

# El Uso de Programas Computarizados y su Efectividad en la Rehabilitación de Funciones Ejecutivas en Daño Cerebral Adquirido

## *The Use Of Computer Programs And Their Effectiveness In The Rehabilitation Of Executive Functions In Acquired Brain Damage*

Rey-Fuentes. R. I.<sup>1</sup> Jiménez-Maldonado, M. E<sup>2</sup> Arroyo-Medrano, M.<sup>2</sup> Villaseñor-Cabrera, T.<sup>2</sup>

### Resumen

Ante el aumento en la oferta de programas computarizados para la rehabilitación neuropsicológica de pacientes con daño cerebral adquirido, es importante conocer la eficacia de éstos y las ventajas de su aplicación sobre diferentes procesos. Este artículo revisa el uso de estos programas en la rehabilitación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en pacientes con daño cerebral adquirido.

La búsqueda se realizó en fuentes como PUBMED, búsquedas a través de internet y algunas listas de referencias bibliográficas. Se revisaron artículos controlados aleatorizados y por las características del tema, también se incluyeron estudios cuasi experimentales y un estudio de casos. Asimismo, solo se seleccionaron artículos que incluyeran pacientes adultos con daño cerebral adquirido y que tuvieran fallos en funciones ejecutivas sin especificar alguna en particular y que hayan recibido rehabilitación cognitiva a través de programas de ordenador.

Los resultados reflejan debilidades en el pareamiento de los grupos controles, el tamaño de sus muestras, y en el uso de instrumentos de medición de las funciones ejecutivas para objetivar la eficacia. En general, los programas revisados no demuestran tener mayor efectividad que aquellas intervenciones que tradicionales a lápiz y papel.

**Palabras clave:** rehabilitación neuropsicológica, funciones ejecutivas, daño cerebral adquirido, ordenador.

### Abstract

Given the increase in the offer of computerized programs for the neuropsychological rehabilitation of patients with acquired brain damage, it is important to know their efficacy and the advantages of their application on different processes. This article reviews the use of these programs in the neuropsychological rehabilitation of executive functions in patients with acquired brain damage.

The search was carried out in sources such as PUBMED, internet searches and some lists of bibliographic references. Controlled, randomized articles were reviewed, and due to the characteristics of the topic, quasi-experimental studies and a case study, adults, were also included, excluding only articles that included adults patients with acquired brain damage and who had executive function failure without specify one in particular and that they have received cognitive rehabilitation through computer programs. The results reflect weaknesses in the matching of the control groups, the size of their samples, and in the use of instruments for measuring executive functions to objectify efficacy. In general, the programs reviewed do not prove to be more effective than those of traditional pencil and paper interventions.

**Keywords:** neuropsychological rehabilitation, executive functions, acquired brain damage, computer

Rev. Ecuat. Neurol. Vol. 30, N° 1, 2021

### Introducción

El traumatismo de cráneo es una de las principales causas de muerte en personas de entre 15 a 45 años de edad,<sup>1</sup> sin embargo, esta condición también se presenta en otros grupos de edad como la infancia y los adultos mayores.

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es una alteración en el cerebro provocada por el resultado del impacto de un agente externo contra el cráneo en el cual el daño

puede ser focal o distribuido en diversas partes del cerebro y el impacto puede ocasionar una lesión abierta o cerrada.<sup>2</sup> En general, las personas que sobreviven al trauma de cráneo presentan múltiples secuelas que van desde lo físico hasta lo cognitivo y que en conjunto, repercuten en su funcionalidad y calidad de vida.

De acuerdo a la severidad del traumatismo, los individuos con historia de TCE moderado a grave son quienes pa-

<sup>1</sup>Maestría en Neuropsicología. Universidad de Guadalajara, México

<sup>2</sup>Neuropsicología. Hospital Civil de Guadalajara Fray Antonio Alcalde. Guadalajara, México

Correspondencia:

Rey Fuentes Reyna Isabel

Hospital Civil Fray Antonio Alcalde. Coronel Calderón 777, El Retiro, 44280, Guadalajara, México.

Email: npreynarey@gmail.com

decen en mayor medida disfuncionalidad a nivel físico, emocional y/o cognitivo, pudiéndose observar combinaciones de estos tres aspectos,<sup>3</sup> lo anterior sin importar el tipo de mecanismo que haya ocasionado el daño, como se ha visto en los impactos de bala<sup>4</sup> o golpes con objetos de gran tamaño.<sup>5</sup>

El TCE provoca lesiones en el parénquima de manera directa o indirecta siendo las áreas temporales y frontales las mayormente afectadas.<sup>6</sup> Al ser dañados los lóbulos frontales se producen alteraciones en las funciones ejecutivas, las cuales surgen en dichas zonas del cerebro, ocasionando déficits en la planeación,<sup>7</sup> atención,<sup>8</sup> memoria de trabajo<sup>9</sup> autocontrol<sup>10</sup> iniciación y mantenimiento de la conducta dirigida a un fin<sup>11</sup> entre muchas otras.

Se ha demostrado que los programas de rehabilitación neuropsicológica de las funciones ejecutivas en estos pacientes son eficaces, no obstante ha existido cierta controversia acerca de si los programas computarizados de rehabilitación tienen igual efectividad e inclusive mayor, que aquellos programas tradicionales de lápiz y papel.

Por otro lado, la metodología de rehabilitación en los estudios realizados es algunas veces poco clara<sup>12</sup> por lo que los resultados no pueden generalizarse a las poblaciones de interés.

## Método

La búsqueda se realizó a través de bases de datos como PUBMED, así como en sitios web y en los listados de referencias bibliográficas de una revisión sistemática que tuvieran títulos con el tema de interés. Se utilizaron las siguientes palabras clave o conjuntos de palabras con buscadores booleanos en google o google académico: “executive function intervention” AND “traumatic brain injury in adults;” “cognitive training” “brain injury;” “acquired brain injury” and “lumsity;” “acquired brain injury” AND “aid assistant;” “computer program” AND “rehabilitation memory.” No hubo rigor en el tipo de diseño del estudio ya que el principal interés era encontrar estudios que tuvieran intervención neuropsicológica de funciones ejecutivas a través de ordenador o método computarizado, no obstante, se intentó recabar en la medida de lo posible estudios controlados randomizados. También se incluyeron estudios cuasiexperimentales, un estudio de casos y ensayos clínicos. En los criterios de inclusión de la muestra de los estudios se consideraron: pacientes con traumatismo craneoencefálico moderado a severo o daño cerebral adquirido mayores de 18 años con

