



Universidad
Francisco de Vitoria
UFV Madrid

Universidad Francisco de Vitoria

Grado en Psicología

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Evolución de los déficits de Velocidad de Procesamiento de la Información en pacientes con Traumatismo Craneoencefálico

Trabajo Fin Grado

presentado por: Pilar Artiach Hortelano

Director/a: Genny Lubrini

Curso 2018-2019

Agradecimientos

Antes de comenzar me gustaría dar las gracias a todas las personas que de alguna manera han hecho posible este trabajo.

Gracias a todos los participantes, quienes me han cedido una parte de su tiempo; a mi tutora, por el apoyo y la guía durante todos estos meses y, por último, a todas las personas cercanas que me han apoyado durante esta etapa.

Resumen

La velocidad de procesamiento de la información (VPI) es una de las alteraciones que se da con mayor frecuencia tras un traumatismo craneoencefálico (TCE). Además, sus consecuencias son enormemente discapacitantes, pues a parte de dar lugar a un pensamiento enlentecido afecta a otros procesos cognitivos. Por esta razón, son numerosos los tratamientos de rehabilitación que tratan de paliar sus efectos. Si bien para poder adecuar los tratamientos a los déficits se ha de comprender cómo evolucionan con el tiempo. Sin embargo, los resultados de los estudios realizados no son concluyentes debido a la aparición del efecto de práctica. De esta manera, en el presente trabajo se estudió la evolución de este déficit entre la fase aguda y la fase subaguda del TCE. Para ello, se evaluaron en dos mismos momentos temporales a un grupo de 17 pacientes con TCE y, con el fin de controlar el efecto de práctica a un grupo control de 17 individuos sanos mediante cinco tareas de TR computarizadas. A través de una serie de ANOVAs de dos factores (tiempo y grupo) se encontró que los individuos con TCE presentan un claro déficit en la VPI, concretamente en el componente motor del procesamiento y en procesos de VPI complejos. Si bien, aunque este último componente de la VPI muestra cierta evolución, sigue presentando claros déficits en la fase subaguda del TCE. De manera complementaria se ha visto que algunas tareas de TR son susceptibles de aparición del efecto de práctica, por lo que realizar futuras investigaciones con el fin de comprender esta relación parece necesario.

Palabras clave: traumatismo craneoencefálico, velocidad de procesamiento de la información, tiempo de reacción, efecto de práctica y alteraciones cognitivas.

Abstract

Information processing speed (IPS) is one of the most common deficits after a traumatic brain injury (TBI). Moreover, its consequences are truly disabling. In addition to leading to slowed-down thinking, they can affect other cognitive processes. For this reason, there are so many rehabilitating treatments that try palliate its consequences. But for these treatments to be adequate, they need to comprehend how IPS' deficits evolve with time. Nevertheless, the results shown until this day are not consistent due to the practice effect. Therefore, the current research aims to study how this deficit evolves in between the acute and the subacute phase of a TBI. So as to do so a group of 17 TBI patients was evaluated at two-time points. In order to control for practice effect, a control group of 17 healthy individuals was evaluated at the same two-time points. The evaluation was made with five computerized reaction time (RT) tests. Through a two-way ANOVA (time and group) results showed that TBI patients had a clear deficit in IPS, specifically in the motor processing component and in the complex IPS processes. This last one, even though it showed improvement in the subacute phase, it was still impaired. Complementarily, some RT tests were affected by the practice effect, so studying this relationship seems necessary in future research.

Key words: traumatic brain injury, information processing speed, reaction time, practice effect and cognitive impairments.

Índice

1. Introducción	7
1.1. Traumatismo craneoencefálico	7
1.1.1. <i>Clasificación de los TCE</i>	8
1.1.2. <i>Alteraciones cognitivas en TCE</i>	11
1.2. Velocidad de procesamiento de la información	13
1.2.1. <i>Alteraciones de la VPI en TCE</i>	15
1.2.2. <i>Evaluación de la VPI</i>	17
1.3. Evolución de los déficits de la VPI en TCE	19
1.4. Objetivos e hipótesis	23
2. Método	23
2.1. Participantes	23
2.2. Materiales y procedimiento	25
2.3. Análisis de datos	30
3. Resultados	30
3.1 Resultados demográficos	31
3.2 Resultados TR	31
3.3 Resultados porcentaje de respuestas correctas	33
4. Discusión	34
5. Conclusiones	40
6. Referencias	41
Anexo 1: consentimiento informado	50

Índice de Tablas

Tabla 1. Características demográficas y clínicas de los pacientes	24
Tabla 2. Características demográficas del grupo de pacientes y control	25

Tabla 3. TR medio en milisegundos de pacientes y controles en la 1ª y la 2ª evaluación por tarea	31
Tabla 4. Efectos principales del factor tiempo, factor grupo e interacción de estos sobre el TR de cada tarea	32
Tabla 5. Porcentaje medio de respuestas correctas y desviación típica del grupo de pacientes y controles en la 1ª y la 2ª evaluación en cada tarea	33
Tabla 6. Efectos principales del factor tiempo, del factor grupo e interacción de estos sobre el porcentaje de respuestas correctas de las tareas	34

Índice de Figuras

Figura 1. Ejemplos de los estímulos presentados en las tareas TRS, TRS-START, TRE y TRE-Búsqueda.	29
Figura 2. Gráficos por tarea de los TR de cada grupo en las distintas evaluaciones.	33

1. Introducción

El traumatismo craneoencefálico (TCE) es una de las causas más comunes de muerte y discapacidad, tanto en niños como jóvenes adultos alrededor del mundo (World Health Organization [WHO], 2006). Se trata de un problema económico, sanitario e individual que afecta sobremanera al colectivo que lo sufre. Son muchos los procesos cognitivos que se ven afectados tras una lesión de este tipo, pero las alteraciones en la velocidad de procesamiento de la información (VPI) son consideradas las que mayor problemática entrañan en los pacientes (Madigan, DeLuca, Diamond, Tramontano & Averill, 2000; van Zomeren & Brouwer, 1994) y las que mayor persistencia presentan (Christensen et al., 2008). En aquellas personas en las que el TCE haya desembocado en una discapacidad, se deben tener en cuenta todas las pérdidas, tanto individuales como familiares y sociales. Por esta razón, conocer tanto el TCE como sus consecuencias en la VPI es de vital importancia para comprender el problema que genera.

1.1. Traumatismo craneoencefálico

Según Menon y sus colaboradores (2010), la definición de TCE es “una alteración de la función cerebral u otra evidencia de patología cerebral causada por una fuerza externa” (p.1638). Para una mejor comprensión del fenómeno, este grupo de investigadores proporcionó información adicional a la definición. A continuación, se detallará dicha información.

Con “alteración de la función cerebral” se hace referencia a uno de los siguientes signos clínicos: un periodo de pérdida o disminución del nivel de conciencia; pérdida de memoria, la cual puede ser sobre los eventos que sucedieron inmediatamente antes del accidente (amnesia retrógrada) o pérdida de memoria después del traumatismo (amnesia postraumática, APT);

déficits neurológicos como pérdida de equilibrio, debilitamiento, cambios en la visión, etc. Por último, también se hace referencia a cualquier alteración del estado mental durante la lesión como pueden ser la confusión, desorientación o pensamiento enlentecido.

Cuando se hace referencia a “otra evidencia de patología cerebral”, estos autores resaltan que dichas evidencias pueden ser visuales, neuroradiológicas o a partir de una confirmación de laboratorio del daño producido en el cerebro.

Finalmente, la fuerza externa que puede causar dicho daño puede deberse a que la cabeza sea golpeada por un objeto, que la cabeza se golpee contra un objeto, un movimiento de aceleración o deceleración de la cabeza sin que esta haya sido externamente golpeada, un cuerpo extraño que penetre en el cerebro, fuerzas ejercidas sobre la masa cerebral debido a explosiones o cualquier otra fuerza ejercida contra la misma.

Las causas de los TCE pueden variar según la edad y la región. Tanto en España como en el resto de Europa, las principales causas que pueden dar lugar a un TCE son los accidentes de tráfico, seguido de las caídas y la violencia (Ministerio de Sanidad Política e Igualdad, 2011; WHO, 2006).

1.1.1. Clasificación de los TCE

Los TCE se pueden clasificar según su gravedad y según el tipo de lesión causada en el cerebro. A continuación, se detallará cómo se llevan a cabo dichas clasificaciones.

La clasificación de los TCE según su gravedad se divide en leves, moderados y graves. Para poder llevar a cabo esta clasificación se utilizan una serie de indicadores que son la Escala de Coma de Glasgow (GSC, *Glasgow Coma Scale*), la duración del coma y de la APT y el *Injury Severity Scale* (ISS).

La GSC evalúa la presencia, grado y duración del coma o alteración de la conciencia a través de la respuesta ocular, verbal y motora del paciente (Teasdale y Jannet, 1976). La máxima puntuación que se puede obtener es de 15, que reflejaría un adecuado nivel de conciencia. Si el paciente obtiene una puntuación entre 13 y 15 se consideraría TCE leve. Si la puntuación obtenida se encuentra entre 9 y 12 se clasificaría como TCE moderado. Por último, se consideraría un TCE grave si el paciente obtiene puntuaciones por debajo de 9 (World Health Organization, 2006). La duración de la APT hace referencia al tiempo posterior al accidente en el que el paciente no puede generar nuevos recuerdos. Un TCE leve sería aquel en el que la APT tenga una duración de entre 5 y 60 minutos, un TCE moderado de entre 1 y 24 horas y un TCE grave de 1 a 7 días. Por último, una APT de 1 a 4 semanas se consideraría un TCE muy grave (Jennett & Teasdale 1981). Finalmente, la escala de medida ISS proporciona información sobre la gravedad de los pacientes atendiendo también a lesiones en otras zonas anatómicas (Foreman et al., 2007).

A continuación, en cuanto a la clasificación de los TCE según el tipo de lesión producida se pueden dar tres clasificaciones: la anatomopatológica, que utiliza la localización del daño; la fisiopatológica, centrándose en los mecanismos lesionales producidos y su duración en el tiempo; y, por último, la clasificación por el mecanismo de lesión. Estas clasificaciones sirven para describir las lesiones producidas en el cerebro tras un TCE y no son excluyentes entre sí.

