipos de dificultades observadas en las discalculias: (1) en la verbalización de números y procedimientos matemáticos, (2) en el manejo de símbolos, (3) en la lectura de números, (4) en la escritura de números, (5) en la comprensión de ideas matemáticas, y (6) en “llevar” al realizar operaciones aritméticas.

Es común encontrar la discalculia de desarrollo asociada a la dislexia (Rosselli, Matute, & Ardila, 2010). Muchos autores aún creen que la discalculia no aparece como una manifestación aislada de disfunción cerebral sino como parte de un síndrome de Gerstmann de desarrollo (PeBenito, 1987; PeBenito, Fisch, & Fisch, 1988).

» *Acalculia Primaria*

› Anarithmetia

La anarithmetia corresponde a la acalculia primaria. El paciente con anarithmetia presenta pérdida de los conceptos numéricos, inhabilidad para entender cantidades en la

realización de operaciones aritméticas básicas, incapacidad para utilizar reglas sintácticas en el cálculo (como por ejemplo para llevar) y es además frecuente la confusión de signos matemáticos (Ferro & Botelho, 1980). Hécaen et al. (1961) encontraron superposición entre la anaritmia y la alexia y agrafia para números. En una muestra de 73 pacientes con anaritmia, encontraron que 62% presentaban afasia, 61% errores constructivos, 54% defectos en los campos visuales, 50% alteraciones cognoscitivas generales, 39% alexia verbal, 37% defectos somatosensoriales, 37% confusión en la orientación derecha izquierda, y 33% defectos óculo motores. La muestra estudiada era sin embargo muy heterogénea, y la acalculia podría asociarse con otros defectos neurológicos y neuropsicológicos.

No es fácil encontrar casos de anaritmia pura sin otros trastornos cognoscitivos sobre todo de tipo afásico. El paciente con anaritmia tiene que presentar errores en el desempeño de operaciones matemáticas tanto orales como escritas y usualmente presentan errores en el manejo de conceptos matemáticos y utilizan incorrectamente los símbolos aritméticos. Rosselli y Ardila (1989) analizaron los errores que pacientes con lesiones parietales izquierdas exhibían al realizar cálculos matemáticos tanto orales como escritos. Setenta y cinco por ciento de los pacientes presentaban confusión de símbolos, todos los pacientes presentaron errores en la transcodificación de números (i.e., 3) a letras (i.e., tres) y de letras a números y en la realización de operaciones aritmética sucesivas (i.e., 4, 7, 10 etc.) y en la solución de problemas numéricos. Aunque es inusual encontrar casos de

anaritmia pura por lesiones cerebrales focales, es común encontrarla en casos de demencia (Ardila & Rosselli, 1987; Grafman, Kampen, Rosenberg, Salazar, & Booler, 1989; Parlato et al., 1992).

» *Acalculias Secundarias*

› Acalculia afásica

Dificultades en el cálculo se observan generalmente en pacientes afásicos y se correlacionan con sus defectos en el lenguaje. Como resultado un paciente con una afasia de tipo Wernicke demuestra defectos de memoria verbal en la realización de cálculos numéricos. Así mismo, los pacientes con una afasia de tipo Broca presentan problemas de sintaxis cuando se requieren en la solución de cálculos números. En la afasia de conducción los defectos de repetición afectan las operaciones mentales sucesivas y el conteo en regresión. Esto implica que los defectos en el cálculo se correlacionan con las dificultades lingüísticas en casos de afasias (Grafman et al., 1982).

› Acalculia en la Afasia de Tipo Broca

Dahmen, Hartje, Büssing y Sturm (1982) observaron que pacientes con afasia de tipo Broca presentaban trastornos en el manejo de relaciones simbólicas y numéricas derivadas primordialmente de sus limitaciones lingüísticas. Deloche y Seron (1982, 1987) encontraron en tareas numéricas errores sintácticos en pacientes con este tipo de Afasia. Presentaron también errores para contar en regresión y para realizar operaciones mentales sucesivas (i.e., 100, 93, 87...; o 1, 4, 7...) con errores en la jerarquización de números (i.e., 5-50, especialmente en la lectura), y en su representación ordinal (i.e., 5-6, especialmente en la escritura). Adicionalmente el "llevar" en operaciones

numéricas fue muy complicado para este grupo de pacientes.

En tareas de transcodificación del código digital (i.e., 3) al verbal (i.e., tres) se observa la omisión de partículas gramaticales. El uso de la gramática es muy difícil para los pacientes con afasia de Broca lo cual se refleja en estas tareas de transcodificación. En estos pacientes se presentan errores en la lectura y escritura de números indicativos de problemas en la interpretación de elementos gramaticales que ilustran sobre la posición de un número dentro de un grupo de unidades, decenas o centenas; por ejemplo cuando leen el número trecientos cincuenta mil doscientos [350.200], tienen dificultades para entender las palabras “cientos” “mil” y en consecuencia escriben 30050000200 demostrando errores en la jerarquización de las cantidades. La afasia de Broca se podría interpretar como un trastorno en la secuenciación del lenguaje y por ende la producción de secuencias de números también está alterada en estos pacientes (Rosselli & Ardila, 1989).

› Acalculia en la Afasia de Wernicke.

Los pacientes con afasia de Wernicke presentan errores semánticos y lexicales en la lectura y escritura de números. Dahman y colaboradores (1982) sugieren que los errores en el cálculo presentados por estos pacientes se correlacionan con sus defectos en el procesamiento visoespacial. Luria (1977) sugiere que los errores en el cálculo de los pacientes con afasia acústico-amnésica dependen de sus defectos en la memoria verbal. Esto es particularmente evidente en la solución de problemas numéricos cuando el paciente tiene que recordar las condiciones del problema. Benson y Denckla (1969) destacan la presencia de parafasias

verbales como una fuente importante de errores de cálculo en estos pacientes. Al escribir números al dictado, pueden escribir números por completo irrelevantes (por ejemplo, cuando al paciente se le pide que escriba 257, y dice 820, para anotar, finalmente, 193), mostrando pérdida del sentido del lenguaje. En la lectura puede haber errores por descomposición (i.e., 463 46, 3). Las operaciones mentales, las operaciones sucesivas y la solución de problemas numéricos resultan igualmente difíciles para estas personas (Ardila & Rosselli, 2007; Rosselli & Ardila, 1989).

› Acalculia en la Afasia de Conducción

Los pacientes con afasia de conducción (afasia motora aferente o apraxia verbal) presentan severos errores en el cálculo. Los pacientes pueden equivocarse al llevar a cabo operaciones mentales y escritas. También tienen problemas para hacer operaciones sucesivas y solucionar problemas. Cuando se trata de leer números, aparecen errores por descomposición, orden y jerarquía (Rosselli & Ardila, 1989). A menudo, fallan en la palabra “llevar”, en el uso general de la sintaxis del cálculo incluso en la lectura de signos. Todo lo anterior, podría interpretarse como una anaritmia; sin embargo, debe considerarse que la lesión en la afasia de conducción puede ubicarse muy cerca del daño esperado en la anaritmia. Tanto la afasia de conducción como la anaritmia se han relacionado con daño en el parietal izquierdo. Así, la correlación significativa entre afasia de conducción y acalculia no es una coincidencia.