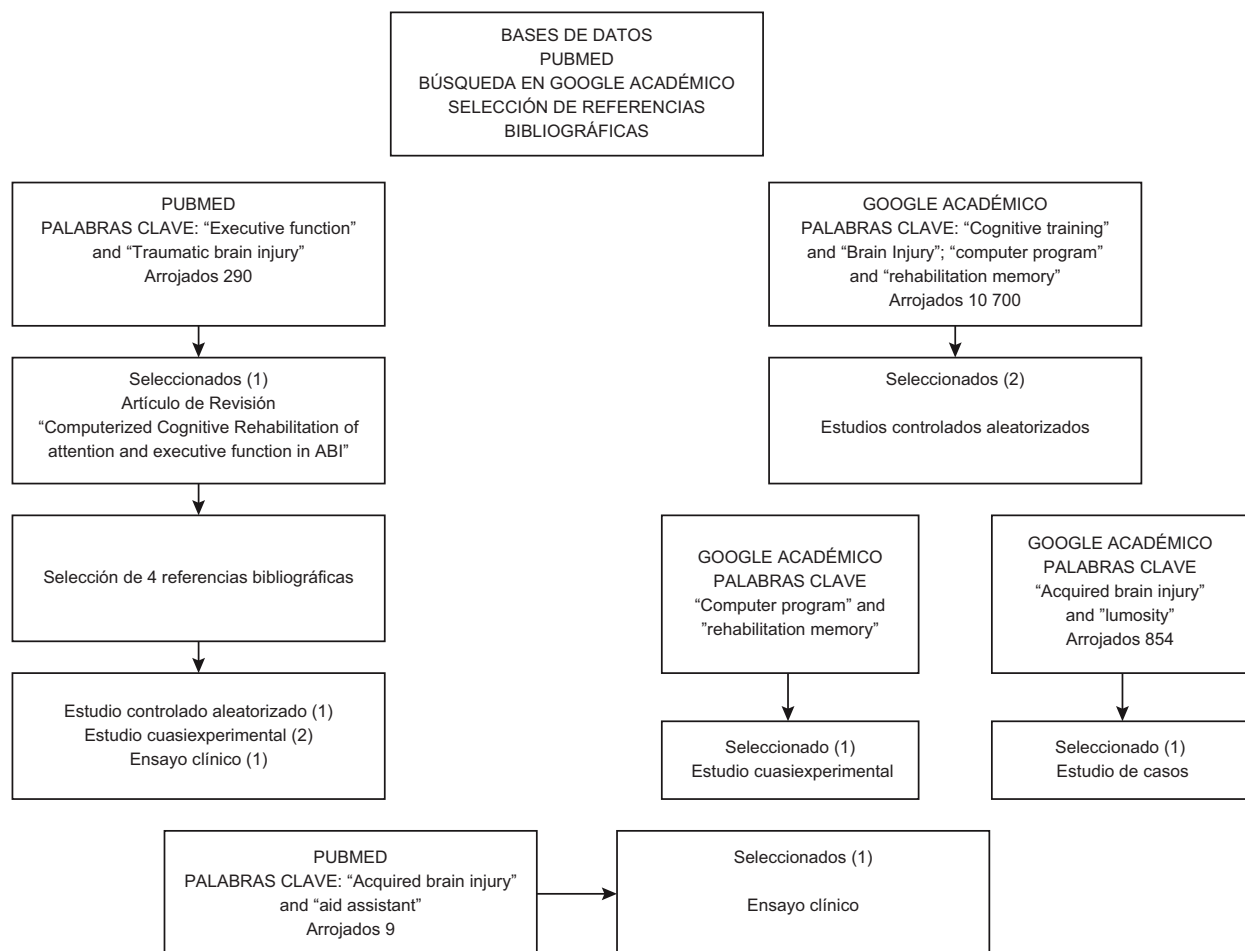


Figura 1. Proceso de búsqueda

alteración en funcionamiento ejecutivo o en al menos una función relacionada con ellas como por ejemplo memoria de trabajo y publicaciones en inglés. Ver figura 1.

Se excluyeron 3 artículos debido a las siguientes razones:

- Un estudio utilizó como escala diagnóstica el MMSE así como la Wechsler Scale Memory, los resultados del primer instrumento se mostraron en una gráfica en donde se observaron puntajes significativos postest en funciones como información, control mental, span de dígitos, aprendizaje asociativo, memoria lógica y visual sin embargo los resultados de la escala Wechsler que para fines de esta revisión representa mayor especificidad de las áreas de interés en el funcionamiento ejecutivo no fueron mostrados en puntaje de modo que se pudiera analizar el desempeño de los pacientes posterior a la intervención con el programa de ordenador.
- Un artículo de revisión analizó la efectividad de programas de rehabilitación neuropsicológica de funciones ejecutivas en personas con daño cerebral adquirido sin embargo los programas incluidos en la revisión no eran computarizados
- Una tercera investigación no se incluyó a pesar de que contenía las variables de interés sin embargo se trataba de un estudio preliminar.

## **Resultados**

Se incluyeron un total de 9 artículos de los cuales 3 tienen diseño controlado aleatorizado, 2 ensayos clínicos, 3 estudios con diseño cuasiexperimental y 1 estudio de casos. Los estudios controlados aleatorizados incluyeron pacientes con traumatismo craneoencefálico, misma situación sucedida con los cuasiexperimentales, el estudio de casos y controles incluyó dos personas con trauma de cráneo y un paciente con malformación cerebral. Los ensayos clínicos revisados, incluyeron pacientes con daño cerebral adquirido, no precisamente trauma de cráneo.

### ***Características de los pacientes***

En total, la muestra de pacientes que fueron estudiados en los artículos incluidos en esta revisión fue de 300 sujetos, con una mínima de 18 años y una máxima de 75 años, con un nivel de escolaridad alto en la mayoría, sin embargo, con una disminución significativa en el funcionamiento ejecutivo, en memoria de trabajo, atención y disminución de la calidad de vida, todo lo anterior, posterior al daño cerebral.

### ***Características de las intervenciones y procesos rehabilitados***

Se incluyeron aquellos estudios que su intervención se basara en un programa computarizado o que se diera a

través de ordenador o dispositivo electrónico. Todos los programas mencionados en los artículos se relacionaron con ejercicios de estimulación cognitiva, algunos desarrollados por empresas expertas en tecnologías de la información y otros por expertos en el área de la salud mental.

Los estudios aquí revisados, se enfocaron en la intervención de funciones como la memoria de trabajo verbal y visual, memoria a largo plazo, memoria prospectiva, velocidad de procesamiento, funcionamiento ejecutivo y en algunos se incluyeron otros aspectos como funcionalidad en vida diaria y en el trabajo, así como depresión y ansiedad. Ver Tabla 1.