La clasificación anatomopatológica divide las lesiones en focales y difusas (Povlishock & Katz, 2005). Las lesiones focales se caracterizan por localizarse en una zona en concreto, siendo las mayormente afectadas las zonas temporales, la frontal y la occipital. Además, son identificables a simple vista mediante técnicas de neuroimagen como la TAC o la Resonancia Magnética (RM). Este tipo de lesiones suelen ser causadas por la fuerza de aceleración y/o deceleración ejercida sobre la masa cerebral que hacen que el cerebro choque contra el

interior del cráneo. Otra causa puede ser al golpearse el cerebro contra un objeto exterior o que un objeto penetre en el interior del cráneo, lo que daría lugar a un TCE abierto. Se debe tener en cuenta que, en numerosas ocasiones cuando una lesión focal alcanza un gran tamaño, pasa a considerarse lesión difusa (Viejo Sobera, 2014). Las lesiones difusas, que son las que ocurren con mayor frecuencia tras un TCE, son las producidas por el estiramiento, rotación y/o compresión del tejido cerebral (Povlishock & Katz, 2005). Dentro de este tipo de lesiones se puede mencionar la lesión axonal difusa (LAD). Esta lesión produce daños en las conexiones entre las distintas partes del cerebro, por lo que la VPI se ve aumentada (Ríos-Lago, Benito-León, Paúl-Lapedriza & Tirapu-Ustárroz, 2011). A diferencia de las lesiones focales, las lesiones difusas no suelen ser visibles mediante técnicas de neuroimagen, resultando complicada su detección en muchas ocasiones (Viejo Sobera, 2014). Por esta razón, lo más común en un TCE con lesiones focales es que se den a su vez lesiones difusas responsables de una gran parte de los déficits neurológicos del paciente (Povlishock & Katz, 2005).

Atendiendo a la clasificación fisiopatológica, tras un TCE se puede dar daño primario, que es todo daño aquel que se debe a la fuerza mecánica ejercida sobre el cerebro en el momento del traumatismo; y daño secundario, que deriva del golpe original (Povlishock & Katz, 2005). Dentro del daño secundario se pueden incluir aquellas lesiones producidas por los mecanismos de reparación que lleva a cabo el cerebro cuando se ocasiona daño primario, los hematomas intracraneales, las infecciones, el aumento de la presión intracraneal, etc. (Viejo Sobera, 2014).

La última clasificación mencionada, que hace referencia al mecanismo de la lesión, divide los TCE en abiertos o cerrados. Esta clasificación se lleva a cabo según se haya ocasionado o no una ruptura ósea del cráneo, así como de la capa más externa de las

meninges, la duramadre. De esta forma, en un TCE abierto el espacio intracraneal queda expuesto al exterior (Viejo Sobera, 2014).

Las lesiones mencionadas con anterioridad pueden llegar a producir consecuencias en las capacidades del paciente. Estas consecuencias pueden ser alteraciones cognitivas, emocionales y/o secuelas motoras que pueden llegar a interferir o incluso interrumpir la realización de actividades cotidianas. Según el grado de gravedad y el tipo de alteraciones producidas tras un TCE, el paciente puede quedar parcial o totalmente dependiente (Zarranz, 2003).

1.1.2. Alteraciones cognitivas en TCE

En relación a las alteraciones cognitivas que se producen con mayor frecuencia tras un TCE se pueden encontrar afectadas la atención, las funciones ejecutivas, la memoria, el lenguaje y la VPI.

Con respecto a las alteraciones en la atención se han descrito alteraciones en la atención sostenida, atención selectiva y atención alternante (Mathias & Wheaton, 2007; van Zomeren & Brouwer, 1994). Sin embargo, resulta complicado detectar los déficits de atención debido a su estrecha relación con la VPI. De esta forma, cuando existe un déficit en la VPI, ya sea por alguna alteración o por alguna variable que incida sobre ella como, por ejemplo, el cansancio, resulta complicado detectar si realmente existe o no un déficit en la atención (Sinclair, Ponsford, Rajaratnam, & Anderson, 2013).

Las lesiones en la parte prefrontal del cerebro como consecuencia de un TCE son muy habituales, pudiendo dar lugar a alteraciones en las funciones ejecutivas. Las funciones ejecutivas permiten al individuo controlar conscientemente su pensamiento y sus acciones. Por lo tanto, pacientes con alteraciones en las funciones ejecutivas presentarán problemas

para resolver tareas complejas, orientar sus acciones a un fin determinado, adaptarse a las situaciones nuevas y aprender de ellas (Lezak, Howieson, Bigler, & Tranel, 2012).

En cuanto a los déficits de memoria se pueden destacar alteraciones en la memoria operativa, la memoria a largo plazo y la memoria prospectiva. En primer lugar, las alteraciones en la memoria operativa son muy frecuentes. Pacientes con este tipo de alteraciones presentan problemas para retener y utilizar la información relevante para llevar a cabo una tarea (Asloun et al., 2008). Este tipo de alteración está estrechamente relacionada con las alteraciones en la VPI de tal manera que, una VPI más lenta hace que se reduzca la información disponible para el paciente. Si se les proporciona un mayor tiempo a los pacientes para que manipulen la información en tareas que evalúan la memoria operativa, pueden obtener ejecuciones similares a las de los individuos sanos del grupo control (Madigan et al., 2000). En segundo lugar, las alteraciones en la memoria a largo plazo pueden englobar amnesia anterógrada, lo que les impide consolidar nuevos recuerdos y aprendizajes tras el TCE (Muñoz-Céspedes, Paúl-Lapedriza, Pelegrín-Valero & Tirapu-Ustárrroz, 2001). Del mismo modo que con la memoria operativa, cuesta definir el déficit en la memoria a largo plazo cuando hay alteraciones en la VPI. Esto se debe a que es complicado distinguir si las dificultades en las tareas de memoria se deben a la lesión en sí o a la alteración de la VPI, la cual impide que se codifique y aprenda la información de forma adecuada (DeLuca, Schultheis, Madigan, Christodoulou, & Averill, 2000). Por último, se encuentran las alteraciones en la memoria prospectiva, la cual permite crear recuerdos sobre aquello que tenemos que llevar a cabo en un futuro. Este tipo de memoria está muy relacionada con otros procesos como las funciones ejecutivas, la atención y la memoria operativa. Por esta razón, se cree que el déficit en este tipo de memoria se debe a déficits en dichos procesos (Kliegel, McDaniel, & Einstein, 2008).

Con respecto a las alteraciones del lenguaje más comunes tras un TCE se pueden dar la anomia, las perseveraciones, una fluidez verbal disminuida, dificultad para expresar ideas y parafasias semánticas (sustituir una palabra por otra de su mismo grupo semántico) (Glosser & Desser, 1991). Dentro de las alteraciones que se presentan con menor frecuencia se puede encontrar estereotipias, ecolalias y problemas de pragmática y uso de la gramática (Lezak et al., 2012). No obstante, las alteraciones del lenguaje no son las más características en pacientes con TCE. En relación con otros procesos cognitivos, se cree que las alteraciones en las funciones ejecutivas o en la memoria operativa podrían causar déficits del lenguaje. Estas alteraciones podrían provocar dificultades para razonar o seguir el hilo de las conversaciones (Lezak et al., 2012).

Por último, se pueden mencionar los déficits en la VPI que conllevan una dificultad a la hora de procesar la información. Estos dan lugar a un pensamiento enlentecido característico en pacientes con TCE (Mathias & Wheaton, 2007). Se ha visto que este tipo de déficit afecta de manera significativa a otros procesos cognitivos como se mencionaba anteriormente (Mathias & Wheaton, 2007; DeLuca et al., 2000; Madigan et al. 2000). Se ampliará la información en relación a la VPI en el siguiente apartado.

1.2. Velocidad de procesamiento de la información

La VPI ha sido objeto de investigación desde finales del siglo XIX. Este interés comenzó en el campo de estudio de las diferencias individuales con Wundt, Galton y Cattell y fue adquiriendo importancia a lo largo de los años. Hoy en día es considerado un factor mediador de la puntuación de inteligencia en la Escala de Inteligencia de Wechsler (WAIS) y un constructo de especial importancia en las evaluaciones neuropsicológicas (Viejo Sobera, 2014).

Aunque el estudio y el debate sobre la VPI ha sido abundante, actualmente no se ha llegado a una definición unívoca. Autores como Ríos- Lagos y Perriñez (2010) la han definido de diferentes maneras. Una de ellas como “cantidad de información que puede ser procesada por unidad de tiempo” (p. 115). Otra definición hace referencia a “la velocidad a la que diferentes procesos cognitivos pueden darse” (p. 115). Por último, una tercera forma de comprender la VPI es “el tiempo que tarda un individuo en percibir, procesar la información, preparar una respuesta y ejecutarla” (p.115).

La conceptualización de la VPI permite comprenderla como un concepto multidimensional y no como un concepto unitario (DeLuca, 2008), aunque existen varias formas de conceptualizarla que se detallarán a continuación.

En primer lugar, Salthouse y Madden (2008) proponen la existencia de una VPI global y una VPI específica. La VPI global es entendida como una capacidad cognitiva más presente en todas las operaciones mentales. En cambio, la VPI específica asocia una VPI a cada proceso cognitivo, ya sea simple o complejo.

Otra forma de conceptualizar la VPI es a raíz de la complejidad de la tarea. De esta forma, Chiaravalloti, Christodoulou, Demaree y DeLuca (2003) diferencian la VPI simple y la VPI compleja. La VPI simple está presente en tareas con menor demanda cognitiva y se asocia a fases periféricas del procesamiento. Se podría comprender como el tiempo que tarda el individuo en percibir, reconocer el estímulo y emitir la respuesta motora, es decir, su tiempo de reacción (TR). Mientras que la VPI compleja, presente en tareas con una mayor demanda cognitiva, se encuentra en estrecha relación con las fases centrales del procesamiento de la información. Cabría resaltar la implicación del “ejecutivo central” (Baddeley & Hitch, 1994) en este tipo de tareas. Por esta razón, disociar este tipo de VPI de otros procesos como la atención o la memoria es complicado dificultando así su medición (Viejo Sobera, 2014).

Anatómicamente, la VPI ha estado relacionada con la sustancia blanca del cerebro. Estudios tanto conductuales como de neuroimagen, han señalado la relación existente entre la VPI y la velocidad de conducción de las neuronas (Ríos-Lago & Periañez, 2010). De esta manera, las diferencias que se encuentran en VPI dependen de la velocidad de conducción de las neuronas que viene determinada por el diámetro del axón neuronal, así como del grado de mielinización de la misma. Otros estudios han señalado la relación entre los déficits de la VPI con la desconexión causada por la ruptura de las fibras nerviosas de la sustancia blanca del cerebro (Turken et al., 2008; van Zomeren & Brouwer, 1994). Concretamente, Turken y sus colaboradores (2008), encontraron evidencias de la implicación de la sustancia blanca del lóbulo parietal en el procesamiento cognitivo. En esta región cerebral se puede encontrar la trayectoria del fascículo longitudinal superior que conecta las regiones temporales con la frontal. Pacientes con lesiones en esta parte del cerebro muestran un deterioro en la VPI en comparación con pacientes sin lesiones en esa zona (Turken et al., 2008).

También se pueden relacionar las alteraciones de la VPI con daños estructurales específicos, como en los lóbulos temporales y frontales y en estructuras subcorticales que conectan con el lóbulo frontal (Peña, Roa & Rojas, 2017). A su vez, se pueden tener en consideración algunas regiones corticales cuando se habla de la anatomía de la VPI. Concretamente, las áreas motoras suplementarias y las áreas frontales se han visto implicadas en el aumento del TR en individuos con lesiones en estas áreas (Stuss et al., 2005).