› Acalculia Aléxica

Los defectos en el cálculo pueden también reflejar dificultades generales en la lectura de números que representarían una

acalculia aléxica o alexia para números. Se han descrito cuatro tipos principales de alexia: alexia central, alexia pura, alexia frontal y alexia espacial. En los párrafos siguientes se describe la acalculia en los dos primeros tipos de alexia; la acalculia frontal y la acalculia espacial se describen separadamente más adelante.

› Acalculia en la alexia central

La alexia central o parieto-temporal incluye la incapacidad de leer números u otros sistemas simbólicos (como las notas musicales). Sin embargo, a menudo en la práctica clínica la lectura de dígitos o números compuestos por varios dígitos puede ser superior a la lectura de letras o palabras. En ocasiones, el paciente no puede decidir si un símbolo determinado corresponde a una letra o a un número; asimismo, la posibilidad de hacer operaciones matemáticas por escrito está alterada, aunque la ejecución mental es muy superior. No obstante, a pesar de que es conceptualmente válido distinguir entre alexia y agrafia para números y anaritmia, en la práctica resulta difícil de establecer. La topografía del daño es similar en la alexia con agrafia y en la acalculia primaria, pues corresponde a la circunvolución angular izquierda. En general la alexia literal para números se asocia con alexia para signos aritméticos.

› Acalculia en la alexia sin agrafia o alexia pura

La alexia pura (o alexia sin agrafia o alexia occipital) es más una alexia verbal (alexia para palabras) que una alexia literal (alexia para letras). Es razonable que el paciente presente mayores dificultades al leer números compuestos de varios dígitos que al leer dígitos aislados. Cuando lee números los descompone (81->8,1) y tiene errores de jerarquía. Cuando lee palabras,

lo hace mejor en las letras ubicadas a la izquierda; asimismo, al leer números sólo lo hace correctamente en el primero o los primeros dígitos, e incluso muestra cierta negligencia en el lado derecho (3756->375). Debido a la alexia, hacer operaciones por escrito es difícil y frecuentemente se fracasa. Debido a los problemas de exploración visual, alinear números en columnas y emplear la palabra "llevar" son tareas en las cuales se tiende al fracaso. Es importante subrayar que la lectura se hace de izquierda a derecha (en las lenguas occidentales, por lo menos), pero la realización de operaciones aritméticas procede de derecha a izquierda. Además de la hemianopsia (o al menos cuadrantanopsia)

› Acalculia agráfica

Los errores de cálculo pueden aparecer como resultado de la incapacidad de escribir cantidades. La dificultad específica se asocia con un tipo particular de agrafia. Cuando se relaciona con la afasia de Broca, la agrafia no será de tipo fluente para cantidades, con algunas perseveraciones y errores de orden. En tareas de transcodificación del código numérico al código verbal, los pacientes omiten elementos gramaticales y letras. También tienen dificultades para elaborar secuencias escritas de números (1, 2, 3,...), sobre todo en orden inverso (10, 9, 8,...). En la afasia de Wernicke la agrafia para números será de tipo fluente. Sin embargo, por los defectos de comprensión verbal, el paciente se equivoca al escribir números al dictado, e incluso escribe números totalmente irrelevantes (428 2530). También comete errores lexicales (paragrafias verbales numéricas). En la escritura al dictado, ésta puede ser fragmentada (25 ->20,5). En la afasia de conducción es evidente un defecto agráfico en la escritura de números.

El paciente es incapaz de convertir el número escuchado y que incluso aun ha repetido para sí, a una forma gráfica. Presenta además errores de orden, jerarquía e inversión. La posible agrafia apráxica altera la habilidad para realizar la secuencia motriz requerida para escribir letras, y también hace lo propio en la escritura de números. Escribir números es un proceso lento, difícil, con múltiples correcciones.

La agrafia para números en casos de agrafias motoras comparte las mismas características en la escritura de letras, palabras y frases. Cuando hay agrafia parética, los números son grandes y burdamente formados. En la agrafia hipocinética son evidentes las dificultades para iniciar el acto motor y existe micrografía y estrechamiento progresivo de los números. En la agrafia hipercinética los números suelen ser grandes, distorsionados y difíciles de leer con frecuencia, el paciente es incapaz de escribir. En otras palabras, la agrafia se manifiesta tanto en la escritura del lenguaje como en la escritura de números y en la realización de operaciones por escrito.

› Acalculia Frontal

A menudo se mencionan en la literatura los errores de cálculo en pacientes con lesiones prefrontales (Luria, 1977), aunque en la realización de operaciones aritméticas simples tales dificultades suelen pasar inadvertidas. Estos pacientes pueden contar, comparar cantidades y realizar operaciones aritméticas sencillas, sobre todo si se les permite utilizar papel y lápiz. Sin embargo, son incapaces de realizar operaciones mentales y operaciones sucesivas, y resolver problemas matemáticos. Para ellos el manejo de conceptos matemáticos complejos es

imposible. Los pacientes con daño frontal pueden tener fallas en tareas de cálculo, como consecuencia de cuatro tipos diferentes de alteraciones: (1) defectos atencionales; (2) perseveración; (3) pérdida de conceptos matemáticos complejos, y (4) incapacidad de establecer y aplicar una estrategia apropiada para resolver un problema numérico.

Los déficits atencionales se muestran en la dificultad para concentrarse en las condiciones del problema. El paciente no puede involucrarse en la tarea, pues presenta continuas asociaciones tangenciales. Una tarea numérica implica cierto nivel de esfuerzo (atención) y control mental (concentración), y los defectos atencionales constituyen uno de los factores básicos en caso de lesiones frontales del cerebro (Luria, 1977). La perseveración es evidente cuando se continúa dando la misma respuesta ante condiciones diferentes. Si al paciente se le pide restar 7 de 100, es probable que en principio esté en lo correcto, pero luego caerá en un estereotipo de respuesta, señalando, por ejemplo, 100, 93, 83, 73, 63, etc. Además, al tratar de resolver problemas matemáticos (como: "si tengo 18 libros distribuidos en dos estantes, y en uno de ellos hay el doble de libros que en el otro, ¿cuántos libros hay en cada estante?"), el paciente tiene dificultades para manejar al mismo tiempo diferentes condiciones del problema (es decir, los libros están divididos, hay una relación de 2 a 1 y hay 18 libros en total), e incluso puede ser incapaz de entender en qué consiste el problema; en vez de solucionarlo, el paciente simplemente lo repite sin que exista una estrategia de solución.

› Acalculia Espacia

Los defectos espaciales en el cálculo en

pacientes con daño del hemisferio derecho, particularmente parietal, se asocian a menudo con negligencia hemiespacial, alexia y agrafia de tipo espacial, dificultades construccionales y desórdenes espaciales en general. No se advierten dificultades al contar, ni al realizar operaciones sucesivas. Al leer números, estos pacientes pueden presentar cierta fragmentación por negligencia (523 ->23). La lectura de números complejos, en la cual la posición espacial es crítica, muestra alteraciones (por ejemplo, 1003 103), e incluso hay inversión de dígitos (por ejemplo, 32 23).