### **Estudios controlados aleatorizados**

En San Diego, California se realizó un estudio con pacientes veteranos de guerra para valorar la efectividad de programa cogSMART en estos sujetos que se encontraban desempleados y que tuvieran intención de volver a trabajar. De acuerdo a sus siglas en inglés el cogSMART (Cognitive Symptom Management AND rehabilitation therapy) está elaborado para ser práctico y fácil de manipular por el paciente con la finalidad de que éste generalice las habilidades a la vida real. Para dicho estudio se eligieron sujetos que presentaran fallos cognitivos en al menos un dominio neuropsicológico el cual podía relacionarse con atención, velocidad de procesamiento, memoria de trabajo, aprendizaje y memoria, así como funcionamiento ejecutivo medido mediante pruebas neuropsicológicas estandarizadas. Los sujetos de estudio participantes se seleccionaron en base a su historia de TCE leve a moderado y que no tuvieran antecedentes de consumo de sustancias. Se incluyeron un total de 34 pacientes como grupo experimental quienes no difirieron con los controles en edad, escolaridad, sexo, raza, etnia, cociente de inteligencia (IQ) premórbido, duración de pérdida de conciencia durante su traumatismo de cráneo más severo, o la suma de la duración de pérdida de conciencia posterior a cuatro traumas de cráneo, así como síntomas relacionados con depresión, nivel de estrés post-traumático, gravedad de traumatismo craneoencefálico y tiempo transcurrido posterior al trauma.<sup>13</sup>

Para llevar a cabo esta investigación al grupo experimental se le brindó apoyo por un especialista en el empleo más tratamiento con cogSMART de modo que a la par fueran entrenado sus habilidades cognitivas y con ello su aplicación en el empleo en el que eran candidatos; mientras que al grupo control solamente se le brindó apoyo por profesional en el empleo para ir monitoreando el desempeño. El grupo experimental recibió atención 1 hora 1 vez a la semana con cogSMART más 2 visitas en el empleo semanales por el profesional de atención y el otro grupo solamente recibió 2 visitas semanales en el empleo para controlar factores no terapéuticos provistos en el programa computarizado.<sup>13</sup>

**Tabla 1.** Cuadro descriptivo de los estudios incluidos en la revisión.

Autor	Año	Tipo de Estudio	n	Primerio de edad	Funciones Intervenido	Tipo de Intervención	Resultados
Twamley, E. W., et al	2014	Estudio Controlado aleatorizado	34	30 años	procesamiento, memoria de trabajo, aprendizaje y memoria Funcionamiento ejecutivo (flexibilidad cognitiva)	Programa: cogSMART más programa de apoyo en el empleo (grupo experimental) Apoyo en el empleo (grupo control)	Mejoría en memoria prospectiva de lapso de 24 hrs No hubo diferencia significativa en el resto de funciones cognitivas entre ambos grupos
Jak, A. J., et al	2018	Estudio Controlado aleatorizado	51	35 años	Velocidad de procesamiento Aprendizaje y memoria Atención dividida Inhibición Flexibilidad	Programa: cogSMART y CPT (grupo experimental) CPT (grupo control)	Mejoría en el grupo experimental por encima del control en la velocidad de procesamiento Atención Memoria de trabajo Aprendizaje y memoria (recuerdo inmediato y diferido) Resolución de problemas Flexibilidad cognitiva e inhibición
Åkerlund, E. et al	2013	Estudio Controlado aleatorizado	47	51 años	Atención Memoria de trabajo	Programa: COGMED QM más rehabilitación tradicional (grupo experimental). Rehabilitación tradicional (grupo control)	Mejoría en ambos grupos en atención y memoria de trabajo sin diferencias significativas
Chen, S.H., et al	1996	Estudio Cuasiexperimental	20	30 años 6 meses	Atención resolución de problemas memoria habilidad visuoespacial.	Programa: Computer assisted Cognitive rehabilitation (CACR) (Grupo control y experimental recibieron el programa, variando en la cantidad de horas recibidas)	No se encontraron diferencias significativas entre los grupos ( $p>0.05$ ). Tampoco se encontraron diferencias significativas en los puntajes de los test previo y posterior al tratamiento
Ruff, R. et al.	1994	Estudio Cuasiexperimental	15	27 años	Atención Memoria	Programa: THINKable Un grupo recibió entrenamiento en primer lugar de atención y posteriormente de memoria. El segundo grupo lo hizo al revés, ambos cubrieron 20 horas de entrenamiento.	Los sujetos experimentales y controles mejoraron en atención aunque sin ganancias significativas, de igual manera se observaron mejorías en memoria verbal y espacial en memoria de trabajo pero no en el retraso demorado.
Sing Fai Tam y Wai Kwong Man	2004	Estudio Cuasiexperimental	26	40 años	Memoria	Programa: Computer assisted memory retraining (CAMR) Grupo experimental recibió entrenamiento de memoria con el programa en 4 modalidades distintas por subgrupo; el grupo control recibió intervención de memoria pero sin metodología específica	De los 4 subgrupos solo el de entrenamiento por presentación visual fue el que presentó mayor incremento en porcentaje de rendimiento en la prueba de memoria. No obstante no se obtuvo una mejora significativa una vez finalizado el entrenamiento. Las mejoras observadas fueron clínicas. <sup>18</sup>
Lundqvist, A. et al.	2010	Ensayo Clínico	21	43 años	Memoria de trabajo verbal y visual	Programa: QM (Rememo) Dos grupos distribuidos aleatoriamente en quienes se brindó el tratamiento con diferencias marcadas en el intervalo de tiempo para la aplicación del programa en grupo experimental y control	Diferencia significativa a las 4 semanas posteriores al entrenamiento pero no así 20 semanas después del mismo.
De Joode, E. A., et al	2013	Ensayo Clínico	34	42 años	Memoria Planeación y organización, Atención	Programa: (Planning and execution assistant and trainer) PEAT (Grupo experimental recibió entrenamiento con programa computarizado); (grupo control intervención con ejercicios a lápiz y papel)	Mejoría significativa en memoria visual y verbal en recuerdo demorado en el grupo experimental aunque no hubo diferencia significativas con el grupo control en ambas mediciones.
Connor, B. Shaw, C.	2014	Estudio de Casos	3	Mayores de 18 años	Atención y memoria	Programa: Lumosity Uso de la intervención computarizada durante 24 sesiones Valoración pretest y postest	Mejoría modesta en 2 de los 3 participantes en las medidas de resultados objetivas al examinar la memoria y la atención.