1.2.1. Alteraciones de la VPI en TCE

Las alteraciones de la VPI son muy frecuentes en los TCE y, en la mayoría de las ocasiones, la lentitud en el procesamiento de la información se encuentra muy ligada a otras alteraciones como a las funciones ejecutivas o a la atención (Ríos-Lago & Periañez, 2010;

Mathias & Wheaton, 2007). Son numerosas las investigaciones que han estudiado las alteraciones de la VPI en TCE, señalando que individuos con TCE presentan una lentitud en la VPI (Perbal, Couillet, Azouzi, & Pouthas, 2003; Mathias & Wheaton, 2007; Willmott, Ponsford, Hocking & Schönberger, 2009). Aunque las alteraciones de la VPI son más marcadas en TCE moderado y grave, también se encuentran presentes en pacientes con TCE leve (Frencham, Fox, & Maybery, 2005).

Para explicar la manera en que los déficits de la VPI pueden afectar al rendimiento, el modelo de Salthouse (1996) propone dos mecanismos. Uno está relacionado con el tiempo limitado y otro con los procesos simultáneos. El primero parece implicar que, cuando en las tareas complejas el tiempo es limitado, la gran mayoría de este se pierde en las fases preliminares del procesamiento, por lo que cuando toca realizar fases secundarias, el tiempo restante no es suficiente. El segundo mecanismo relacionado con los procesos simultáneos sugiere que cuando se va a realizar el procesamiento de las fases secundarias, el producto del procesamiento de las fases preliminares ya no está disponible. Estos dos mecanismos pueden explicar el enlentecimiento en este tipo de pacientes al llevar a cabo tareas complejas.

Por otra parte, el tipo de lesión que se relaciona con las alteraciones de la VPI es el LAD (Felmingham, Baguley & Green., 2004; Bigler, 2001; van Zomeren & Brouwer, 1994), en la cual la conexión axonal se ve interrumpida y, por lo tanto, la comunicación entre los lóbulos. Felmingham y sus colaboradores (2004) llevaron a cabo una comparativa entre un grupo control con individuos sanos y dos grupos de pacientes con TCE. El primero con daño de tipo LAD y el segundo con daño mixto, que conlleva un daño difuso mínimo. El grupo de pacientes con LAD presentaba mayores déficits en la VPI que el grupo con daño mixto. Este último grupo a su vez presentaba mayor déficit que el grupo control. En resumen, los resultados apoyan la idea de que los déficits en la VPI son mayores cuando el daño es de tipo LAD que cuando es mixto. Además, añadieron que una VPI enlentecida puede dar lugar a

déficits en la flexibilidad cognitiva y atención dividida, las cuales anteriormente se relacionaban con el LAD.

1.2.2. Evaluación de la VPI

Para evaluar la VPI se utilizan tareas sencillas que puedan ser respondidas por todos los participantes. De esta forma, la diferencia entre dos individuos será el tiempo que toman para realizarla (Viejo Sobera, 2014). Para poder obtener una medida de la VPI actualmente se utilizan dos medidas conductuales: los test neuropsicológicos y las tareas de TR.

En lo que respecta a los test neuropsicológicos, la VPI se mide a través de tareas que el paciente realiza con lápiz y papel. Estas tareas pueden conllevar medir el tiempo que el sujeto tarda en completarla, contar la cantidad de ítems que el examinado ha conseguido responder en un período breve de tiempo o bien a través de tareas *paced*, en las cuales el examinador impone el ritmo al que se presentan los estímulos (Viejo Sobera, 2014). Las ventajas que conllevan la utilización de este tipo de procedimientos son su alta fiabilidad y validez, su fácil administración y que resulta sencillo llevar a cabo la interpretación de los resultados obtenidos por toda la comunidad científica (Viejo Sobera, 2014). En cambio, los problemas asociados a la utilización de este método son la dificultad para disociar la VPI de otros procesos cognitivos y la difícil adaptación de los test para personas con problemas motores (Incoccia, Formisano, Muscato, Reali & Zoccolotti, 2004).

Otra forma de medir la VPI es a través de las tareas de TR que registran la velocidad de la respuesta del individuo. El TR hace referencia al tiempo que transcurre entre la presentación del estímulo y la emisión de la respuesta motora por parte del sujeto (Haworth et al., 2016). Para medir el TR, se pueden utilizar diferentes tipos de tareas en las que el individuo tendrá que responder lo más rápido posible al estímulo presentado siguiendo las

instrucciones dadas, que variarán según el tipo de tarea que sea. Una gran ventaja de este tipo de tareas es que se realizan a través de un ordenador, por lo que la precisión del registro del TR es de milisegundos. Se trata de una forma más representativa que los test neuropsicológicos de conocer el “tiempo real” de procesamiento de la información (Momjian, Seghier, Seeck, & Michel, 2003). Además, con la utilización de este tipo de tareas se hace posible manipular la complejidad de la tarea. Esto permite que el control sobre los procesos cognitivos que se están llevando a cabo simultáneamente sea más preciso. Gracias al método de factores aditivos de Sternberg (1969), al utilizar este tipo de tareas se puede averiguar cómo contribuye cada proceso cognitivo subyacente al TR final del individuo. De esta manera, se puede separar la VPI de otros procesos cognitivos, aunque a medida que aumenta la dificultad de la tarea y, por tanto, los procesos cognitivos implicados, su separación se vuelve más compleja (Viejo Sobera, 2014).

La medición de la VPI en TCE se realiza mayoritariamente a través de test neuropsicológicos debido a que las tareas de TR no han sido generalizadas en la práctica clínica (Bigler, 2013) y al alto coste que supone su utilización (Viejo Sobera, 2014). Aun así, numerosos estudios aconsejan la utilización de tareas de TR en la medición de la VPI en TCE. Además de las ventajas de la utilización de tareas de TR mencionadas anteriormente, Bigler (2013) señala que estas tareas son más sutiles en la detección de alteraciones de la VPI en TCE leve en comparación con los test neuropsicológicos. Otra ventaja es la menor probabilidad de que se dé una mejor ejecución a causa del efecto de práctica en evaluaciones sucesivas al emplear tareas de TR (Baird, Tombaugh & Francis, 2007; Reicker, Tombaugh, Walker & Freedman 2007; Tombaugh, Rees, Stormer, Harrison & Smith 2007). Asimismo, variables como problemas de sueño, fatiga o alteraciones emocionales presentes en pacientes con TCE pueden interferir con los resultados obtenidos en los test neuropsicológicos dificultando la detección de déficits tras un TCE (Silver, Mcallister, & Arciniegas, 2009).

1.3. Evolución de los déficits de la VPI en TCE

En cuanto a la evolución de los déficits tras un TCE, existen evidencias de que es entre los tres primeros meses y el primer año tras el TCE cuando se produce una recuperación más notable, poniendo especial énfasis a los seis primeros meses (Christensen et al., 2008). Una vez pasada esta fase subaguda la evolución se va ralentizando progresivamente (Ruttan, Martin, Liu, Colella, & Green, 2008). Si bien cabe mencionar que no todos los procesos cognitivos evolucionan de la misma manera. En una revisión llevada a cabo por Schultz y Tate (2013) se ha evidenciado que son las funciones ejecutivas las que presentan una mayor recuperación tras el TCE. En cambio, la memoria y la atención conllevan procesos de recuperación más lentos permaneciendo alteradas con mayor probabilidad.

Conocer cómo se produce la evolución de los déficits de la VPI es de gran importancia a la hora de planificar y establecer programas de neurorrehabilitación adecuados. A nivel individual, estos datos no solo suponen información relevante en relación al progreso y pronóstico del paciente, sino que permiten ajustar la rehabilitación a sus necesidades reales, potenciando al máximo sus capacidades afectadas. A nivel general, conocer cómo evolucionan los déficits, en concreto la VPI, permitirá que los programas se ajusten desde un inicio a la evolución típica de los déficits.

Actualmente, los estudios que han evaluado la evolución de los déficits de la VPI arrojan evidencias contradictorias. Por un lado, Felmingham y sus colaboradores (2004) evaluaron en varios momentos temporales a dos grupos de pacientes con TCE y a un grupo control. Sus resultados apoyan la idea de que la mayor recuperación se produce en la VPI y los procesos cognitivos más simples. Concretamente, se hace referencia a la idea de que la ratio de recuperación de la VPI en individuos con LAD es mayor en el período subagudo (1 a 5 meses tras el TCE). Gracias a esta capacidad de evolución de la VPI y a las intervenciones

de neurorrehabilitación, resaltan que las expectativas de mejora de estos pacientes son buenas. Por otro lado, Farbota y sus colaboradores (2012) realizaron un estudio longitudinal con una duración de cuatro años, durante los cuales un grupo de pacientes con TCE y un grupo control fueron evaluados en tres momentos temporales. La primera evaluación tuvo lugar a los dos meses del TCE, la segunda al año de la primera evaluación y la tercera a los tres años de la segunda evaluación. La única prueba de TR que emplearon fue la tarea *Finger Tapping (FT)*; el resto fueron tareas neuropsicológicas que evaluaban memoria, velocidad psicomotora y flexibilidad cognitiva. Tras evaluar los resultados longitudinales, exponen que procesos cognitivos como la memoria operativa o las funciones ejecutivas mejoran más que la VPI. Concretamente, se vio que no hubo diferencias en la tarea de *FT* entre los individuos sanos y los individuos con TCE a lo largo de las evaluaciones. Estos datos también fueron encontrados por Spitz, Ponsford, Rudzki y Maller (2012) al evaluar al grupo de pacientes a los tres, seis y doce meses tras el TCE y al grupo control únicamente en un momento temporal. La VPI, así como otras funciones cognitivas, fue evaluada a través de tareas neuropsicológicas. Los resultados mostraron que en las dos primeras evaluaciones el grupo de pacientes obtuvo peores resultados que el grupo control en todas las funciones cognitivas evaluadas. En cuanto a la última evaluación no hubo diferencias con el grupo control en funciones ejecutivas y memoria operativa, por lo que parece indicar que mejoran en mayor medida. No obstante, el resto de procesos cognitivos mostraron una mejora gradual, incluyendo la VPI. Por último, Christensen y sus colaboradores (2008) evalúan diferentes funciones cognitivas a los dos, cinco y doce meses después del TCE. Encontraron que la mayor recuperación se produce durante los primeros seis meses, incluyendo la de la VPI. Si bien se deben tener en cuenta los resultados que arrojan las evaluaciones finales de estos estudios realizadas entre 6 meses y 3 años tras el TCE, junto con el metaanálisis de Ruttan y colaboradores (2008). Estos sugieren que, aunque durante los seis primeros meses se haya

producido una recuperación notable de la VPI, la probabilidad de que se recupere a largo plazo es bastante baja, por lo que la VPI se mantendrá alterada.

A través de la literatura resulta complicado conocer cómo evoluciona la VPI en los TCE, ya que no son abundantes los estudios que investigan sobre ello, además de que sus resultados no son concluyentes debido a su escasa consistencia. Asimismo, se deben tener en cuenta las limitaciones metodológicas de estos estudios a la hora de tener en cuenta sus resultados.