Al escribir números se repiten las mismas dificultades que en la escritura de letras (Ardila y Rosselli, 1993), es decir, utilización exclusiva de la mitad derecha de la página, iteraciones de dígitos (por ejemplo, 227 ->22277) y de rasgos (sobre todo en el número 3), incapacidad de mantener la dirección en la escritura, desorganización espacial y escritura sobre los segmentos ya utilizados de la página. También puede haber inversiones. Al realizar operaciones aritméticas escritas, los pacientes con lesiones del hemisferio derecho entienden cuánto deben “llevar” (o “prestar”), pero no saben dónde exactamente deben colocarlo. Además, su incapacidad para alinear números en columnas les impide realizar operaciones aritméticas escritas. Por ello, con frecuencia mezclan procedimientos; por ejemplo, al restar, suman. Este defecto se relaciona con otro muy frecuente: no parecen sorprenderse con resultados imposibles (llamados errores de razonamiento), como cuando, el resultado de una resta es mayor que el minuendo. Este tipo de error en el razonamiento aritmético se ha encontrado también en niños con discalculia de desarrollo.

Según Ardila y Rosselli (1994), los

trastornos en el cálculo por lesiones en el hemisferio derecho tienen las siguientes características: (1) son particularmente notables en el cálculo por escrito, pues hay alguna disociación entre el cálculo mental y el cálculo por escrito: mientras que el primero se conserva, el segundo está seriamente alterado; (2) los problemas que presenta la lectura y escritura de números son los mismos de la escritura en general, es decir, son evidentes cierta alexia y agrafia espacial. En la escritura de números se encuentra: adición de rasgos y dígitos, incapacidad para utilizar correctamente el espacio a fin de unir y separar números, problemas para mantener una dirección horizontal durante la escritura, incremento de los márgenes izquierdos e inestabilidad para mantener el margen (“fenómeno de cascada”) y desorganización espacial del material escrito.

Discalculia del desarrollo

El término discalculia del desarrollo se refiere a dificultades en el aprendizaje de las operaciones aritméticas que previenen un adecuado desempeño académico a pesar de una capacidad intelectual completamente normal. Se estima que un 3-6% de los niños en edad escolar presentan este trastorno de desarrollo (Shalev, Auerbach, Manor, & Gross-Tsur, 2000). La prevalencia, sin embargo varía de acuerdo con el país de estudio; por ejemplo en Cuba se ha estimado que la prevalencia es 3.4 % (Reigosa-Crespo et al., 2012) mientras que en Bélgica es 7.5% (Desoete, Roeyers, & De Clercq, 2004).

Es frecuente encontrar dificultades visoperceptuales y espaciales así como problemas atencionales en niños con trastornos en el aprendizaje de las matemáticas. Igualmente no es inusual encontrar la discalculia de desarrollo en

combinación con dificultades en el aprendizaje de la lectura y la escritura (Rosselli, 1992). Sin embargo el defecto fundamental en la mayoría de los niños con discalculia del desarrollo está en la carencia del *sentido numérico* (similar a la conciencia fonémica en lectura) que sería la habilidad universal para representar y manipular los números mentalmente (Dehaene, 1997, 2003; Feigenson, Dehaene, & Spelke, 2004). En este sentido los niños con discalculia tendrían una dificultad innata en el procesamiento de números que se reflejaría en incapacidad para realizar tareas numéricas muy básicas como contar y comparar cantidades (p. ej., qué número es mayor entre 103 con 130?) (Butterworth (2005; 2008; Landerl et al., 2004). Igualmente la capacidad para subitizar es decir procesar conjuntos de hasta cuatro elementos se observaría alterada muy temprano en el desarrollo de los niños con trastornos en el aprendizaje de las matemáticas.

Sin embargo, los problemas observadas en estos niños pueden ser muy heterogéneas y manifestarse en una diversidad de errores que han sido clasificados en las siguientes 7 categorías (Strang & Rourke, 1985): (1) errores en la organización espacial de números, (2) errores de atención visual, (3) errores en los procedimientos aritméticos, (4) errores grafo motores, (5) errores de juicio y razonamiento, (6) errores de memoria, y (7) errores por perseveración (Rosselli et al., 2010).

Los estudios sobre activación cerebral durante la realización de tareas numéricas en niños han señalado la participación del lóbulo parietal bilateral, el lóbulo frontal, la corteza prefrontal (asociada al control ejecutivo y a la memoria operativa), y el lóbulo temporal medial (memoria

declarativa) (Gracia-Bafalluy & Escolano-Pérez, 2014). En el lóbulo parietal se la ha dado una particular importancia en el procesamiento numéricos a las neuronas que se encuentran en el surco intraparietal (SIP). En niños con discalculia de desarrollo se ha observado hipo-activación de este sistema de cálculo fronto-parietal bilateral (Kucian et al., 2006) en especial del SIP (Kaufmann, Wood, Rubinsten, & Henik, 2011).

Rehabilitación de las habilidades de cálculo

La mayoría de los pacientes con daño cerebral (especialmente de origen vascular y traumático) presentan durante los primeros meses después de la lesión, alguna recuperación espontánea de sus defectos cognitivos. Posteriormente la curva de recuperación espontánea se desacelera y requiere de la implementación de programas de rehabilitación para lograr una mejoría adicional (Lomas & Kertesz, 1978).

Dos tipos de estrategias se han sugerido para lograr una recuperación en las habilidades cognoscitivas: la reactivación de la función pérdida y el desarrollo de una estrategia o de un procedimiento alternativo que logra el mismo objetivo que la habilidad perdida. La mayoría de los modelos de rehabilitación de afasias, alexias y agrafias enfatizan la segunda estrategia que implica una reorganización cognoscitiva (Seron, 1982) con la reorganización de todo un "sistema funcional" (Luria, 1977). Desafortunadamente, aun no existe un modelo sólido de rehabilitación del cálculo y la intervención de estos defectos con frecuencia se omite o se trata de manera muy superficial. Existen algunos intentos investigativos para estudiar procedimientos de rehabilitación del cálculo. La acalculia es

usualmente evaluada como una función dependiente del lenguaje. Se deben definir las habilidades de cálculo que están conservadas y aquellas que están alteradas. Variables tales como el nivel educativo del paciente y la actividad ocupacional se deben considerar como variable intervinientes.

Una vez que se determina que existe acalculia, se debe llevar a cabo un análisis cuantitativo y cualitativo del tipo de errores que el paciente presenta al responder a las diferentes secciones de la batería de evaluación del cálculo. La reorganización de los procedimientos que subyacen a un defecto de cálculo requiere claridad sobre cuál es el proceso numérico alterado y como ese proceso interactúa con la conducta normal. La justificación para desarrollar un proceso de rehabilitación estaría basada en que tan limitante es la acalculia en la vida ocupacional y social del paciente. Además el paciente que inicia un proceso de rehabilitación del cálculo tiene que tener una capacidad cognoscitiva global al menos parcialmente conservada para poder desarrollar una estrategia o un procedimiento alternativo (De Partz, 1986; Seron, 1984).

En las siguientes secciones describiremos algunas técnicas que se utilizan en la rehabilitación o intervención de pacientes con acalculia primaria y acalculias secundarias. La mayoría de los métodos que se describirán han sido implementados en casos individuales y en muy pocos casos se ha documentado la eficacia del mismo en muestras grandes de pacientes.