\*CPT (Cognitive Processing Therapy)

Doce semanas posteriores a la intervención, se lograron mejorías significativas y diferencias en el grupo experimental en memoria prospectiva de lapso de tiempo de 24 horas así como en el Neurobehavioral Symptom Inventory (NSI) inventario que evalúa síntomas neuropsiquiátricos en veteranos de guerra. No hubo diferencias significativas en las demás funciones neuropsicológicas, severidad de los síntomas conductuales, calidad de vida y el desempeño en el trabajo. No obstante, hubo una mejoría en el tamaño de efecto de pequeño a mediano en síntomas psiquiátricos y 5 participantes que no tuvieron entrenamiento con cogSMART mejoraron en competitividad en comparación con 8 que si lo recibieron. De igual manera el grupo experimental puntuó más alto en estrategias atencionales, de manejo de sueño, fatiga, dolores de cabeza, memoria prospectiva, atención y memoria, resolución de problemas, siendo la memoria prospectiva la habilidad que tuvo mayor ganancia.<sup>13</sup>

De igual manera otro grupo de investigadores realizaron un estudio controlado aleatorizado para manejo de síntomas emocionales y neuropsicológicos en veteranos de guerra con estrés postraumático comórbido y que habían sufrido traumatismo craneoencefálico. Se utilizó terapia de procesamiento cognitivo (CPT) en combinación con el cogSMART con la finalidad de hacer una comparación entre el CPT tradicional y el CPT aunado a dicho programa. El programa tuvo una duración de 12 semanas en sesiones de 60-70 minutos, siendo los participantes aleatorizados para recibir uno u otro tratamiento. Se hizo una medición en tres momentos distintos (línea base, pos tratamiento, esto es 3 meses después de la intervención) y 6 meses después del inicio del estudio. Se incluyeron pacientes con diagnóstico de estrés postraumático, TCE leve a moderado, quejas cognitivas en al menos 1 síntoma en la prueba Neurobehavioral Symptom Inventory en área cognitiva y que no tuvieran medicación para síntomas psiquiátricos.<sup>14</sup>

El programa CPT consistió en brindar educación acerca de síntomas de estrés postraumático, cambio de creencias o pensamientos distorsionados debido al trauma; por otro lado, el programa CPT-COGSMART incluyó el mismo plan pero se agregaron partes del programa de ordenador para mejorar estrategias compensatorias cognitivas de atención, memoria prospectiva y funcionamiento ejecutivo que sirvieran para ayudar a un mejor desempeño en el seguimiento de indicaciones de la terapia CPT.<sup>14</sup>

Respecto del funcionamiento cognitivo posterior a tratamiento la velocidad de procesamiento tuvo una mejora a lo largo del tiempo, pero no hubo grupo por tiempo de interacción. Hubo grupo por tiempo de interacción para atención y memoria de trabajo, aprendizaje verbal en memoria inmediata que se caracterizó por una mejoría a lo largo del tiempo con el grupo SMART CPT en comparación con el grupo CPT, para el recuerdo verbal diferido hubo una mejoría significativa a lo largo del tiempo, pero

no grupo por tiempo de interacción. En resolución de problemas hubo mejoría significativa en comparación con el grupo CPT, de igual manera hubo mejoría a lo largo del tiempo en flexibilidad cognitiva e inhibición. Ambos grupos mostraron disminución de síntomas de trastorno por estrés postraumático y de síntomas postconcusión sin embargo los que se sometieron al programa híbrido mostraron una mayor mejoría en evaluaciones neuropsicológicas de atención, aprendizaje / memoria y resolución novedosa de problemas. Se sugiere que llevar un programa de este tipo no solamente mejorará síntomas de un trastorno por estrés postraumático sino que también al mejorar las habilidades cognitivas ayudará en la atención psicológica de las personas con este padecimiento.<sup>14</sup>

En Suecia el departamento de Medicina de Rehabilitación del Hospital universitario Sahlgrenska, realizó un estudio controlado aleatorizado en pacientes con dificultades de memoria de trabajo, usando el programa de entrenamiento computarizado COGMED, durante un periodo de 5 semanas. Para llevar a cabo esta investigación se hicieron 3 evaluaciones en el tiempo las cuales fueron línea base, la segunda evaluación se realizó posteriormente a las 5 semanas de intervención y la última 3 meses después del tratamiento. Para valorar el estado basal de los pacientes así como los efectos del tratamiento se aplicaron las pruebas de memoria de trabajo tanto verbal como visual de la prueba WAIS III, así como el span de dígitos, aritmética y la prueba de números y letras.<sup>15</sup>

De igual manera se utilizaron pruebas de funcionamiento cerebral como el Barrow Neurological Institute Screen que evalúa información tanto cuantitativa como cualitativa y en la cual la puntuación total se conforma de siete subpuntuaciones relacionadas con siete funciones: lenguaje, orientación, concentración, función visuoespacial, memoria, afecto y autoevaluación del desempeño. Por otro lado también se valoró a los sujetos con la prueba DEX para síntomas de disfunción ejecutiva así como escalas de ansiedad y depresión. El programa de intervención se elaboró de modo que se brindó durante 30 a 45 minutos 5 días a la semana por 5 semanas, las actividades del COGMED dentro de los aspectos de la memoria de trabajo abarcaron mantenimiento de múltiples estímulos al mismo tiempo, retrasos cortos durante los cuales la representación de los estímulos deben mantenerse en memoria de trabajo, secuenciación única de orden de estímulos en cada prueba y la adaptación del nivel de dificultad en relación al rendimiento individual.<sup>15</sup>

Como análisis estadísticos de la muestra no hubo diferencia significativa entre grupo control y experimental en género, edad, tiempo posterior al daño, en la escala de nivel de reacción, educación y diagnóstico o puntajes de las escalas de memoria de trabajo. En la línea base 1 en los grupos no hubo diferencias significativas en género o puntaje en la escala de nivel de reacción relacionada con el

daño cerebral. Dentro de los resultados reportados en las pruebas de Span de dígitos tanto el grupo control como el experimental mejoraron significativamente después del entrenamiento, sin embargo, el grupo experimental tuvo una mejoría mayor en comparación con el grupo control, de la misma forma este mismo grupo alcanzó el mismo desempeño que en la medición dos en la medición 3, lo que indica que el efecto del tratamiento se estabilizó en el tiempo.<sup>15</sup>

En las subescalas de memoria de trabajo hubo mejoría significativa para ambos grupos. En la función ejecutiva no se encontraron diferencias entre ambos grupos, ni mejoría posterior a la intervención reportando graves problemas disecutivos justificados por depresión y ansiedad en estos pacientes. En la valoración cognitiva general en la prueba BNIS hubo mejoría significativa en el grupo experimental que se mantuvo hasta la tercera medición, lo mismo sucedió con el grupo control, sin embargo comparando las mediciones de ambos grupos el experimental tuvo un incremento mayor, no obstante a pesar de ello ambos grupos siguieron puntuando por debajo de lo esperado en dicha escala.<sup>15</sup>