En una revisión sistemática llevada a cabo por Mathias y Wheaton (2007) acerca de los cambios cognitivos tras un TCE, se menciona lo complicado que resulta disociar la VPI de los demás procesos cognitivos en las tareas de evaluación empleadas en los estudios incluidos. Otra de las razones por las que es complicado arrojar conclusiones sobre la mejora de los déficits de la VPI en pacientes con TCE es la aparición del efecto de práctica. Este efecto surge al repetir las evaluaciones en el tiempo, permitiendo al paciente familiarizarse con la prueba y hacer que su ejecución mejore con las evaluaciones repetidas (Brooks et al., 1984). De esta forma, cuando no se controla el efecto de práctica, se puede estar sobreestimando la recuperación del paciente. El estudio de Christensen y sus colaboradores (2008) no controla este efecto al no incluir un grupo control en las evaluaciones. En el estudio de Spitz y sus colaboradores (2012) se incluye un grupo control de individuos sanos, pero solamente en la evaluación inicial. Esto lleva a comparar los resultados de los pacientes en las posteriores evaluaciones con la primera evaluación del grupo control. De esta forma, nuevamente se sobreestima su recuperación (Viejo Sobera, 2014).

Con respecto al tipo de prueba utilizada, otra de las limitaciones metodológicas relacionada con la aparición del efecto de práctica es la escasa utilización de pruebas neuropsicológicas con valores altos de fiabilidad test-re-test o de formas paralelas para las sucesivas evaluaciones (Calamia, Markon & Tranel, 2013). Esto se debe a la escasa

existencia de pruebas que cumplan con esas características. En la investigación de Spitz y colaboradores (2012), así como la de Christensen y colaboradores (2008), las tareas empleadas para medir la VPI fueron tareas neuropsicológicas.

Si bien parece que una forma de controlar este efecto es a través de tareas de TR (Baird et al., 2007; Reicker et al., 2007; Tombaugh et al., 2007). Tanto Reicker y colaboradores (2007), como Tombaugh y colaboradores (2007) encontraron evidencias que apoyan que las tareas computarizadas de TR presentan menor efecto de práctica en evaluaciones repetidas. Estos datos se encontraron tanto para el grupo control como para el grupo de pacientes con TCE (Tombaugh et al., 2007). Más concretamente, Baird y colaboradores (2007) comprobaron la aparición de este efecto en tareas de TR según la complejidad de la tarea. Estos autores encontraron evidencias de que las tareas de TR menos afectadas por el efecto de práctica en evaluaciones repetidas eran las tareas de TR simples y las de elección. Volviendo a los estudios mencionados anteriormente sobre la evolución de la VPI en TCE, fueron únicamente Farbota y sus colaboradores (2012) quienes introdujeron una tarea de TR en su estudio para evaluar la VPI.

En resumen, las limitaciones metodológicas mencionadas anteriormente están relacionadas con la dificultad para disociar la VPI de otros procesos (Mathias & Wheaton, 2007) y con el efecto de práctica. Con respecto a esta última, hay estudios que no controlan este efecto al no introducir un grupo control (Christensen et al., 2008). Si bien otros lo introducen, pero solo en un único momento temporal (Spitz et al., 2012). Únicamente son dos los estudios que cuentan con un grupo control para todas las evaluaciones repetidas (Farbota et al., 2012; Felmingham et al., 2004). También podemos encontrar limitaciones por el tipo de prueba utilizada para medir la VPI (Christensen et al., 2008; Spitz et al., 2012), siendo estas tareas neuropsicológicas. Tan solo en uno de los estudios se introduce una tarea de TR para medir VPI (Farbota et al., 2012). En definitiva, la escasa literatura disponible, la falta de

consistencia de esta y las limitaciones metodológicas mencionadas hacen que sea complicado conocer realmente cómo evoluciona la VPI en TCE.

1.4. Objetivos e hipótesis

La presente investigación tiene como objetivo determinar si los déficits de la VPI se recuperan de forma genuina tras controlar el efecto de práctica en pacientes con TCE en los primeros meses después de la lesión. Tras conocer el papel que ejerce el efecto de práctica en sucesivas evaluaciones al estudiar la evolución de la VPI, contar con un grupo control, así como con un instrumento de evaluación más adecuado, puede ayudar a controlar dicho efecto. Por consiguiente, esto permitirá conocer cómo es la evolución de los déficits de la VPI.

De esta manera, se propone como hipótesis de investigación que, si la mejora de la VPI en los individuos con TCE entre evaluaciones se debe al efecto de práctica, las diferencias entre evaluaciones desaparecerán una vez se controle dicho efecto. De lo contrario, si la mejora de la VPI en los individuos con TCE se debe a un efecto de recuperación genuina, las diferencias entre las evaluaciones seguirán dándose una vez que se controle el efecto de práctica.

2. Método

2.1. Participantes

Participaron en el presente estudio una muestra de 17 pacientes que sufrieron un TCE entre abril de 2009 y junio de 2013 atendidos en el Hospital 12 de Octubre de Madrid. La

media de la puntuación en la GCS previa al ingreso hospitalario fue de 12.47 puntos (DT = 3.55). La del ingreso fue de 8.06 puntos (DT = 5.27). Según la clasificación de la GCS previa al ingreso, 3 pacientes (17.6%) presentaban un TCE grave, 3 (17.7%) un TCE moderado y los 11 (64.7%) restantes un TCE leve. De los 17 participantes, 9 (52.9%) sufrieron un TCE a causa de un accidente de tráfico, 4 (23.5%) por accidente laboral y 4 (23.5%) por otras causas. En la Tabla 1 se especifican los datos demográficos y clínicos de cada paciente que participó en el estudio. Además, se ha incluido a un grupo control constituido por 17 individuos sanos cuyas características demográficas eran similares a las del grupo de pacientes (ver Tabla 2).

Tabla 1
Características demográficas y clínicas de los pacientes.

Cód. pac.	Características demográficas					Características del TCE		
	Edad	Edu.	Sexo	Domin.	Tipo accidente	Causa	GCS Pre-hosp.	GCS ingreso
p01	26	10	Hombre	Diestro	Otros	Precipitación	15	14
p02	32	12	Hombre	Diestro	Tráfico	Atropello peatón	15	6
p03	25	8	Hombre	Diestro	Laboral	Precipitación	15	15
p04	43	13	Hombre	Diestro	Laboral	Precipitación	15	15
p05	31	14	Hombre	Diestro	Tráfico	Bicicleta	15	-
p06	27	10	Hombre	Diestro	Otros	Impacto directo	12	3
p07	54	18	Hombre	Diestro	Otros	Precipitación	13	3
p08	38	20	Mujer	Diestro	Tráfico	Moto	15	15
p09	27	10	Hombre	Diestro	Tráfico	Coche	12	3
p10	23	16	Mujer	Diestro	Tráfico	Coche	9	3
p11	20	10	Mujer	Diestro	Tráfico	Atropello ciclista	7	3
p12	19	14	Hombre	Diestro	Tráfico	Coche	13	7
p13	34	17	Hombre	Diestro	Laboral	Caída	15	10
p14	45	13	Hombre	Diestro	Laboral	Caída	15	13
p15	49	8	Hombre	Diestro	Otros	Precipitación	15	13
p16	28	10	Hombre	Diestro	Tráfico	Coche	7	3
p17	56	22	Hombre	Diestro	Tráfico	Bicicleta	4	3

Nota: Cód. pac.: Código paciente; Edu.: educación como número de años completados; Domin.: dominancia manual; GCS prehosp.: puntuación *Glasgow Coma Scale* antes del ingreso.

Tabla 2.
Características demográficas del grupo de pacientes y control.

		Pacientes	Controles
<i>n</i>	Hombres (%)	14 (82.4%)	8 (47.1%)
	Mujeres (%)	3 (17.6%)	9 (52.9%)
Edad	Media (DT)	33.9 (11.6)	33.71 (12.3)
	Rango	19-56	19-58
Educación	Media (DT)	13.2 (4.2)	18.53 (3.9)
	Rango	8-22	8-29
Dominancia	Diestro (%)	17 (100%)	15 (88.2%)
	Zurdo (%)	0 (0%)	2 (11.8%)

Nota: DT: desviación típica.

Los criterios que se utilizaron para incluir a los participantes, tanto del grupo de pacientes como del grupo control, fueron los siguientes. En primer lugar, la edad de los participantes era entre 16 y 60 años. Este criterio se considera relevante, ya que la edad es una variable que puede incidir en la VPI (Salthouse & Davis, 2006). En segundo lugar, una ausencia tanto de enfermedades psiquiátricas o neurológicas previas, así como de TCE. A su vez, los participantes no podían presentar historias previas de abuso de sustancias. Por último, los criterios específicos que no debían cumplir los pacientes para poder participar en el estudio eran los siguientes: (1) dificultades en atención como, por ejemplo, problemas de atención sostenida, déficits sensoriales y/o de comunicación que impidieran que el individuo comprendiera de manera adecuada las instrucciones a seguir durante la evaluación; (2) estados emocionales que pudieran interferir con la realización de las tareas; (3) encontrarse fuera de la fase aguda (más de dos meses tras el TCE) para la primera evaluación y, por último, (4) encontrarse fuera de la fase subaguda (pasados los nueve meses tras el TCE).

2.2. Materiales y procedimiento

Las pruebas utilizadas para evaluar a los dos grupos fueron tareas computarizadas de TR. Se evaluaron a los grupos en dos momentos temporales distintos. La primera evaluación en el grupo de pacientes se realizó dentro de la fase aguda del TCE, es decir, durante los dos primeros meses tras la lesión. La segunda evaluación tuvo lugar de media a los 142.6 días (DT = 10.52), que corresponden a 4.1 meses desde la primera evaluación, es decir, durante la fase subaguda del TCE. Con respecto al grupo control, pasaron una media de 106.5 días (DT = 2.79), que corresponden a 3.5 meses entre la primera y la segunda evaluación. Todos los participantes de ambos grupos fueron informados del objetivo de la investigación y manifestaron por escrito su consentimiento para participar en el estudio (Ver Anexo 1).

Para la realización de la prueba se utilizó un ordenador portátil con sistema operativo *Microsoft Windows 10* cuya pantalla era de 15 pulgadas y el software *Presentation* (<http://www.neurobs.com>). El ordenador se colocaba a aproximadamente unos 60 centímetros del participante, el cual se encontraba sentado frente a este. Al comenzar cada tarea, aparecían en la pantalla las instrucciones de esta. Además, con el fin de asegurar la comprensión de la misma por parte del participante, eran explicadas oralmente por el examinador. Todas las tareas administradas se respondían, según la tarea a realizar, con el botón izquierdo del ratón, con ambos botones o con la barra espaciadora. El fondo de la pantalla era de color negro y los estímulos de cada tarea eran de color blanco. El orden de realización de las tareas por cada participante se contrabalanceó en ambas evaluaciones. Las tareas de TR empleadas conllevaban demandas cognitivas diferentes, por lo que se pueden clasificar según su complejidad. A continuación, se procederá a describir detalladamente las tareas de TR empleadas de menor a mayor complejidad.