» *Rehabilitación de la acalculia primaria*

Como se mencionó anteriormente la acalculia primaria o anaritmia se asocia con lesiones parietales (Ardila & Rosselli, 2010). Tsvetkova (1996) considera que el

problema fundamental que subyace a este tipo de acalculia es una alteración en la percepción espacial de los números y en su representación mental junto con defectos en la organización verbal de esta percepción espacial. La dificultad en los sistemas de coordinación espacial constituye un problema central en la acalculia primaria (Luria, 1977; Tsvetkova, 1996). Estos pacientes presentan defectos en los conceptos numéricos, en la comprensión de la posición de los números dentro del continuo numérico, y en la realización de secuencias aritméticas (por ejemplo sumar o restar sucesivamente un determinado número) así como en el adecuado reconocimiento de símbolos aritméticos

La acalculia primaria se suele combinar una afasia semántica (Ardila, 1993; Ardila, López, & Solano, 1989; Luria, 1977), asociada con problemas en la comprensión de relaciones lógico-gramaticales. Son comunes errores para comprender “mayor que” o “menor que”, y por ende no los pacientes no pueden determinar la relación de tamaño entre números. Así por ejemplo perciben el número 86 como mayor al número 112 pues solo miran el valor numérico de cada dígito en manera independiente. A pesar de que la denominación de dígitos (leerlos) está conservada les es imposible usarlos de manera conceptual. Son incapaces de reconocer por ejemplo el número de docenas o centenas que se encuentran dentro de un número (i.e., en 800) o entender el contenido de las relaciones entre números tales como $30 = 10 + 10 + 10$. De acuerdo con Tsvetkova (1996), la anaritmia se caracteriza por la pérdida de la comprensión del sistema numérico. Es por ello que esta autora

propone un método de rehabilitación dirigido a recuperar la comprensión de los números y su valor posicional dentro de la línea numérica.

Inicialmente, el paciente reaprende el concepto de número a través de tareas que consisten en organizar conjuntos de objetos (figuras geométricas por ejemplo) y relacionarlos con un valor número específico. Otras tareas incluyen dividir los objetos en grupos basándose en una característica específica de los objetos como sería por ejemplo su forma, tamaño o color, contar los objetos en cada grupo, y buscar entre varios el número de elementos que le corresponde a cada conjunto; ulteriormente se decide cuántos de esos números están representado en los conjuntos de objetos para finalizar con la escritura del número en una hoja de papel.

Una vez que el paciente ha adquirido o reactivado el concepto de dígitos y decenas se inicia la intervención para desarrollar el concepto de composición numérica, la relación entre números y la posibilidad de manipularlos mediante operaciones aritméticas. Son muy importantes los ejercicios de denominación e identificación de números incluyendo la posición de estos en el continuo de la línea numérica. El paciente comienza a entender que los nombres de los números, leídos de izquierda a derecho, dan información del valor posicional del mismo siendo mayores los del lado izquierdo y menores los del lado derecho; así por ejemplo en el número 154 Ciento cincuenta y cuatro, el 1 es el que tiene mayor valor pues representa las centenas y el 4 el de menor valor pues representa las unidades. Durante esta etapa de la intervención se trabaja la posición ordinal de los números y su valor dependiendo de su ubicación. Tsvetkova

enfatisa la importancia de usar en un comienzo mediadores concretos como fichas para progresivamente irse moviendo en su uso más abstracto. Si el paciente presenta anomia se le debe también involucrar en esta etapa ejercicios para recuperar y automatizar el nombre de los números.

La comprensión de números constituye un aprendizaje recurrente y permanente para poder re aprender las operaciones aritméticas y debe iniciarse de la manera más sencilla posible y usando ayudas externas como dibujos, objetos, etc. Puede ser útil la auto verbalización en voz alta de los pasos necesarios que se deben seguir para lograr objetivo particulares. A medida que los pacientes progresan la auto-verbalización en voz alta se reemplaza por una para sí mismo. Entrenamiento en problemas específicos (i.e., 9×0) puede llevar a la recuperación de reglas aritméticas ($n \times 0 = 0$) (McCloskey et al., 1991).

Una revisión de la literatura sobre el tratamiento de la acalculia desde 1980 hasta 2007 identifico solamente siete estudios todos ellos análisis de casos (Basso et al., 2011). En la mayoría de ellos se utilizaron técnicas escritas de transcodificación de números de un código a otro (dígitos a letras o viceversa). Otros utilizaron el reaprendizaje de las tablas de multiplicar o reaprendizaje de procesos de cálculo en general y de la multiplicación en particular. A pesar de haberse reportado resultados positivos con la utilización de estas técnicas de intervención, dada la escasez de estudios de grupo, es difícil establecer cuál es la técnica más eficaz en la rehabilitación de las acalculias.

La acalculia primaria se puede dar sin alteraciones del lenguaje pero su

coexistencia con la afasia es alta (Basso, Caporali & Faglioni, 2005) y es por ello frecuente que si el paciente con anaritmia presenta afasia esta se rehabilite primero cuando los problemas de comprensión son severos. La rehabilitación del proceso de cálculo se puede implementar una vez que se logre un nivel de comprensión y producción lingüística apropiado para el plan de recuperación (Tsvetkova, 1996). La recuperación de la afasia puede influir sobre la de la acalculia. Es así como, Basso, Burgio y Caporali (2000) encontraron que la recuperación espontánea de la acalculia en pacientes con lesiones vasculares izquierdas se correlacionaba con el nivel de recuperación en la comprensión del lenguaje.

En conclusión el paciente con anaritmia debe comenzar por reaprender los conceptos básicos de número para de ahí progresar a la adquisición de conceptos más sofisticados que implican la relación entre los números.

» *Rehabilitación de las acalculias secundarias*

En pacientes con problemas en el reconocimiento de números resultantes de un defecto perceptual, el proceso de intervención está dirigido, a recuperar la percepción visual. Estos pacientes usualmente puntúan bajo en pruebas de lectura de números y se les dificulta notoriamente la transcodificación de cantidades de un código a otro, con frecuentes errores de rotación de números (Rosselli & Ardila, 1989). Las dificultades perceptuales afectan el desempeño en tareas que requieran escribir números en contraste con un muy buen desempeño en tareas de cálculo mental. Cuando la habilidad para escribir números está preservada como es el caso de los

pacientes que sufren alexia sin agrafia, escribir los números en el aire ayuda como estrategia para su reconocimiento.

Tsvetkova (1996) propone utilizar con estos pacientes la técnica de la “reconstrucción del número”. Esta técnica incluye la reconstrucción del número comenzando por ciertos elementos visuales; por ejemplo terminar números cuyos trazos ya ha sido iniciados como sería el caso de completar el número 8 a partir del número 3, buscar ciertos elementos de un número en otro número; por ejemplo buscar el número 1 en el trazo del número 4; finalmente verbalizar las similitudes y diferencias observadas entre la apariencia visual de diversos números. Simultáneamente a la utilización de la técnica de reconstrucción de números se hacen ejercicios de orientación espacial, de comprensión de las dimensiones de derecho-izquierda y de análisis e identificación de diversas formas geométricas.