#### Estudios cuasiexperimentales

Investigadores de Indianápolis realizaron un estudio cuasiexperimental con grupo control y experimental con un total de 20 participantes en cada uno. Su objetivo fue valorar la efectividad de un programa de rehabilitación asistido por computadora llamado Bracy Process Approach en las áreas de atención, resolución de problemas, memoria, habilidad visuoespacial.<sup>16</sup>

Para llevar a cabo este estudio en ambas muestras se incluyeron hombres y mujeres siendo el porcentaje de hombres la mayoría en ambos grupos. En dicha población la causa del traumatismo se debió a factores como accidentes automovilísticos, lesiones con objetos contundentes, así como caídas. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos en aspectos demográficos relacionados con la edad, años de educación, periodicidad en las evaluaciones y duración del coma, sin embargo, el tiempo entre la lesión y el inicio del tratamiento así como la duración del tratamiento si tuvieron diferencias estadísticas.<sup>16</sup>

Los investigadores utilizaron como herramientas de evaluación las subpruebas de WAIS-R, Subtest de la Batería Neuropsicológica de Halstead Reitan, la Wechsler Memory Scale y Wechsler Memory Scale-Revised, Dígitos sucesivos e inversos, Memoria lógica inmediata y Demorada, Reproducción Visual Inmediata y retrasada, asociación de pares inmediatos y demorado, Trials A y B, así como el Wisconsin Card Sorting Test. El grupo experimental llevó a cabo su proceso de rehabilitación neuropsicológica en el Centro de Neurociencias de Indianápolis cumpliendo los criterios de inclusión: edad (mayor de 18 años) escolaridad (9 años o más) y el requerimiento

de que la evaluación neuropsicológica fuera dada antes y después de la rehabilitación cognitiva asistida por computadora (CACR). Los sujetos del grupo control fueron reunidos del Centro de Rehabilitación Neuropsicológica, el Centro de Neurociencias de Indianápolis, el Departamento de Psicología Médica del Hospital Comunitario, y el Centro NeuroRehab de Indianápolis.<sup>16</sup>

La metodología realizada en el estudio siguió lo expuesto a continuación: A diferencia del grupo experimental el grupo control recibió menos horas del programa CACR (2 horas a la semana por menos de 4 semanas), y en ambos grupos se tomaron en cuenta variables como severidad del daño asociado a los días en coma, tiempo transcurrido entre la lesión y el inicio del tratamiento, tiempo de intervención y análisis de datos en relación a aspectos demográficos. Como resultado de la investigación llevada a cabo las pruebas estadísticas t mostraron que no hubo diferencia significativa entre grupos en relación a edad, años de escolaridad. En las variables relacionadas al daño cerebral si hubo diferencias significativas entre tiempo de lesión y extensión del tratamiento, pero no en aspectos relacionados con días en coma y periodicidad de las evaluaciones. Al estudiar las variables asociadas al daño se encontró que hubo correlación significativa en el grupo experimental entre tiempo de tratamiento y periodo de intervención posterior al daño y los meses de evaluación entre pruebas.<sup>16</sup>

No hubo correlación entre el tiempo de intervención CACR con el periodo de coma, de igual manera hubo correlación negativa entre la ganancia en puntajes en pruebas de memoria lógica, prueba de inteligencia, inteligencia verbal, completamiento de figuras y dígitos y símbolos y tiempo posterior a la lesión, sin embargo en el grupo control hubo una correlación positiva entre la periodicidad en la evaluación y los puntajes obtenidos en disposición de dibujos. La extensión del tratamiento no correlacionó con ninguno de los puntajes incrementados en las pruebas. Se estudiaron 4 dominios como covariables: atención, habilidad visuoespacial, memoria y resolución de problemas con cronicidad y extensión del tratamiento sin encontrar diferencias significativas entre los grupos ( $p > 0.05$ ). No hubo diferencias significativas en los puntajes de los test previo y posterior al tratamiento.<sup>16</sup>

Ruff et al.<sup>17</sup> valoraron la efectividad del programa THINKable para déficits en atención y memoria en pacientes con daño cerebral severo esperando que dichos resultados se traspolaran a la vida diaria así como a los tests psicométricos. THINKable utiliza un sistema multimedia que muestra imágenes y usa voz digitalizada, de igual manera permite respuestas o de la pantalla táctil con un mouse. Para que el estudio tuviera mayor validez metodológica los clínicos no adaptaron los ejercicios para cada paciente sino que se hicieron módulos de ejercicios prototípicos con distintos niveles de dificultad.

Todos los participantes fueron capacitados en el software proporcionando retroalimentación tanto dentro como entre sesiones. Para llevar a cabo su investigación utilizaron un diseño de medidas repetidas por grupo de ensayo con dos condiciones de tratamiento.

La muestra incluyó 15 pacientes de edades de 16 a 50 años quienes habían sido incluidos al programa de rehabilitación posterior a los 6 meses después de haber presentado el daño cerebral; se les brindó un tratamiento de atención y memoria que se concluyó después de 20 horas (divididas en sesiones de 2 horas por día) o hasta que el participante alcanzara un rendimiento promedio en funcionamiento cognitivo de dichos aspectos.<sup>17</sup>

Posteriormente se realizaron múltiples mediciones en intervalos de 7 días, 3 días antes y 3 después de completar el entrenamiento para valorar los progresos así como el efecto de los subcomponentes de atención y memoria. Las mediciones se realizaron con tareas tipo Thinkable pero no iguales a las del programa así como pruebas neuropsicológicas de atención y memoria como dígitos y símbolos del WAIS R, el test de atención selectiva 2 mas 7, prueba Continuous Performance Test, Test de aprendizaje verbal y memoria de Rey así como test de aprendizaje de los cubos de corsi; de igual manera se realizaron valoraciones del comportamiento relacionadas con atención y memoria, para lo cual los familiares también apoyaron brindando información de lo que observaban.<sup>17</sup>