La tarea que menor demanda cognitiva conllevaba era la tarea denominada *Finger tapping (FT)*, que fue descrita por Strauss, Sherman y Spreen (2006). Durante esta, los participantes tenían que pulsar la barra espaciadora con el dedo índice el máximo número de

veces posible durante un período de diez segundos. Se realizaron cinco ensayos con el dedo índice de la mano izquierda y posteriormente cinco ensayos con el dedo índice de la mano derecha. Se trata de la tarea con menor demanda cognitiva, ya que únicamente conlleva un componente de respuesta motor.

En segundo lugar, se encuentra la tarea de tiempo de reacción simple (TRS), basada en la tarea de Tiempos de Reacción Simple del conjunto de pruebas *Computerized Test of Information Processing* (CTIP) (Reicker, et al., 2007). En esta tarea los participantes tenían que pulsar el botón izquierdo del ratón con el dedo índice de su mano dominante lo más rápido posible tras la aparición de una cruz blanca en el centro de la pantalla. La duración de la tarea fue de 50 ensayos, el tiempo que el estímulo se presentaba en la pantalla era de 200 ms y el tiempo transcurrido entre presentaciones de estímulos podía variar entre 1500 y 5000 ms. En total, el tiempo empleado para llevar a cabo esta tarea era de 2 minutos y 45 segundos. En esta tarea la demanda cognitiva aumenta con respecto a la tarea de *FT* ya que, además del componente motor, conlleva un componente perceptivo.

Seguidamente, se encuentra la tarea de tiempo de reacción simple – *Sustained attention to response test* (TRS-START), la cual está basada en el paradigma START (Manly & Robertson, 2005; Robertson, Manly, Andrade, Baddeley, & Yiend, 1997). En esta tarea los participantes debían pulsar el botón izquierdo del ratón cada vez que aparecía un número del 1 al 9, salvo si el número era el 3. En ese caso, los participantes no debían responder hasta la aparición de otro número. Los estímulos numéricos fueron presentados de forma aleatoria en fuente Arial con tres tamaños diferentes (40, 70 o 100 puntos – cuyas alturas eran de entre 12 y 29 mm). Fueron 189 ensayos, de los cuales 21 eran el número 3. Entre cada ensayo de “3” podía haber de 5 a 17 ensayos con números diferentes. Al llegar al ensayo 94, la tarea se paraba para permitir al individuo descansar y era este quien decidía cuándo reanudarla. La duración de cada estímulo estaba fijada en 400 ms y el tiempo que transcurría entre ensayos

era de entre 800 y 1200 ms. El tiempo total de esta tarea fue de aproximadamente 4 minutos, dependiendo del tiempo de descanso de cada participante. En relación a la complejidad de la tarea esta aumenta puesto que, además de los componentes motor y perceptivo anteriores, conlleva la toma de decisiones, ya que el participante deberá escoger entre emitir o no emitir la respuesta (Jensen, 2006).

En cuarto lugar, se encuentra la tarea de tiempo de reacción de elección (TRE) basada en la TRE de Chiaravalloti y sus colaboradores (2003). En esta tarea, los participantes tenían que pulsar el botón izquierdo del ratón si aparecía un cuadrado blanco y el botón derecho del ratón si aparecía un círculo blanco. El orden de aparición de cada estímulo era aleatorio, pero no variaba entre participantes. Tanto el cuadrado como el círculo tenían unas dimensiones de 4x4 cm y aparecían en la pantalla por un tiempo de 200ms. El tiempo entre estímulos podía variar entre 1800 y 2000 ms. Los ensayos a realizar fueron un total de 80, por lo que la duración de la tarea fue de 2 minutos y 50 segundos. Con respecto a la demanda cognitiva de la tarea, esta implicaba la selección de una de las dos posibles respuestas. Debido a que los dos estímulos eran siempre los mismos a lo largo de la tarea, el tipo de procesamiento requerido era literal.

En último lugar, con el nivel de complejidad más elevado se encuentra la tarea de Tiempo de reacción de elección – Búsqueda (TRE-búsqueda) (Neisser, 1964). En esta tarea aparecían en el centro de la pantalla una serie de seis letras y los participantes tenían que pulsar el botón izquierdo del ratón cuando la letra “z” apareciera en esa serie. En el caso de que no apareciera dicha letra, los participantes tenían que pulsar el botón derecho del ratón. La aparición de dichas series era aleatoria, pero la misma para cada participante. Se pueden clasificar las series de letras en función de la presencia o ausencia de “z”, por lo que se habla de estímulo diana cuando aparece la “z” y estímulo no diana cuando no aparece la “z”. Cabe mencionar que la diana aparecía siempre en las cuatro posiciones centrales de la serie y nunca

en las posiciones extremas. La clasificación de las series a su vez atiende a la interferencia existente en la serie de seis letras. De esta manera, se consideraban de alta interferencia aquellas series de letras con rasgos visuales parecidos a los de la letra “z” y de baja interferencia aquellas series de letras con rasgos visuales diferentes a los de la letra “z”. Por consiguiente, al combinar las dos clasificaciones se cuenta con cuatro condiciones experimentales que son: diana y alta interferencia, diana y baja interferencia, no diana y alta interferencia y no diana y baja interferencia. En la Figura 1 se pueden observar ejemplos de las cuatro condiciones experimentales. Los ensayos totales fueron 128 y cada ensayo permanecía en la pantalla hasta que el paciente daba una respuesta, sin sobrepasar un máximo de 4000 ms. El tiempo entre la respuesta del paciente y la aparición del estímulo siguiente variaba entre 800 y 1000 ms. El tiempo de realización de esta tarea osciló entre los 5 y los 8 minutos. La fuente de la serie de letras era Arial con una dimensión total de 4.5 x 2.5 cm. Con respecto a demanda cognitiva, la tarea conllevaba un proceso de selección de la respuesta en función del estímulo presentado, además de la puesta en marcha de procesos atencionales para realizar la búsqueda visual y hacer frente a las interferencias.

En la Figura 1 se pueden observar ejemplos de estímulos de algunas de las tareas de TR descritas anteriormente.

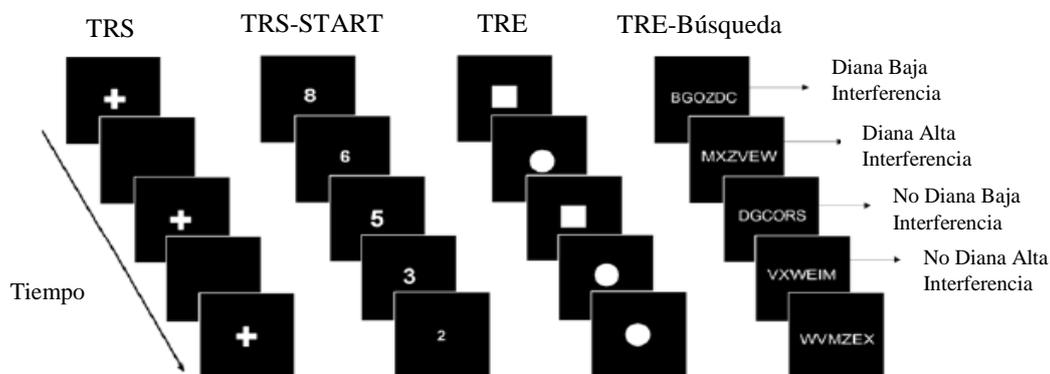


Figura 1. Ejemplos de los estímulos presentados en las tareas TRS, TRS-START, TRE y TRE-Búsqueda.

Con respecto a las variables que se consideraron para el análisis, estas fueron el TR medio de

cada participante en cada tarea (*FT*, TRS TRS-START, TRE y TRE-Búsqueda) y el porcentaje de respuestas correctas de las tareas TRS, TRS-START, TRE y TRE-Búsqueda, ya que para la tarea *FT* no existe el porcentaje de respuestas correctas.

2.3. Análisis de datos

En primer lugar, para observar si existieron diferencias significativas en las características demográficas, así como en los días transcurridos entre evaluaciones, entre el grupo de pacientes y el grupo de controles, se realizó la prueba *t* de Student para muestras independientes.

Seguidamente, para comprobar si los cambios entre las evaluaciones del grupo de pacientes y las de los controles eran similares o diferentes, con respecto a los TR y al porcentaje de respuestas correctas de cada tarea, se realizaron una serie de ANOVAs de dos factores de medidas repetidas. El factor intrasujeto fue el tiempo (primera y segunda evaluación) y el factor intersujeto fue el grupo (pacientes y controles). Posteriormente, se llevaron a cabo comparaciones por pares en aquellas tareas en las que se encontraron diferencias significativas.

Todos los análisis estadísticos mencionados se llevaron a cabo con el programa SPSS *Statistics* v22.0. El nivel de significación adoptado para los análisis realizados fue de $\alpha < .05$.

3. Resultados

A continuación, se darán a conocer los resultados de los análisis mencionados en el apartado anterior. Se dividirán en los resultados de los análisis de los datos demográficos, los

resultados de los análisis del TR y, por último, los resultados de los análisis del porcentaje de respuestas correctas.

3.1 Resultados demográficos

En primer lugar, la prueba t de Student para muestras independientes mostró la existencia de diferencias significativas en los días transcurridos entre la primera y la segunda evaluación de los pacientes y de los controles ($t(18) = 3.31, p = .004$). También se encontraron diferencias significativas en el nivel educativo entre el grupo de pacientes y el grupo de controles ($t(32) = -3.80, p = .001$). De lo contrario, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la media de edad de los pacientes y los controles ($t(32) = 0.06, p = .955$).

3.2 Resultados TR

En primer lugar, se muestran en la Tabla 3 los resultados de los estadísticos descriptivos en relación al TR medio, tanto del grupo de pacientes como controles en la primera y la segunda evaluación.

Tabla 3.
TR medio en milisegundos de pacientes y controles en la 1ª y la 2ª evaluación por tarea.

Tarea	Pacientes		Control	
	1ª Evaluación	2ª Evaluación	1ª Evaluación	2ª Evaluación
FT (DT)	192.33 (24.69)	186.99 (26.53)	151.30 (18.12)	149.93 (17.93)
TRS (DT)	365.53 (85.00)	334.13 (58.75)	354.34 (42.94)	300.69 (49.92)
TRS-START (DT)	423.66 (117.87)	382.22 (62.53)	333.16 (41.33)	333.47 (93.36)
TRE (DT)	557.06 (116.28)	496.50 (76.26)	458.08 (83.79)	443.28 (94.89)
TRE-Búsqueda (DT)	948.46 (455.12)	761.15 (226.22)	613.75 (100.22)	614.56 (111.86)

Nota: DT: desviación típica.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos tras realizar los ANOVAs de dos factores de medidas repetidas. Se han comprobado los efectos principales del factor tiempo y del factor grupo, así como el efecto de la interacción entre estos dos factores (ver Tabla 4).