Usualmente los pacientes con alexia sin agrafia tienen dificultades para la integración visual de estímulos (simultanagnosia) e inexactitud en la coordinación visual-motora (ataxia óptica). Por lo tanto la intervención debe incluir ejercicios que permitan la exploración visual espacial con su consecuente integración y el entrenamiento visual-motor. Las tareas incluidas en estos programas de rehabilitación van progresivamente incrementando su nivel de dificultad, comenzando por movimientos simples para objetivos sencillos como alcanzar objetos; seguidas de tareas que impliquen movimientos más complejos como copia de figuras en dos dimensiones para concluir con copia de diseños de tres dimensiones (Sohlberg & Mateer, 1989).

El entrenamiento en la reproducción de diseños de diferentes formas, colores y tamaños se comienza con ayudas por parte del terapeuta. Por ejemplo, al paciente se le pide que termine de copiar diseños que están parcialmente copiados para que progresivamente los vaya reproduciendo de manera completamente independiente y (Ben-Yishay, 1983). Sohlberg y Mateer (1989) proponen como procedimiento para evaluar la generalización de la tarea entrenada a otras tareas, obtener una línea de base sobre el desempeño del paciente inicialmente en 10 figuras geométricas registrando la exactitud de los diseños, el tiempo de ejecución y el número de ayudas que necesita. El terapeuta puede escoger 5 de estos 10 diseños para la fase de entrenamiento. Cuando se logra el desempeño deseado con estos 5 diseños, se procede a evaluar los efectos del entrenamiento usando los 5 diseños restantes, Esta generalización de los efectos del entrenamiento se deben buscar en tareas motoras que no hayan sido utilizadas en el entrenamiento pero que exijan las mismas habilidades visomotoras (Gouvier & Warner, 1987).

Cuando existe un defecto de exploración visual (apraxia ocular), introducir tareas de seguimiento ocular puede ayudar a compensar este defecto. Rosselli y Ardila (1996) describieron la rehabilitación de las habilidades de lectura y escritura de un paciente con síndrome de Balint, con una severa apraxia ocular. Se aplicaron ejercicios que mejoraban el movimiento ocular utilizando tareas de (a) seguimiento visual de objetos, (b) colocar los dedos índices a una distancia de 15 cms. A cada lado de la cara y requiriendo al paciente a mirar a la derecha y a la izquierda de manera consecutiva y (c) practicando

movimientos de convergencia ocular iniciándose en un punto central a unos 30 cms de distancia del paciente; el paciente debía llevar su dedo índice derecho o izquierdo desde este punto central hasta su nariz, sin perder el control visual del dedo. Adicionalmente ejercicios visoquinéticos fueron incluidos en el plan de intervención. Al paciente se le mostraban letras que debía reproducir en el aire y después decir el nombre de la letra. De la misma forma al seguir visualmente las palabras el paciente debía simultáneamente hacer los movimientos de escribirlas. Dentro de los ejercicios de exploración visual descritos por Rosselli y Ardila, buscar palabras y letras en grupos de palabras (sopa de letras y palabras) que progresivamente tenía un mayor nivel de dificultad resultaron los ejercicios más efectivos. Se anotaba el tiempo y la precisión en el desempeño de cada tarea.

Pacientes con acalculia afásica que están recibiendo terapia para su trastorno de lenguaje usualmente mejoran significativamente y en forma paralela las alteraciones de cálculo (Basso, 1987). Es decir, la rehabilitación de la acalculia en estos pacientes es paralela a la rehabilitación del lenguaje utilizando técnicas de denominación, de memoria auditiva verbal y de clasificación conceptual semántica. Cuando la acalculia es fundamentalmente derivada de defectos de discriminación fonológica, se observan prominentes errores en tareas numéricas orales. Es por ello que dentro del programa de rehabilitación se deben utilizar estímulos visuales por lo menos inicialmente (Tsvetkova, 1996).

Pacientes con lesiones frontales generalmente presentan perseveraciones y dificultades atencionales que previenen un

adecuado desempeño en pruebas de cálculo a pesar de que no presenten errores en la denominación ni en el reconocimiento de los números. Tsvetkova (1996) propone la idea de proveer a estos pacientes con estrategias de control atencional que les permita focalizar su atención y reducir la perseveración. Estas estrategias de control se refieren a descripciones verbales de los pasos que el paciente debe seguir para completar una tarea aritmética de manera satisfactoria. Así por ejemplo cuando el paciente tiene que realizar la tarea de formar el número 12 a partir de otros números los siguientes pasos podrían ayudarlo: (1) forme el número 12 adicionando dos números; se le pide al paciente que busque el mayor número posible de combinaciones de dos números que al sumarlos den 12; (2) lograr el mismo número combinado otros y utilizando la resta; se le pide al paciente usar el mayor número de combinaciones de dos números que al restarlos den 12; y (3) lograr el mismo número multiplicando dos números y buscando siempre el mayor número posible de combinaciones de dos números. Se le entrena al paciente a verbalizar los pasos y a seguirlos.

La acalculia espacial se asocia con negligencia espacial unilateral o hemi-inatención, y se observa principalmente como consecuencia de lesiones del hemisferio derecho, aunque puede observarse en casos de lesiones izquierdas también (Rosselli, Rosselli, Vergara, & Ardila, 1986). La hemi-inatención se refiere a la incapacidad para responder o atender a un estímulo (incluyendo números) presentados en el lado contralateral a una lesión cerebral y constituye uno de los factores más interferentes con el recobro cognoscitivo. Aunque la hemi-inatención se asocia con hemianopsia (perdida de un

campo visual contralateral a la lesión), puede existir de manera independiente. Frecuentemente se utilizan tareas de cancelación, copia de figuras, tareas de búsqueda visual, bisección de líneas, y el dibujo de un reloj dentro de las técnicas de evaluación de la negligencia espacial unilateral. Basados en la hipótesis de que pacientes con negligencia espacial unilateral tiene dificultades para explorar adecuadamente el medio que los rodea existe diversos métodos de rehabilitación dirigidos a recuperar esta habilidad (Weinberg et al., 1977).

Dentro de las técnicas utilizadas para mejorar la hemi-inatención en la lectura se cuentan: (1) Colocar una línea gruesa de color en el margen izquierdo del párrafo que se va a leer y (2) numerar cada renglón al inicio y al final. Se le pide al paciente que siempre busque la línea de color para saber en dónde debe empezar la lectura y que con el dedo busque el número correspondiente en el inicio del renglón. A medida que avanza el tratamiento se van eliminando las claves verbales y visuales hasta que el paciente sea capaz de leer sin ayuda. La disminución progresiva de la hemi-inatención se asocia con disminución de los defectos espaciales al leer (Ardila & Rosselli, 2007).