Al final del estudio en las tareas computarizadas de entrenamiento en atención se tuvo un incremento pequeño pero consistente y en la tarea de memoria se alcanzó una mejoría de 2 a 5 por ciento posterior al entrenamiento en una sola de las 3 mediciones. También mejoró el porcentaje en el número de respuestas correctas y en el tiempo de respuesta. El grupo A mejoró en las tareas de atención por encima del grupo B y esta función se mantuvo con su puntaje más alto constante en dos intervalos de medición (T5 a T7), sin embargo el grupo B tuvo mejorías a pesar de ello las ganancias no fueron significativas entre uno y otro grupo; sin embargo algunos sujetos mostraron mejorías en dígitos y símbolos y en tareas de memoria verbal y espacial pero que no fueron significativas en el retraso demorado. De igual manera a nivel general hubo ganancia significativa en la autopercepción de mejoría de atención en los pacientes, misma situación que ocurrió con la memoria, aunque en realidad los familiares no tuvieron la misma percepción. En general en este estudio se observaron mejorías en control mental (atención) y memoria lógica, las subsecciones restantes no alcanzaron significancia.<sup>17</sup>

Por su parte otros investigadores realizaron un estudio para valorar la efectividad de 4 formas distintas de entrenamiento cognitivo de memoria en personas con amnesia postraumática. La muestra incluyó 26 adultos de entre 18 y 45 años de edad con antecedente de lesión cerebral

y deterioro de la memoria semántica. Los participantes se unieron al estudio 3 meses posteriores a la lesión cerebral. Se utilizó la prueba de memoria conductual de Rivermead mediante la cual se incluyeron aquellos participantes que tenían un desempeño por debajo de 15 puntos.<sup>18</sup>

Con un total de 10 sesiones de 20 a 30 minutos cada una, se establecieron 4 grupos de estudio: 1) aquellos que trabajaron en el programa asistido por computadora a su propio ritmo y en un ambiente no amenazante, 2) un grupo en el que se les brindaba retroalimentación inmediata, el cual lo proporcionaba el mismo programa computarizado, 3) otro grupo presentó contenidos con rutinas reales y 4) un grupo en el que el programa de ordenador por su atractivo buscaba que los participantes mejoraran su atención.<sup>18</sup>

Todos los grupos tuvieron una mejora significativa en su rendimiento en tareas de memoria a diferencia del grupo control que no tuvo ninguna intervención especializada de este tipo. De todos los grupos el de retroalimentación inmediata fue el de mejor rendimiento obtenido a través de los índices de rendimiento del programa a computadora, por lo que el refuerzo positivo ante el rendimiento mejora la función mnésica. De los 4 grupos solo el de entrenamiento por presentación visual fue el que presentó mayor incremento en su porcentaje de rendimiento en la prueba de Rivermead. No obstante no se obtuvo una mejora significativa medida a través de dicho test una vez finalizado el entrenamiento. Las mejoras observadas fueron clínicas.<sup>18</sup>

#### Ensayos clínicos

En un estudio controlado con diseño cruzado se analizaron los efectos a corto y largo plazo así como la transferencia en la vida cotidiana de un programa de entrenamiento computarizado de memoria de trabajo en pacientes que padecían limitaciones de dicha función posterior al daño cerebral adquirido de etiología diversa. Trabajaron con una muestra de 21 pacientes de 20 a 65 años que se distribuyeron de manera aleatorizada, quienes reportaron dificultades en la memoria de trabajo y que puntuaron con un índice menor a 80 en la escala de WAIS III. Se utilizaron instrumentos para valorar memoria de trabajo en la vida diaria como el test PASAT 2.4; Test de Interferencia Color-Palabra condición 4-Inhibición; Tablero de Span de Bloques hacia delante y hacia atrás así como el Listening Span Task; The Picture Span así como cuestionarios relacionados con la vida diaria y el efecto que los problemas de memoria tenían en ellos.<sup>19</sup>

Siguiendo una metodología específica los autores planearon que el programa se llevara a cabo en un total de 20 semanas realizando mediciones en la semana 4 y 20 de la intervención. El entrenamiento se hizo mediante un programa computarizado QM, en sesiones de 45 a 60 minutos por día, 5 días a la semana, por 5 semanas trabajándose aspectos de tareas verbales y visuoespaciales

de memoria de trabajo. Los grupos se distribuyeron de manera aleatorizada en los cuales a unos se les brindó el entrenamiento durante 5 semanas y a otros no. Posterior a ello se valoraron ambos grupos, se dejaron pasar 4 semanas más y se volvió a realizar una segunda valoración para todos los sujetos. Posterior a este tiempo se les brinda el programa QM de memoria de trabajo al grupo control. Se dio un seguimiento que incluyó una valoración posterior a 20 semanas.<sup>19</sup>

Como resultados hubo una diferencia significativa a las 4 semanas posteriores al entrenamiento pero no así 20 semanas después del mismo. En la valoración de seguimiento de 20 semanas se observó un rendimiento mayor sobre el test PASAT en comparación con el de Dígitos directos en las pruebas T pareadas y para el Listening Span Task en comparación con el span de dígitos inversos. El desempeño en la prueba de dígitos en progresivo no varió en las 20 semanas de seguimiento en relación a la línea base siendo la media de 8.3 y 8.9 respectivamente.<sup>19</sup>

Investigadores de la Universidad de Salud Mental y Neurociencias de Maastricht realizaron un estudio con grupo paralelo randomizado en el que pretendieron valorar la eficacia de un asistente personal digital PEAT (Planning and execution assistant and trainer) como ayuda cognitiva en personas con daño cerebral adquirido en comparación con métodos de lápiz y papel en funciones que implicaran memoria para la vida diaria, capacidad de planeación, funcionamiento en la vida diaria y calidad de vida.<sup>20</sup>

Por otro lado quisieron abordar en qué medida el uso de un personal digital assistant (PDA) puede reducir la carga percibida por los cuidadores en caso de que dichos dispositivos mejoraran la funcionalidad en la vida de los pacientes. Se realizaron mediciones en línea base así como a las 8, 16 horas y 5 meses después. Se realizó una medición base y posteriormente a las dos semanas otra medición dual de línea base para evitar sesgos de práctica en el rendimiento de los test verbales. Posteriormente se aplicó el entrenamiento de 16 horas y se fue valorando el resultado del mismo a las 8 y 16 horas posteriores, medidas de seguimiento también se dieron a los 4 a 6 meses después. Tanto el grupo experimental como el control manifestaron incrementos significativos en habilidades mencionadas.<sup>20</sup>