Tabla 4.

Efectos principales del factor tiempo, factor grupo e interacción de estos sobre el TR de cada tarea.

Tarea	Efecto principal del factor tiempo			Efecto principal del factor grupo			Interacción Grupo por Tiempo		
	F	gl.	Sig.	F	gl.	Sig.	F	gl.	Sig.
<i>FT</i>	1.99	1	.17	29.25	1	.00	0.70	1	.41
TRS	16.70	1	.00	1.49	1	.23	1.14	1	.29
TRS-START	2.50	1	.12	10.99	1	.00	2.58	1	.12
TRE	7.98	1	.01	6.72	1	.01	2.94	1	.10
TRE-Búsqueda	7.11	1	.01	8.23	1	.01	7.23	1	.01

Nota: Sig.: nivel de significación estadística; gl.: grados de libertad.

Se puede observar cómo el efecto principal del tiempo es significativo para las tareas TRS, TRE y TRE-Búsqueda. En las tres tareas, el TR medio de la primera evaluación es superior que el de la segunda evaluación. En lo referente al efecto principal del factor grupo se han encontrado efectos significativos en *FT*, TRS-START, TRE y TRE-Búsqueda. En estas tareas mencionadas, el TR medio del grupo de pacientes es superior que el TR medio de los controles. Por último, se puede observar el efecto de la interacción de ambos factores. La única tarea en la que se han encontrado efectos significativos de esta interacción es en la TRE-Búsqueda. De tal manera que el TR medio de los pacientes disminuye significativamente entre la primera y la segunda evaluación, con una diferencia de 187.31 milisegundos ($DT = 49.48$) entre evaluaciones. Estas diferencias no se han dado en los controles. Por otra parte, comparando la interacción de los tiempos de evaluación con respecto a los grupos para esta misma tarea, se puede observar que existen diferencias significativas para ambas evaluaciones. En cuanto a la primera evaluación, los pacientes obtuvieron TR significativamente más elevados que los controles ($p = .01$), con una diferencia de medias de 334.71 milisegundos ($DT = 113.03$). Esta diferencia sigue siendo

significativa para la segunda evaluación ($p = .02$), pero la diferencia entre controles y pacientes pasa a ser de 146.59 milisegundos ($DT = 61.21$). En la Figura 2 se pueden observar de manera visual los TR medios de cada grupo en cada evaluación para cada tarea.

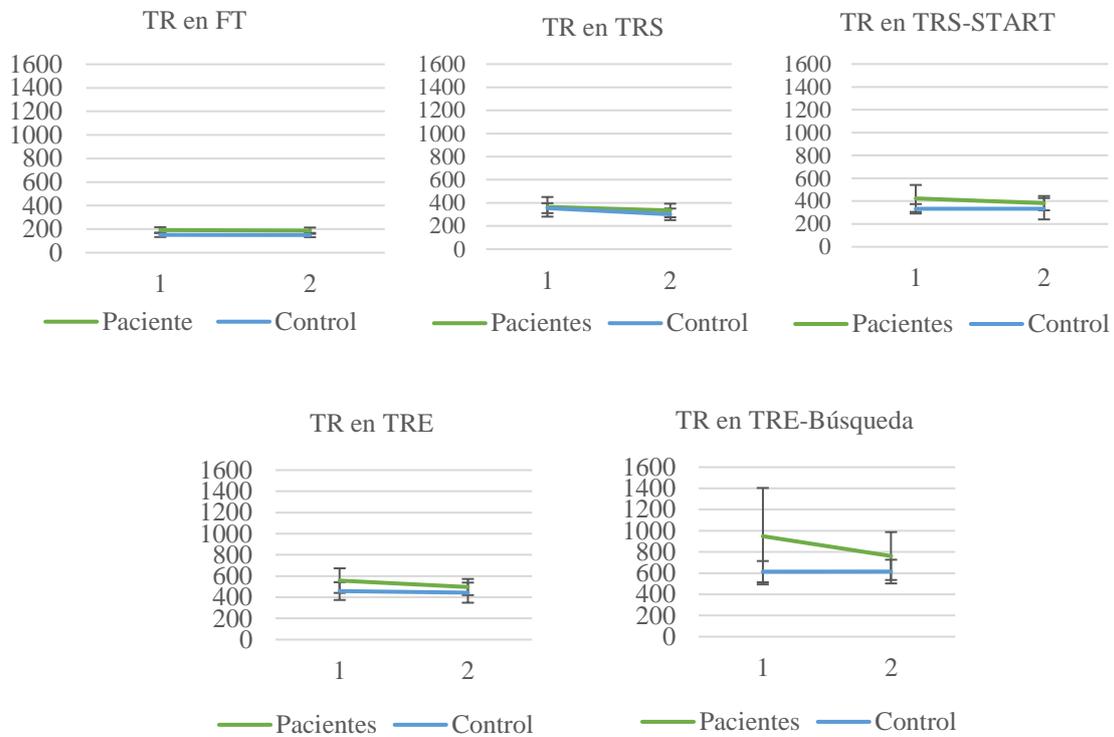


Figura 2. Gráficos por tarea de los TR de cada grupo en las distintas evaluaciones.

3.3 Resultados porcentaje de respuestas correctas

A continuación, se mostrarán los resultados tanto descriptivos como de los análisis ANOVAs para los porcentajes de respuestas correctas de cada tarea.

En primer lugar, en la Tabla 5 se pueden observar los estadísticos descriptivos de los porcentajes de respuestas correctas según el grupo y la evaluación.

Tabla 5.

Porcentaje medio de respuestas correctas y desviación típica del grupo de pacientes y controles en la 1ª y la 2ª evaluación en cada tarea

Tarea	Pacientes		Control	
	1ª Evaluación	2ª Evaluación	1ª Evaluación	2ª Evaluación
TRS (DT)	97.96 (3.53)	98.44 (2.23)	94.72 (8.38)	98.32 (2.42)

TRS-START (DT)	95.90 (2.12)	97.53 (1.53)	93.74 (10.19)	96.08 (2.12)
TRE (DT)	96.13 (3.21)	95.90 (4.16)	82.65 (14.62)	83.55 (13.86)
TRE-Búsqueda (DT)	95.77 (3.77)	97.54 (1.71)	90.33 (9.21)	88.42 (13.65)

Nota: DT: desviación típica.

En cuanto a los análisis de ANOVAs de factor tiempo y factor grupo de medidas repetidas llevado a cabo con los porcentajes de respuestas correctas, se pueden observar los efectos principales del factor tiempo, del factor grupo y de la interacción de estos dos en la Tabla 6.

Tabla 6.

Efectos principales del factor tiempo, del factor grupo e interacción de estos sobre el porcentaje de respuestas correctas de las tareas.

Tarea	Efectos principales del factor Tiempo			Efectos principales del factor Grupo			Interacción Tiempo por Grupo		
	F	gl.	Sig.	F	gl.	Sig.	F	gl.	Sig.
TRS	4.28	1	.05	1.59	1	.22	2.50	1	.12
TRS-START	2.81	1	.10	1.63	1	.21	2.20	1	.76
TRE	0.02	1	.88	22.02	1	.00	0.06	1	.81
TRE-Búsqueda	0.00	1	.98	14.70	1	.00	0.70	1	.41

Nota: Sig.: nivel de significación estadística; gl.: grados de libertad.

En primer lugar, en cuanto al efecto principal del factor tiempo, únicamente es la tarea TRS la que presenta efectos significativos. Concretamente, hubo un mayor porcentaje de respuestas correctas en la primera evaluación que en la segunda para dicha tarea.

Seguidamente, en cuanto al efecto principal del factor grupo, las tareas que presentan diferencias significativas son la TRE y la TRE-Búsqueda. El grupo de pacientes obtuvo un porcentaje medio de respuestas correctas mayor en ambas tareas que el grupo control. Por último, la interacción de los factores tiempo y grupo no es significativa para ninguna tarea.

4. Discusión

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar cómo evoluciona la VPI en pacientes con TCE durante los primeros meses tras el TCE. Para ello, se ha evaluado a un grupo de pacientes con TCE y a un grupo control. La finalidad de la inclusión de un grupo control es controlar el posible efecto de práctica que puede surgir tras sucesivas evaluaciones con las mismas tareas. De esta manera, se busca poder conocer realmente si se dan cambios genuinos en los déficits de la VPI entre la fase aguda y la subaguda del TCE. Para evaluar la VPI se han utilizado cinco tareas de TR computarizadas de complejidad creciente.

En primer lugar, retomando la clasificación realizada por Chiaravalloti y colaboradores (2003), la VPI se puede distinguir entre VPI simple y VPI compleja. La VPI simple está relacionada con las fases periféricas del procesamiento y se emplea para tareas de baja complejidad. La VPI compleja está relacionada con las fases centrales del procesamiento y entra en juego cuando las tareas presentadas son complejas y requieren de la puesta en marcha de más procesos para su realización.

Tras haber recordado esta distinción, se procederá a describir cómo se son los déficits de la VPI y su evolución. En cuanto a los efectos principales del grupo con respecto al TR medio, se puede observar que existen diferencias significativas en casi todas las tareas entre el grupo de pacientes y el grupo control, teniendo el grupo de pacientes TR medios más altos que los controles. Estos resultados concuerdan con los encontrados anteriormente (Perbal et al., 2003; Mathias & Wheaton, 2007; Willmott et al., 2009; Spitz et al., 2012) y confirman que los pacientes con TCE presentan déficits en la VPI que se traducen en TR medios más elevados. Asimismo, se ha comprobado que, a mayor complejidad de la tarea, los TR medios aumentan. Esto se conoce como el efecto de complejidad y tiene que ver con el incremento de la demanda cognitiva (Tombaugh et al., 2007; Viejo Sobera, 2014). A continuación, se analizarán las tareas para comprender qué aspecto de la VPI se encuentra alterado.

En cuanto a la tarea *FT*, la presencia de diferencias significativas para el factor grupo refleja que los pacientes obtienen TR medios superiores que los controles. Estos resultados muestran que los pacientes presentan el componente motor del procesamiento significativamente alterado, coincidiendo con resultados anteriores (Viejo Sobera, 2014). Con respecto a la evolución de este componente de la VPI, los resultados de la interacción del factor tiempo y el factor grupo muestran que este componente no mejora entre la fase aguda y la fase subaguda del TCE, coincidiendo con estudios anteriores (Ruttan et al., 2008). Con respecto al efecto de práctica, se puede observar que esta tarea no ha resultado ser susceptible a dicho efecto, concordando con otros estudios (Reicker et al, 2007; Tombaugh et al., 2007).