En la recuperación de la agrafia espacial se ha sugerido utilizar papel con líneas que ponen una limitación espacial para escribir y ayuda mantenerse en el espacio correcto al escribir. Se ha propuesto igualmente marcar con líneas verticales los espacios entre las palabras. Rosselli y Ardila (1996) describen la rehabilitación de una mujer de 58 años quien presentaba alexia, agrafia, y acalculia espaciales secundarias a una lesión vascular en el hemisferio derecho. El programa de

rehabilitación se fundamentó en la recuperación de la negligencia espacial unilateral y las dificultades espaciales asociadas. Al iniciar la rehabilitación la paciente podía realizar problemas aritméticos orales pero era incapaz de hacerlos escritos por las dificultades espaciales. En una prueba inicial de aritméticas que incluía sumas, restas, multiplicaciones y divisiones obtuvo un puntaje de 0/20. Eran muy evidentes la negligencia espacial unilateral izquierda, la mezcla inadecuada de procedimientos y la imposibilidad para organizar y seguir los números dentro de las columnas para sumarlos.

Las técnicas de rehabilitación incluyeron:

1. El uso de párrafos cortos con una línea roja marcada verticalmente en el margen izquierdo del párrafo y con los renglones numerados al inicio y al final; la paciente debía usar el dedo índice para buscar el principio del renglón, buscando la línea roja y el número correspondiente al inicio del mismo. Al terminar de leer el renglón el número que se encontraba al final le indicaba que ahora tenía que buscar el número siguiente pero esta vez llevando el dedo al margen izquierdo indicado por la línea roja. Las ayudas de la línea vertical y los números se iban progresivamente eliminando.

2. En un texto de no más de 12 renglones el paciente debía completar las letras faltantes en algunas palabras; para lo cual tenía que realizar una exploración visual ordenada y secuencial

3. Se utilizaron ejercicios que requerían cancelación de letras; inicialmente suministrando claves verbales.

4. En la escritura espontánea se usó papel con líneas que marcaban los renglones con una línea vertical gruesa de

color en el margen izquierdo la cual debía ser buscada por el paciente para iniciar la escritura de ese lado. Posteriormente se eliminó la línea pero la paciente tenía que verbalizar inicialmente en voz alta y después mentalmente las instrucciones de la búsqueda de la línea para iniciar la escritura en el lado correcto.

5. Para facilitar el reaprendizaje de los números al dictado se usó papel cuadriculado para que la paciente pudiera colocar cada dígito en un solo cuadrado, y reaprendiendo así la ubicación de las unidades, decenas, centenas etc.. y su valor dependiendo de la localización del número en un lugar espacial específico.

6. Para promover el entrenamiento en operaciones aritméticas, se le entregaban por escrito adiciones, sustracciones, multiplicaciones y divisiones con los dígitos separados en columnas las cuales estaban identificadas con gruesas líneas de colores y en la parte superior se encontraban numeradas. La paciente tenía que verbalizar el procedimiento aritmético y con su dedo índice derecho, buscar el número de la columna correspondiente. Progresivamente se pasó a dictar los números de las operaciones que iba a realizar.

Las técnicas que acabamos de describir mostraron resultados muy positivos después de 8 meses de tratamiento con una recuperación muy significativa.

Rehabilitación de la discalculia de desarrollo

Dado que el déficit central en la discalculia de desarrollo está en el procesamiento básico de los números la rehabilitación se centra en restablecer la representación y la manipulación mental de los números.

Estudios longitudinales muestran que los niños con discalculia se benefician de intervenciones que incorporan conteo, reemplazar valores en operaciones aritméticas, transcodificación de códigos numéricos y verbales. La integración de conocimiento procedural (“saber cómo hacer”) y conocimiento conceptual (“saber por qué”) es necesario para lograr aprendizajes aritméticos. Además, la generalización y transferencia de conocimiento aritmético (contar, operaciones y procedimientos) adquieren

significado únicamente si se hacen ejercicios relacionados con la vida real.

Kaufman, Handl y Thöny (2003) proponen para lograr una adecuada recuperación de las dificultades numéricas seguir una secuencia de pasos la que se muestra en la Tabla 2. La intervención se debe iniciar según las autoras con aprendizajes muy básicos como son el conteo y la comparación de magnitudes e ir avanzando progresivamente hasta llegar a la realización de multiplicaciones y divisiones.

Tabla 2.

Actividades que se deben seguir en un proceso de intervención en la discalculia de desarrollo

Paso	Actividad
1	Conteo
2	Compresión y uso de signos matemáticos, capacidad de transcodificar VERBAL <-> NUMERICO (cinco=5)
3	Memorizar numerales que suman un número (10) 1+9, 2+8, 3+7....)
4	Memoria de hechos aritméticos (sumas), bisección de números
5	Memoria de hechos aritméticos (sustracción) operación inversa
6	Elaboración de la base 10, conteo complejo (2 en dos; tres en tres; calculo con numerales > 10; sumas y restas con pasos complejos
7	Memoria de hechos aritméticos (multiplicación)
8	Memoria de hechos aritméticos (división) inversión

La tecnología también ofrece juegos como “The Number Race” que permiten avanzar en el sentido numérico mediante un entrenamiento en la comprensión de números arábigos, códigos verbales y comparación de cantidades. Adiciones y sustracciones simples Wilson, Revkin, Cohen, Cohen y Dehaene (2006). Otros juegos electrónicos como “Calcularis” han demostrado que mejoran la representación espacial de los números y la automatización de la ordinalidad de los mismos mediante un mejor acceso a la línea mental de

números (Kucian et al., 2011). Este tipo de juegos dirigidos a mejorar una función del cálculo específica se han asociado con cambios cerebrales funcionales; es decir gracias a la plasticidad cerebral esta práctica lúdica repetida influye sobre la activación cerebral de los circuitos fronto-parietales haciendo que la activación cerebral atípica de niños con discalculia del desarrollo se vuelva más parecida a la de los niños normales (Kucian & von Aster, 2015). Recientemente el juego *Calcularis* ha sido ampliado para cubrir habilidades numéricas

más amplias (Käser et al., 2013).

Fundamentándose en que los niños con discalculia del desarrollo tienen un marcador biológico expresado en una hipoactivación de circuitos cerebrales específicos, particularmente de la corteza parietal posterior, se han evaluado métodos de intervención usando estimulación transcraneal (Luculano & Kadosh, 2014) obteniéndose resultados prometedores pero que aún se encuentran en una fase experimental.

Los padres de los niños con discalculia del desarrollo deben involucrarse en el proceso de intervención; las estrategias que se usan en la consultan deben ser aprendidas por los padres y utilizadas en el diario vivir en actividades familiares como ir de compras y juegos.

Referencias

American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. DSM-IV*. Washington, DC: American Psychiatric Association.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. DSM-5*. Washington, DC: American Psychiatric Association

Ardila A. (1993). On the origins of calculation abilities. *Behavioural Neurology*, 6, 89-98. doi: 10.3233/BEN-1993-6204.

Ardila, A. (2010). On the evolution of calculation abilities. *Frontiers in Evolutionary Neuroscience*, 2. doi: 10.3389/fnevo.2010.00007

Ardila, A. (2014). A proposed reinterpretation of Gerstmann's syndrome. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29, 828-833. doi: 10.1093/arclin/acu056

Ardila, A., & Rosselli, M. (1990). Acalculias. *Behavioural Neurology*, 3, 39-48.

Ardila, A., & Rosselli, M. (1994). Spatial acalculia. *International Journal of Neuroscience*, 78, 177-184. doi: 10.3109/00207459408986056

Ardila, A., & Rosselli, M. (2002). Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychology Review*, 12, 179-231. doi: 1040-7308/02/1200-0179

Ardila, A., & Rosselli, M. (2007). *Neuropsicología clinica*. México: Manual Moderno.