El PEAT se usó en el grupo experimental para entrenar memoria, planeación y organización, atención e iniciativa, así como tareas de varios pasos programados. Se utilizaron diferentes cuestionarios relacionados con consecución de metas, actividades instrumentales y sociales, escalas de autoeficacia percibida, cuestionario de satisfacción de la ayuda que brinda el dispositivo electrónico así como escalas de depresión, satisfacción de vida y cuestionarios relacionados con sobrecarga del cuidador. Cognitivamente se utilizaron pruebas de aprendizaje verbal, funcionamiento ejecutivo, pruebas de velocidad motora y memoria de trabajo. Como resultado, se encontró una

mejoría significativa en el test de aprendizaje visual-verbal en el tiempo en el recuerdo demorado y el test de sustitución de letras y dígitos en el grupo experimental aunque no hubo diferencias significativas con el grupo control en ambas mediciones, asimismo ambos grupos mostraron mejoría en el logro de objetivos establecidos entre T0 y T2: el grupo experimental mostró un aumento medio de 45.2 (SD = 32.8) puntos,  $t(20) = 6.31$ ,  $p = .001$ , mientras que el grupo control mostró un aumento medio de 36.7 puntos (DE 15.6),  $t(11) = 8.16$ ,  $p = .001$ . Sin embargo, los puntajes no difirieron significativamente entre los grupos en T2 ( $p > .05$ ). En este estudio se concluye que el uso de un asistente personal digital y materiales a lápiz y papel en el entrenamiento cognitivo son igualmente efectivos en poblaciones con daño cerebral.<sup>20</sup>

#### Estudio de casos

Connor y Shaw<sup>21</sup> valoraron el uso de juegos de computadora para entrenamiento cerebral junto con estrategias metacognitivas en personas con daño cerebral. Realizaron un estudio de casos con una  $n=3$ , haciendo valoraciones pre y post intervención utilizando el programa de entrenamiento cerebral Lumosity el cual se centra en un rango de funciones cognitivas que incluyen velocidad de procesamiento, atención, memoria, flexibilidad y resolución de problemas. Para su estudio de casos estos autores entrenaron a los sujetos en el uso del programa Lumosity en 24 sesiones animando a los participantes a que usaran en casa dicho juego y por otro lado también se les brindó terapia durante 12 semanas dos veces a la semana en sesiones de 60 minutos para trabajar habilidades metacognitivas y los ejercicios de Lumosity así como juego libre del mismo sitio web de entrenamiento general.

De dichos casos dos se relacionaron con TCE leve y grave y otro se trató de un caso de malformación cerebral que provocó epilepsia. Se utilizaron baterías específicas neuropsicológicas relacionadas con aprendizaje verbal y auditivo inmediato y demorado y test de desempeño cerebral de Lumosity en 7 subtests de puntaje compuesto. Se valoró el rendimiento en las evaluaciones previas y posteriores en funcionamiento psicosocial, atención y memoria visual así como el rendimiento cognitivo de las 7 subpruebas del Lumosity. Como resultado los 3 participantes mejoraron en los índices compuestos del Lumosity y en la batería Woodcock-Johnson III excepto en la subprueba de Cancelación de Pares de dicho instrumento.<sup>21</sup>

#### **Conclusiones**

La presente revisión nos brinda evidencia de que la rehabilitación neuropsicológica de funcionamiento ejecutivo o funciones mentales relacionadas con dicho constructo mediante ordenador o programa computarizado brinda una mejoría aunque no estadísticamente significativa en los individuos con daño cerebral adquirido, no



obstante es importante remarcar que a pesar de ello este estudio da cuenta de que estos programas, en parte, cumplen con el objetivo propuesto para el cual son diseñados.

Por otro lado, en esta revisión observamos que el uso de ordenador no es más eficaz en la rehabilitación cognitiva en comparación con métodos tradicionales de lápiz y papel o terapia neuropsicológica brindada con acompañamiento de un especialista.

Asimismo queda claro que las tecnologías de la información, como herramienta avanzada que facilita la vida del ser humano en todos sus ámbitos, tendrá que seguir siendo solamente un instrumento más en el ámbito de la rehabilitación neuropsicológica puesto que la complejidad del sistema nervioso central es aún mucho mayor que la de la tecnología, por muy sofisticada que ésta sea.

Ello nos hace pensar que el cerebro es un sistema que en complejidad rebasa a los sistemas de ordenador por lo que su reorganización anatómica y funcional requiere de múltiples aportaciones relacionadas con la intervención en la salud.

Dentro de los beneficios aportados por dichos programas se pueden destacar las cualidades atractivas de los estímulos con el uso de tecnologías, lo que en la población con daño cerebral es un factor importante que incide en la atención focalizada y motivación de los participantes, aspectos que se ven alterados en las lesiones cerebrales adquiridas.

En nuestra revisión sistemática se destaca la variabilidad metodológica de los programas de rehabilitación neuropsicológica en pacientes con TCE o daño cerebral adquirido, lo que nos indica que a la fecha no hay un consenso en la comunidad científica sobre la metodología a establecer en la intervención de dichos pacientes. Variables como duración de la intervención, frecuencia con que se debe brindar el tratamiento, tipo de instrumentos utilizados en la valoración cognitiva, tiempo considerado para iniciar el tratamiento posterior al daño, y funciones mentales objetivo a rehabilitar son algunos de los aspectos metodológicos que difieren en este tipo de investigaciones. Consideramos que hace falta unanimidad metodológica principalmente relacionada con los instrumentos de valoración que sean específicos de cada función, en el tiempo idóneo para iniciar la intervención en donde la recuperación espontánea no funja como sesgo así como en el tipo de ejercicios y número de sesiones brindadas para este tipo de pacientes bajo un argumento neurofisiológico. Asimismo, consideramos que el uso de valoración posterior al tratamiento mediante técnicas de neuroimagen, ayudaría a unificar criterios en la metodología.

La rehabilitación cognitiva por medio de ordenador debe considerarse una herramienta de apoyo en toda la gama de tratamientos que se pueden ofrecer a los pacientes con secuelas de trauma de cráneo o daño cerebral adquirido sin importar la etiología ya que utilizar un solo

método sería limitaría al paciente de beneficiarse de un manejo terapéutico integral.

Consideramos que el uso de tecnologías puede utilizarse en todo tipo de pacientes con daño cerebral y que las mismas se deben introducir en la terapia en el tiempo pertinente dadas las características personales y condiciones médicas del paciente.

Las limitaciones de nuestra revisión se relacionan con el número de estudios incluidos, por lo que no puede ser tan representativo del fenómeno estudiado así como la variabilidad de diseño de los estudios incluidos. Como líneas de investigación futura podemos destacar el análisis de aquellos software que incluyan ejercicios ecológicos y correlacionar si éstos son de utilidad en la vida de los pacientes ya que la mayoría de los estudios se han centrado en las mejoras cognitivas sabiendo de antemano que ello no necesariamente implica la generalización en la vida cotidiana.