En relación a los resultados encontrados en la tarea TRS, estos no muestran diferencias significativas entre grupos, lo que sugiere que el rendimiento de los pacientes es similar al de los controles. Estos resultados concuerdan con anteriores que demuestran la ausencia de diferencias significativas en la VPI simple entre pacientes y controles (Farbota et al., 2012; Spikman, Timmerman, van Zomerem, & Deelman, 1999). Una posible explicación a estos resultados sería que esta tarea, al conllevar una menor dificultad, implica fases del procesamiento menores y más simples, por lo que puede ser completada en menos tiempo (Salthouse, 1996). Otra posible explicación está relacionada con la idea de que los déficits de la VPI no causan una lentitud generalizada, si no que afectan a fases específicas del procesamiento (Felmingham et al., 2004; Incoccia et al., 2004; Tombaugh et al., 2007). Esta tarea, como se ha mencionado con anterioridad, implica una fase motora y otra perceptiva. Por esta razón, el rendimiento de los pacientes en determinadas tareas que involucran fases de procesamiento que no se encuentran especialmente alteradas, puede ser similar al de los controles (Felmingham et al., 2004; Incoccia et al., 2004; Tombaugh et al., 2007). Con respecto a la aparición del efecto de práctica, se puede mencionar que en esta tarea se ha observado una mejora en el rendimiento de los participantes a causa de este efecto. Debido a

él, en la segunda evaluación los TR medios de los participantes disminuyen de manera significativa. Este resultado es contrario a lo encontrado por Baird y colaboradores (2007), quienes especificaban que las tareas de TR simple, junto con las de elección, no estaban afectadas por este efecto.

En cuanto a las tareas TRS-START, TRE y TRE-Búsqueda, estas implican la puesta en marcha de la VPI compleja. Debido a que se han encontrado diferencias significativas entre pacientes y controles, obteniendo los pacientes TR más elevados que los controles en las tres tareas, se puede concluir que la VPI compleja se encuentra alterada. En lo referente a la evolución de estos déficits, los resultados muestran que para las dos primeras tareas (TRS-START y TRE), el rendimiento entre la fase aguda y la subaguda no mejora. Con respecto al efecto de práctica, la tarea TRS-START no ha sido susceptible a este, coincidiendo con otros estudios (Reicker et al, 2007; Tombaugh et al., 2007). Si bien en la tarea TRE se puede observar una mejora del rendimiento en la segunda evaluación de los participantes debido al efecto de práctica. Este resultado vuelve a ser contrario a lo encontrado por Baird y colaboradores (2007), pues especificaban que las tareas de TR de elección no estaban afectadas por este efecto. En cuanto a la tarea TRE-Búsqueda, al contrario que con las anteriores, las diferencias significativas encontradas en la interacción del factor grupo y del factor tiempo muestran que sí se ha producido una mejora de este déficit en los pacientes. Esta mejora se traduce en que los TR son significativamente más bajos en la segunda evaluación de los pacientes, sin haberse observado esta diferencia en los controles. Asimismo, se puede concluir que esta tarea está exenta de efecto de práctica concordando con otros estudios (Reicker et al, 2007; Tombaugh et al., 2007), ya que los controles no han experimentado una mejora de su rendimiento en la segunda evaluación. Por otra parte, también hay que resaltar las diferencias significativas entre los TR medios de los controles y pacientes, tanto para la primera evaluación como para la segunda. Estas diferencias son

mayores en la primera evaluación que en la segunda, lo que demuestra que el rendimiento de los pacientes es significativamente inferior que el de los controles en ambas evaluaciones. Si bien, se puede observar una mejoría del TR de los pacientes en la segunda evaluación. Por esta razón, se puede concluir que el rendimiento en esta tarea mejora en cierta medida entre evaluaciones, pero sigue estando alterado en la fase subaguda. Ahora bien, no se puede asumir que la VPI compleja mejora por los resultados obtenidos en esta última tarea, ya que implica la puesta en marcha de un componente atencional importante (búsqueda visual y control de interferencia). Este componente atencional parece estar alterado en pacientes con TCE (Mathias & Wheaton, 2007) y parece presentar ritmos de recuperación más elevados que la VPI (Christensen et al., 2008). De esta forma, una explicación de la mejora del rendimiento en esta tarea es que aquello que mejora a lo largo de las evaluaciones es el componente atencional ya que, si se diera una mejora en la VPI compleja, cabría esperar cambios significativos también en las dos tareas anteriores. Estos resultados encajan con anteriores (Ruttan et al., 2008) que afirman que la VPI se mantiene alterada. Sin embargo, esta conclusión resulta arriesgada debido a que en este estudio no se han llevado a cabo evaluaciones específicas de la atención.

Por último, en lo que respecta a los efectos principales del factor grupo sobre el porcentaje de respuestas correctas, se ha encontrado que para las tareas TRE y TRE-Búsqueda, los pacientes obtuvieron porcentajes significativamente mayores de respuestas correctas que los controles. Estos resultados concuerdan con los anteriores (Madigan et al., 2000; Ponsford & Kinsella, 1992), los cuales reflejan que, aunque los pacientes con TCE tienen una VPI más elevada que los controles sanos, su precisión de las respuestas es más elevada. Este mecanismo se conoce como *speed-accuracy trade-off* (Kinsella, 2008) y hace referencia a cómo los pacientes con alteraciones en la VPI sacrifican el tiempo para poder obtener una ejecución más precisa. En este caso, los pacientes han obtenido un porcentaje

mayor de respuestas correctas, pero su TR ha sido más elevado en comparación con los controles.

Con respecto a las limitaciones metodológicas del presente trabajo se han de tener en cuenta las siguientes.

En primer lugar, las diferencias significativas en días entre evaluaciones podrían haber influido en el efecto de práctica, lo cual modificaría los resultados. Estas diferencias se pueden deber a la mayor complicación que conlleva realizar el seguimiento de evaluaciones en la población clínica del presente estudio. Los pacientes con TCE en muchas ocasiones presentan complicaciones a lo largo de su recuperación. Por esta razón, las evaluaciones se produjeron con un mayor espacio temporal entre ellas. Por otra parte, las diferencias significativas en el nivel educativo entre los grupos podrían haber intervenido en los resultados, al influir el nivel educativo en las capacidades cognitivas (Muñoz-Céspedes et al., 2001). Estas se pueden deber a que la muestra para el grupo control fue seleccionada por conveniencia y la gran mayoría procedían del entorno universitario, elevando así la media de años de educación de este grupo.

En segundo lugar, se ha de tener en cuenta que el efecto de práctica no se da de la misma manera en pacientes con TCE que en controles (Calamia, Markon, & Tranel, 2012; Wilson, Watson, Baddeley, Emslie, & Evans, 2000), de manera que los primeros están afectados por él en menor medida. Tomar decisiones sobre la recuperación de los pacientes sin tener en cuenta este detalle podría estar subestimando la mejora real de los déficits de la VPI en los individuos con TCE, ya que se estarían atribuyendo al efecto de práctica (Calamia et al., 2012). De esta forma, para futuras investigaciones sería adecuado encontrar un método que se ajuste de mejor manera al control del efecto de práctica.

Otro aspecto importante a tener en cuenta a la hora estudiar la evolución de la VPI en este tipo de pacientes es la gravedad del TCE. En primer lugar, las alteraciones de la VPI son

más marcadas en los individuos con TCE moderado o grave que en los TCE leves (Frenchem et al., 2005). Además, los pacientes con un TCE de mayor gravedad presentan ritmos de recuperación más rápidos que aquellos con TCE leve (Spikman et al., 1999). En este estudio, casi el 70% de los pacientes participantes fue diagnosticado de TCE leve, mientras que el 30% restantes fueron diagnosticados con un TCE moderado o grave. Por lo tanto, se ha de tener en cuenta que, la mayor presencia de alteraciones de la VPI en pacientes con TCE moderado o grave, así como los ritmos de recuperación más elevados que estos conllevan, pueden haber sido mitigados por la gran mayoría de pacientes con TCE leve que había en el estudio. Por esta razón, para una mejor comprensión de la evolución de la VPI, parecería beneficioso separar a los pacientes según su gravedad.

5. Conclusiones

Como conclusiones de este estudio se proponen las siguientes:

En primer lugar, los individuos con TCE presentan déficits de la VPI que se traducen en TR aumentados. Si bien estos déficits no producen alteraciones globales, sino que afectan a fases específicas del procesamiento.

En segundo lugar, la mejora de la VPI entre la fase aguda y la fase subaguda se produce en las tareas que requieren de una VPI más compleja, no observándose recuperación para aquellas tareas que requieren de una VPI más simple. Si bien, aunque se dé recuperación en la VPI compleja, esta se mantiene alterada.

En tercer lugar, algunas de las tareas de TR empleadas son susceptibles de la aparición del efecto de práctica. Si bien la relación existente entre el tipo de tarea y la aparición de dicho efecto no está aún clara por lo que parecen necesarias futuras investigaciones.

6. Referencias

- Asloun, S., Soury, S., Couillet, J., Giroire, J. M., Joseph, P.-A., Mazaux, J.-M., & Azouvi, P. (2008). Interactions between divided attention and working-memory load in patients with severe traumatic brain injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *30*(4), 481–490.
doi:10.1080/13803390701550144
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, *8*(4), 485–493. doi:10.1037/0894-4105.8.4.485
- Baird, B. J., Tombaugh, T. N., & Francis, M. (2007). The effects of practice on speed of information processing using the Adjusting-Paced Serial Addition Test (Adjusting-PSAT) and the Computerized Tests of Information Processing (CTIP). *Applied Neuropsychology*, *14*(2), 88–100. doi:10.1080/09084280701319912
- Bigler, E. D. (2001). The lesion(s) in traumatic brain injury: implications for clinical neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, *16*(2), 95–131.
doi:10.1016/s0887-6177(00)00095-0
- Bigler, E. D. (2013). Neuroimaging biomarkers in mild traumatic brain injury (mTBI). *Neuropsychology Review*, *23*(3), 169–209. doi:10.1007/s11065-013-9237-2
- Calamia, M., Markon, K., & Tranel, D. (2012). Scoring higher the second time around: meta-analyses of practice effects in neuropsychological assessment. *The Clinical Neuropsychologist*, *26*(4), 543–570. doi:10.1080/13854046.2012.680913
- Calamia, M., Markon, K., & Tranel, D. (2013). The robust reliability of neuropsychological measures: meta-analyses of test-retest correlations. *The*

Clinical Neuropsychologist, 27(7), 1077–1105.

doi:10.1080/13854046.2013.809795

Chiaravalloti, N. D., Christodoulou, C., Demaree, H. A., & Deluca, J. (2003).

Differentiating simple versus complex processing speed: influence on new learning and memory performance. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 25(4), 489–501. doi:10.1076/jcen.25.4.489.13878

Christensen, B. K., Colella, B., Inness, E., Hebert, D., Monette, G., Bayley, M., &

Green, R. E. (2008). Recovery of cognitive function after traumatic brain injury: a multilevel modeling analysis of Canadian outcomes. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(Suppl 2), S3–S15.

doi:10.1016/j.apmr.2008.10.002

DeLuca, J. (2008). Information processing speed: How fast, how slow, and how come?

In J. DeLuca & J. H. Kalmar (Eds.), *Information Processing Speed in Clinical Populations* (pp. 265–273). New York: Taylor & Francis.