Ardila, A., López, M. V., & Solano, E. (1989). Semantic aphasia reconsidered. En A. Ardila & F. Ostrosky-Solis (Eds.), *Brain Organization of Language and Cognitive processes* (p. 177-193). New York: Plenum Press.

Badian, N.A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. In H.R. Micklebust (Ed.), *Progress in Learning Disabilities* (vol. 5, pp. 235-264). New York: Grune & Stratton.

Basso, A. (1987). Approaches to neuropsychological rehabilitation: Language disorders. En M. Meier, A. Benton, & L. Diller (Eds.), *Neuropsychological Rehabilitation* (pp. 294-314). New York: Guilford Press.

Basso, A., Burgio, F., & Caporali, A. (2000)

Acalculia, aphasia and spatial disorders in left and right brain-damaged patients. *Cortex*, 36(2), 265-280. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70528-8

Basso, A., Caporali, A., & Faglioni, P. (2005). Spontaneous recovery from acalculia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 11(01), 99-107. DOI: 10.1017/S1355617705050113

Basso, A., Cattaneo, S., Girelli, L., Luzzatti, C., Miozzo, A., Modena, L., & Monti, A. (2011). Treatment efficacy of language and calculation disorders and speech apraxia: A review of the literature. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 47(1), 101-21. Recuperado de <http://www.minervamedica.it/en/journals/eur-opa-medicophysica/article.php?cod=R33Y2011N01A0101>

Benson, D.F., & Denckla, M.B. (1969). Verbal paraphasias as a source of calculations disturbances. *Archives of Neurology*, 21, 96-102. doi:10.1001/archneur.1969.00480130110011

Ben-Yishay, Y. (Ed.) (1983). *Working approaches to the remediation of cognitive deficits in brain damaged persons. Rehabilitation Monographs* (No. 6, pp. 113-126). New York: NYU Medical Center Institute of Rehabilitation Medicine.

Berger, H. (1926). Über Rechenstorunger bei Herderkraunkunger des Grosshirns. *Archives Ps ychiatry und Nervenkr*, 78, 236-263.

Boller, F., & Grafman, J. (1983).

Acalculia: Historical development and current significance. *Brain and Cognition*, 2(3), 205-223. doi: 10.1016/0278-2626(83)90010-6

Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. En J. Campbell (Ed.), *Handbook of Mathematical Cognition* (pp. 455-467). Nueva York, EUA: Psychology Press.

Butterworth, B. (2008). Developmental dyscalculia. En J. Reed, & J. Warner-Rogers (Eds), *Child Neuropsychology: Concepts, Theory and Practice* (pp. 357-374). Chichester, Reino Unido: Wiley-Blackwell

Collington, R., LeClerq, C., & Mathy, J. (1977). Etude de la semologie des troubles du calcul observes au cours des lesions corticales. *Acta Neurologique Belgique*, 77, 257-275.

Dagenbach, D., & McCloskey, M. (1992). The organization of arithmetic facts in memory: Evidence from a brain-damaged patient. *Brain and Cognition*, 20, 345-366. doi: 10.1016/0278-2626(92)90026-I

Dahmen, W., Hartje, W., Büssing, A., & Sturm, W. (1982). Disorders in calculation in aphasic patients: Spatial and verbal components. *Neuropsychologia*, 20(2), 145-153. doi: 10.1016/0028-3932(82)90004-5

Dehaene, S. (1997). *The number sense. How the mind creates mathematics*. Nueva York, EUA: Oxford University Press.

Dehaene, S. (2003). The neural basis of the Weber–Fechner law: A logarithmic mental

number line. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(4), 145-147. doi: 10.1016/S1364-6613(03)00055-X

Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3), 487-506. doi: 10.1080/02643290244000239.

Deloche, G., & Seron, X. (1982). From three to 3: A differential analysis of skills in transcoding quantities between patients with Broca's aphasia and Wernicke's aphasia. *Brain*, 105, 719-733. doi:10.1093/brain/105.4.719

Deloche, G., & Seron, X. (1987). Numerical transcoding: A general production model. En G. Deloche, & X. Seron (Eds.), *Mathematical Disabilities: A Cognitive Neuropsychological Perspective* (pp. 137-170). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

De Partz, M. P. (1986). Re-education of a deep dyslexic patient: Rationale of the method and results. *Cognitive Neuropsychology*, 3, 149-177.

Desoete, A., Roeyers, H., & De Clercq, A. (2004). Children with mathematics learning disabilities in Belgium. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 50-61. doi: 10.1177/00222194040370010601

Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8, 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

Ferro, J. M., & Botelho, H. M. (1980). Alexia for arithmetical signs: A cause of disturbed calculation. *Cortex*, 16, 175-180. doi:

[http://dx.doi.org/10.1016/S0010-9452\(80\)80032-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0010-9452(80)80032-3)

Gracia-Bafalluy, M. & Escolano-Pérez, E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58(2): 69-76. Recuperado de <http://www.neurologia.com/pdf/Web/5802/bl020069.pdf>

Gerstman, J. (1940). The syndrome of finger agnosia, disorientation for right and left, agraphia and acalculia. *Archives of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 44, 398-408. doi:10.1001/archneurpsyc.1940.02280080158009

Goldstein, K. (1948). *Language and language disturbances*. New York: Grune & Stratton.

Gouvier, W., & Warner, M. (1987). Treatment of visual imperception and related disorders. En J. M. Williams & C.H. Long (Eds.), *The Rehabilitation of Cognitive Disabilities* (pp. pp 109-122). New York: Plenum Press.

Grafman, J. (1988). Acalculia. En F. Boller, J. Grafman, G. Rizzolatti, & H. Goodglas (Eds.), *Handbook of Neuropsychology* (vol. 1, pp. 121-136). Amsterdam: Elsevier.

Grafman, J., Kampen, D., Rosenberg, J., Salazar, A. M., & Boller, F. (1989). The progressive breakdown of number processing and calculation ability: A case study. *Cortex*, 25(1), 121-133. doi: 10.1177/00222194030360060701