## Referencias

1. Kuri Morales P, Lopez-Gatell Ramirez H. El traumatismo craneoencefálico. *Boletín Epidemiol Secr Salud-Mexico* [Internet]. 2008;25:28. Available from: <http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/doctos/boletin/2008/sem26.pdf>
2. Menon DK, Schwab K, Wright DW, Maas AI. Position Statement: Definition of Traumatic Brain Injury. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2010 Nov;91(11):1637–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2010.05.017>
3. Stocchetti N, Zanier ER. Chronic impact of traumatic brain injury on outcome and quality of life: a narrative review. *Crit Care* [Internet]. 2016 Dec 21;20(1):148. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13054-016-1318-1>
4. Ramos-Galarza C, Peña-García S, Salas-Claudia P-, Cadena-Almeida I, Jadán-Guerrero J, Bolaños-Pasquel M. Futbolistas Talentosos, el gran secreto está en el cerebro: La gran tragedia del Marshal y la suerte de los magos con un sistema nervioso indemne. 2017;26(3):275–82. Disponible en: <http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2018/03/Talented-Soccer-Players-Secret-in-the-Brain.pdf>
5. Ripoll-Zapata V, Sibaja-Pérez A, Ramos-Villegas Y, Padilla-Zambrano H, Corrales-Santander H, Moscote-Salazar LR. Craniocerebral trauma due to falling televisions: Hidden enemy. *Rev Ecuatoriana Neurol*. 2018;27(1):9–10. Disponible en: <http://revecuatneurol.com/wp-content/uploads/2018/09/CARTA-AL-EDITOR.pdf>
6. Andreasen SH, Andersen KW, Conde V, Dyrby TB, Puonti O, Kammersgaard LP, et al. Two Coarse Spatial Patterns of Altered Brain Microstructure Predict Post-traumatic Amnesia in the Subacute Stage of Severe Traumatic Brain Injury. *Front Neurol*. 2020;11(September):1–14. Available from: <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00800>

7. Donders J, Larsen T. Clinical Utility of the Tower of London—Drexel University, Second Edition (TOL DX ) After Adolescent Traumatic Brain Injury. *Dev Neuropsychol* [Internet]. 2012 May;37(4):333–42. Available from: <https://doi.org/10.1080/87565641.2011.646448>
8. Jourdan C, Bayen E, Pradat-Diehl P, Ghout I, Dar-noux E, Azerad S, et al. A comprehensive picture of 4-year outcome of severe brain injuries. Results from the PariS-TBI study. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2016 Apr;59(2):100–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.10.009>
9. Perlstein WM, Cole MA, Demery JA, Seignourel PJ, Dixit NK, Larson MJ, et al. Parametric manipulation of working memory load in traumatic brain injury: Behavioral and neural correlates. *J Int Neuropsychol Soc* [Internet]. 2004 Sep 1;10(5):724–41. Available from: <https://doi.org/10.1017/S1355617704105110>
10. Rochat L, Beni C, Billieux J, Azouvi P, Annoni J-M, Van der Linden M. Assessment of impulsivity after moderate to severe traumatic brain injury. *Neuropsychol Rehabil* [Internet]. 2010 Oct;20(5):778–97. Available from: <https://doi.org/10.1080/09602011.2010.495245>
11. Arnould A, Rochat L, Azouvi P, Van der Linden M. Apathetic symptom presentations in patients with severe traumatic brain injury: Assessment, heterogeneity and relationships with psychosocial functioning and caregivers' burden. *Brain Inj* [Internet]. 2015 Dec 6;29(13–14):1597–603. Available from: <https://doi.org/10.3109/02699052.2015.1075156>
12. Bogdanova Y, Yee MK, Ho VT, Cicerone KD. Computerized cognitive rehabilitation of attention and executive function in acquired brain injury: A systematic review. *J Head Trauma Rehabil*. 2016;31(6):419–33. Available from: <https://doi.org/10.1097/HTR.0000000000000203>
13. Twamley EW, Jak AJ, Delis DC, Bondi MW, Lohr JB. Cognitive Symptom Management and Rehabilitation Therapy (CogSMART) for Veterans with traumatic brain injury: Pilot randomized controlled trial. *J Rehabil Res Dev* [Internet]. 2014;51(1):59–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2013.01.0020>
14. Jak AJ, Jurick S, Crocker LD, Sanderson-Cimino M, Aupperle R, Rodgers CS, et al. SMART-CPT for veterans with comorbid post-traumatic stress disorder and history of traumatic brain injury: a randomised controlled trial. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* [Internet]. 2019 Mar;90(3):333–41. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/jnnp-2018-319315>
15. Åkerlund E, Esbjörnsson E, Sunnerhagen KS, Björkdahl A. Can computerized working memory training improve impaired working memory, cognition and psychological health? *Brain Inj* [Internet]. 2013 Dec 2;27(13–14):1649–57. Available from: <https://doi.org/10.3109/02699052.2013.830195>
16. S. H. A. CHEN, J. D. THOMAS RL. The effectiveness of computer-assisted cognitive rehabilitation for persons with traumatic brain injury. *Brain Inj* [Internet]. 1997 Jan 3;11(3):197–210. Available from: <https://doi.org/10.1080/026990597123647>
17. Ruff R, Mahaffey R, Engel J, Farrow C, Cox D, Karzmark P. Efficacy study of Thinkable in the attention and memory retraining of traumatically head-injured patients. *Brain Inj* [Internet]. 1994 Jan 3;8(1):3–14. Available from: <https://doi.org/10.3109/02699059409150954>
18. Tam S-F, Man W-K. Evaluating computer-assisted memory retraining programmes for people with post-head injury amnesia. *Brain Inj* [Internet]. 2004 Jan 3;18(5):461–70. Available from: <https://doi.org/10.1080/02699050310001646099>
19. Lundqvist A, Grundström K, Samuelsson K, Rönnerberg J. Computerized training of working memory in a group of patients suffering from acquired brain injury. *Brain Inj* [Internet]. 2010 Sep 17;24(10):1173–83. Available from: <https://doi.org/10.3109/02699052.2010.498007>
20. De Joode EA, Van Heugten CM, Verhey FRJ, Van Boxtel MPJ. Effectiveness of an electronic cognitive aid in patients with acquired brain injury: A multicentre randomised parallel-group study. *Neuropsychol Rehabil* [Internet]. 2013 Jan;23(1):133–56. Available from: <https://doi.org/10.1080/09602011.2012.726632>
21. Connor BB, Shaw CA. Case study series using brain-training games to treat attention and memory following brain injury. *J Pain Manag*. 2016;9(3):217–26. Available from: <https://bonnieconnor.com/wp-content/uploads/2020/06/BBC-CS.ICDVRAT.2014-rev.pdf>