Grafman, J., Passafiume, D., Faglioni, P., & Boller, F. (1982). Calculation

- disturbances in adults with focal hemispheric damage. *Cortex*, 18, 37-49. doi: 10.1016/S0010-9452(82)80017-8
- Hécaen, H., Angelergues, T., & Houiller, S. (1961). Les variétés cliniques des acalculies au cours des lésions retrorolandiques. *Revue de Neurologie*, 105, 85-103.
- Henschen, S.E. (1925). Clinical and anatomical contributions on brain pathology. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 13, 226-249. doi: 10.1001/archneurpsyc.1925.02200080073006
- Kosc, L. (1970). Psychology and psychopathology of mathematical abilities. *Studies of Psychology*, 12, 59-162.
- Käser, T., Baschera, G. M., Kohn, J., Kucian, K., Richtmann, V., Grond U.,...& von Aster M (2013). Design and evaluation of the computer-based training program *Calcularis* for enhancing numerical cognition. *Frontiers in Psychology*, 4, 489. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00489.
- Kaufmann, L., Handl, P. & Thöny, B (2003) Evaluation of a numeracy intervention program focusing on basic numerical knowledge and conceptual knowledge: A pilot study. *Journal of Learning Disabilities*, 36, 564-573. doi: 10.1177/00222194030360060701
- Kaufmann, L., Wood, G., Rubinsten, O., & Henik, A. (2011). Meta-analyses of developmental fMRI studies investigating typical and atypical trajectories of number processing and calculation. *Developmental Neuropsychology*, 36, 763-787. doi: 10.1080/87565641.2010.549884.
- Kucian, K., Grond, U., Rotzer, S., Henzi, B., Schonmann, C., Plangger, F.,...& von Aster, M. (2011). Mental number line training in children with developmental dyscalculia. *NeuroImage*, 57, 782-795. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.01.070
- Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Dosch, M., Martin, E., & Von Aster, M. (2006). Impaired neural networks for approximate calculation in dyscalculic children: A functional MRI study. *Behavioral and Brain Functions*, 31, 1-17. doi: 10.1186/1744-9081-2-31
- Kucian, K. & von Aster, M. (2015) Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics*, 174, 1-13. doi: 10.1007/s00431-014-2455-7
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition*, 93, 99-125. doi:10.1016/j.cognition.2003.11.004
- Levin, H., Goldstein, F.C., & Spiers, P.A. (1993). Acalculia. En K. M. Heilm, & E. Valenstein (Eds.), *Clinical Neuropsychology* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Lomas, J., & Kertesz, A. (1978). Patterns of spontaneous recovery in aphasic groups: A study of adult stroke patients. *Brain and Language*, 5(3), 388-401. doi: 10.1016/0093-934X(78)90034-2
- Luculano, T., & Kadosh, R. C. (2014). Preliminary evidence for performance enhancement following parietal lobe stimulation in Developmental Dyscalculia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, 38. doi: 10.3389/fnhum.2014.00038.

Luria, A. R. (1977). *Las funciones corticales superiores en el hombre*. La Habana: Editorial Orbe.

Mazzoni, M., Pardossi, L., Cantini, R., Giornetti, V., & Arena, R. (1990). Gerstmann syndrome: A case report. *Cortex*, 25, 459-468. doi: 10.1016/S0010-9452(13)80096-2

McCloskey, M., Aliminosa, D., & Sokol, S. M. (1991). Facts, rules, and procedures in normal calculation: Evidence from multiple single-patient studies of impaired arithmetic fact retrieval. *Brain and Cognition*, 17, 154-203. doi: 10.1016/0278-2626(91)90074-1

McCloskey, M., & Caramazza, A. (1987). Cognitive mechanisms in normal and impaired number processing. En G. Deloche, & X. Seron (Eds.), *Mathematical Disabilities: A Cognitive Neuropsychological Perspective* (pp. 201-219). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

McCloskey, M., Caramazza, A., & Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4(2), 171-196. doi: 10.1016/0278-2626(85)90069-7

McCloskey, M., Sokol, S. M., & Goodman, R. A. (1986). Cognitive processes in verbal number processing: Inference from the performance of brain-damaged subjects. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 313-330. doi: <http://dx.doi.org/10.1037/0096-3445.115.4.307>

Parlato, V., Lopez, O., Panisset, M.,

lavarone, A., Grafman, J., & Boller, F. (1992). Mental calculation in mild Alzheimer's disease: A pilot study. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 7, 599-602. doi: 10.1002/gps.930070810

PeBenito, R. (1987). Developmental Gerstmann syndrome: Case report and review of literature. *Developmental and Behavioral Pediatrics*, 8, 229-232. doi: 10.1093/neucas/3.1.67

PeBenito, R., Fisch, B. C., & Fisch, M. L. (1988). Developmental Gerstmann syndrome. *Archives of Neurology*, 45, 977-982. doi:10.1001/archneur.1988.00520330063011.

Presenti, M., Seron, X., & Van Der Liden, M. (1994). Selective impairments evidence for mental organization of arithmetical facts: BB, a case of preserved subtractions. *Cortex*, 30(4), 661-671. doi: 10.1016/S0010-9452(13)80242-0

Reigosa-Crespo, V., Valdés-Sosa, M., Butterworth, B., Estévez, N., Rodríguez, M., Santos, E.,...Lage A. (2012). Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana survey. *Developmental Psychology*, 48(1), 123-135. doi: 10.1037/a0025356.

Rosselli, M. (1992). Dyscalculia. En M. Rosselli, & A. Ardila (Eds.), *Neuropsicología Infantil*. Medellín, Colombia: Prensa Creativa.

Rosselli, M., & Ardila, A. (1989). Calculation deficits in patients with right and left hemisphere damage. *Neuropsychologia*, 27, 607-618.

doi:10.1016/0028-3932(89)90107-3

Rosselli, M., & Ardila, A. (1996). Rehabilitación de la alexia y la agrafía. En F. Ostrosky, A. Ardila, & R. Dichy (Eds.), *Rehabilitación Neuropsicológica*. México: Trillas.

Rosselli, M. Matute, E., & Ardila, A. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. México: Manual Moderno.

Rosselli, M., Rosselli, A., Vergara, I., & Ardila, A. (1986). Topography of the hemi-inattention syndrome. *International Journal of Neuroscience*, 27, 165-172. doi:10.3109/00207458509149764

Seron, X. (1984). Re-education strategies in neuropsychology: Cognitive and pragmatic approaches of the disorders. En F. C. Rose (Ed.), *Advances in Neurology: Progress in Aphasiology* (vol. 4, pp. 223-241). New York: Raven Press.

Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O., & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: Prevalence and prognosis. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9(supl. 2), S58-S64. doi: 10.1007/s007870070009

Shalev, R., Weirman, R., & Amir, N. (1988). Developmental dyscalculia. *Cortex*, 24, 555-561. doi: 10.1016/S0010-9452(88)80049-2

Sholberg, M. M., & Mateer, C.A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation:*

Theory and practice. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

Strang, J. D., & Rourke, B.P. (1985). Arithmetic disability subtypes: The neuropsychological significance of specific arithmetical impairment in childhood. En B. P. Rourke (Ed.), *Neuropsychology of Learning Disabilities* (pp. 167-183) New York: Guilford Press.

Temple, C.M. (1991). Procedural dyscalculia and number fact dyscalculia: Double dissociation in developmental dyscalculia. *Cognitive Neuropsychology*, 8(2), 155-176. doi:10.1080/02643299108253370

Tsvetkova, L.S. (1996). Acalculia: Aproximación neuropsicológica al análisis de la alteración y la rehabilitación del cálculo. En F. Ostrosky, A. Ardila, & R. Dochy (Eds.), *Rehabilitación Neuropsicológica*. México: Trillas.

Weinberg, J., Diller, L., Gordon, W. A., Gerstmann, L. J., Lieberman, A., Lakin, P.,...& Ezrachi, O. (1977). Visual scanning training effect on reading related tasks in acquired right brain damage. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58, 479-483.

Wilson, A. J., Revkin, S. K., Cohen, D., Cohen, L., & Dehaene, S. (2006). An open trial assessment of "The Number Race", an adaptive computer game for remediation of dyscalculia. *Behavioral Brain Function*, 30, 2-20. doi: 10.1186/1744-9081-2-20