DeLuca, J., Schultheis, M. T., Madigan, N. K., Christodoulou, C., & Averill, A. (2000).

Acquisition versus retrieval deficits in traumatic brain injury: implications for memory rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(10), 1327–1333. doi:10.1053/apmr.2000.9390

Farbota, K. D., Bendlin, B. B., Alexander, A. L., Rowley, H. A., Dempsey, R. J., &

Johnson, S. C. (2012). Longitudinal diffusion tensor imaging and neuropsychological correlates in traumatic brain injury patients. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6(160). doi:10.3389/fnhum.2012.00160

Felmingham, K. L., Baguley, I. J., & Green, A. M. (2004). Effects of diffuse axonal

injury on speed of information processing following severe traumatic brain injury. *Neuropsychology*, 18(3), 564–571. doi:10.1037/0894-4105.18.3.564

- Foreman, B. P., Caesar, R. R., Parks, J., Madden, C. J., Gentilello, L. M., Shafi, S., ... Diaz-Arrastia, R. (2007). Usefulness of the abbreviated injury score and the injury severity score in comparison to the Glasgow Coma Scale in predicting outcome after traumatic brain injury. *The Journal of Trauma*, *62*(4), 946–950.
doi:10.1097/01.ta.0000229796.14717.3a
- Frencham, K. A. R., Fox, A. M., & Maybery, M. T. (2005). Neuropsychological studies of mild traumatic brain injury: a meta-analytic review of research since 1995. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *27*(3), 334–351.
doi:10.1080/13803390490520328
- Glosser, G., & Deser, T. (1991). Patterns of discourse production among neurological patients with fluent language disorders. *Brain and Language*, *40*(1), 67–88.
doi:10.1016/0093-934x(91)90117-j
- Haworth, J., Philips, M., Newson, M., Rogers, P. J., Torrens-Burton, A., & Tales, A. (2016). Measuring information processing speed in mild cognitive impairment: clinical versus research dichotomy. *Journal of Alzheimer's Disease*, *51*, 263-275.
doi:10.3233/JAD-150791
- Incoccia, C., Formisano, R., Muscato, P., Reali, G., & Zoccolotti, P. (2004). Reaction and movement times in individuals with chronic traumatic brain injury with good motor recovery. *Cortex*, *40*(1), 111–115. doi:10.1016/s0010-9452(08)70924-9
- Jennett, B., & Teasdale, G. (1981). *Management of brain injuries*. Philadelphia: F.A. Davis.
- Jensen, A. R. (2006). *Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences*. (1st ed.). Oxford: Elsevier.
- Kinsella, G. J. (2008). Traumatic brain injury and processing speed. In J. Deluca & J.

- H. Kalmar (Eds.), *Information Processing Speed in Clinical Populations* (pp. 173–194). New York: Taylor & Francis.
- Kliegel, M., McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (Eds.). (2008). *Prospective memory: Cognitive, neuroscience, developmental, and applied perspectives*. New York, NY: Taylor & Francis
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (2012). Neuropathology for Neuropsychologists. In Lezak, M. D., Howieson, D. B., Bigler, E. D., & Tranel, D. (Eds), *Neuropsychological Assessment* (pp. 179–345). New York: Oxford University Press.
- Madigan, N. K., DeLuca, J., Diamond, B. J., Tramontano, G., & Averill, A. (2000). Speed of information processing in traumatic brain injury: modality-specific factors. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation, 15*(3), 943–956.
doi:10.1097/00001199-200006000-00007
- Manly, T., & Robertson, I. H. (2005). The Sustained Attention to Response Test (SART). In Itti, L., Rees, G., Tsotsos, J. K. (Eds), *Neurobiology of attention* (pp. 337–338). Elsevier Inc.
- Mathias, J. L., & Wheaton, P. (2007). Changes in attention and information-processing speed following severe traumatic brain injury: a meta-analytic review. *Neuropsychology, 21*(2), 212–223. doi:10.1037/0894-4105.21.2.212
- Menon, D. K., Schwab, K., Wright, D. W., & Maas, A. I. R. (2010). Position statement: definition of traumatic brain injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 91*(11), 1637–1640. doi:10.1016/j.apmr.2010.05.017
- Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad. (2011). *Lesiones Medulares Traumáticas y Traumatismos Craneoencefálicos en España, 2000-2008*. (C. Pérez, Ed.).

https://www.msrebs.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/Lesiones/JornadaDecenioAccionSeguridadVial/docs/Lesiones_Medulares_WEB.pdf Extraído el 2 de marzo de 2019.

- Momjian, S., Seghier, M., Seeck, M., & Michel, C. M. (2003). Mapping of the Neuronal Networks of Human Cortical Brain Functions. In J. D. Pickard, V. V. Dolenc, J. Lobo Antunes, J. J. Reulen, M. Sindou, A. J. Strong, M. Vapalahti (Eds.), *Advances and technical standards in neurosurgery* (Vol. 28, pp. 91–142). Vienna: Springer Vienna. doi:10.1007/978-3-7091-0641-9
- Muñoz-Céspedes, J. M., Paúl-Lapedriza, N., Pelegrín-Valero, C., & Tirapu-Ustárroz, J. (2001). Factores de pronóstico en los traumatismos craneoencefálicos. *Revista de Neurología*, 32(4), 351–364. doi: <https://doi.org/10.33588/rn.3204.2000456>
- Neisser, U. (1964). Visual Search. *Scientific American*, 210, 94–102.
doi:10.1038/scientificamerican0664-94
- Peña, G. S. P., Roa, R. P. A., Rojas, D. M. A. (2017). Neuropsicología del Traumatismo Craneoencefálico (TCE). En Villa, R. M. A., Navarro, C. M. E., & Villaseñor, C. T. J. (Eds.), *Neuropsicología clínica hospitalaria* (pp. 137-154). Ciudad de México: El Manual Moderno.
- Perbal, S., Couillet, J., Azouzi, P., & Pouthas, V. (2003). Relationships between time estimation, memory, attention and processing speed in patients with severe traumatic brain injury. *Neuropsychologia*, 41, 1599–1610. doi:10.1016/s0028-3932(03)00110-6
- Povlishock, J. T., & Katz, D. I. (2005). Update of neuropathology and neurological recovery after traumatic brain injury. *The Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 20(1), 76–94. doi:10.1097/00001199-200501000-00008
- Reicker, L. I., Tombaugh, T. N., Walker, L., & Freedman, M. S. (2007). Reaction time:

An alternative method for assessing the effects of multiple sclerosis on information processing speed. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(5), 655–664. doi:10.1016/j.acn.2007.04.008

Ríos-Lago, M., & Periañez, J. A. (2010). Attention and Speed of Information Processing. In G. Koob, R. F. Thompson, & M. Le Moal (Eds.), *Encyclopedia of Behavioral Neuroscience*. Oxford, UK: Elsevier.

Ríos-Lago, M., Benito-León, J., Paúl-Lapedriza, N. & Tirapu-Ustárroz, J. (2011). Neuropsicología del daño cerebral adquirido. En J. Tirapu-Ustárroz, M. Ríos-Lago & F. Maestú-Unturbe (Eds.), *Manual de neuropsicología*. (pp. 311-339). Barcelona: Viguera.

Robertson, I. H., Manly, T., Andrade, J., Baddeley, B. T., & Yiend, J. (1997). “Oops!”: performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*, 35(6), 747–758. doi:10.1016/s0028-3932(97)00015-8

Ruttan, L., Martin, K., Liu, A., Colella, B., & Green, R. E. (2008). Long-term cognitive outcome in moderate to severe traumatic brain injury: a meta-analysis examining timed and untimed tests at 1 and 4.5 or more years after injury. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89 (Suppl 2), S69–76. doi:10.1016/j.apmr.2008.07.007

Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403–428. doi:10.1037/0033-295x.103.3.403

Salthouse, T. A., & Davis, H. P. (2006). Organization of cognitive abilities and neuropsychological variables across the lifespan. *Developmental Review*, 26(1), 31–54. doi: 10.1016/j.dr.2005.09.001

- Salthouse, T. A., & Madden, D. J. (2008). Information Processing Speed and Aging. In J. DeLuca & J. H. Kalmar (Eds.), *Information Processing Speed in Clinical Populations* (pp. 221–241). Philadelphia: Taylor & Francis.
- Schultz, R., & Tate, R. L. (2013). Methodological Issues in Longitudinal Research on Cognitive Recovery after Traumatic Brain Injury: Evidence from a Systematic Review. *Brain Impairment*, *14*(03), 450–474. doi:10.1017/BrImp.2013.24
- Silver, J. M., Mcallister, T. W., & Arciniegas, D. B. (2009). Depression and Cognitive Complaints Following Mild Traumatic Brain Injury. *American Journal of Psychiatry*, *166*(6), 653–661. doi:10.1176/appi.ajp.2009.08111676
- Sinclair, K. L., Ponsford, J. L., Rajaratnam, S. M. W., & Anderson, C. (2013). Sustained attention following traumatic brain injury: use of the Psychomotor Vigilance Task. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *35*(2), 210–224. doi:10.1080/13803395.2012.762340
- Spikman, J. M., Timmerman, M. E., van Zomeren, A. H., & Deelman, B. G. (1999). Recovery versus retest effects in attention after closed head injury. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *21*(5), 585–605. doi:10.1076/jcen.21.5.585.874
- Spitz, G., Ponsford, J. L., Rudzki, D., & Maller, J. J. (2012). Association between cognitive performance and functional outcome following traumatic brain injury: a longitudinal multilevel examination. *Neuropsychology*, *26*(5), 604–612. doi:10.1037/a0029239
- Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Acta Psychologica*, *30*, 276–315. doi:10.1016/0001-6918(69)90055-9
- Strauss, E., Sherman, E. M. S., & Spreen, O. (2006). *A Compendium of Neuropsychological Test: Administration, Norms and Commentary* (3rd ed.). New

York: Oxford University Press.

- Stuss, D. T., Alexander, M. P., Shallice, T., Picton, T. W., Binns, M. A., Macdonald, R., ... Katz, D. I. (2005). Multiple frontal systems controlling response speed. *Neuropsychologia*, *43*(3), 396–417. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.06.010
- Teasdale, G., & Jennett, B. (1976). Assessment and prognosis of coma after head injury. *Acta Neurochirurgica*, *34*(1-4), 45–55. doi:10.1007/bf01405862
- Tombaugh, T. N., Rees, L., Stormer, P., Harrison, A. G., & Smith, A. (2007). The effects of mild and severe traumatic brain injury on speed of information processing as measured by the computerized tests of information processing (CTIP). *Archives of Clinical Neuropsychology*, *22*(1), 25–36. doi:10.1016/j.acn.2006.06.013
- Turken, A. U., Whitfield-Gabrieli, S., Bammer, R., Baldo, J. V., Dronkers, N. F., Gabrieli, J. D. E., & Nina, F. (2008). Cognitive processing speed and the structure of white matter pathways: Convergent evidence from normal variation and lesion studies. *NeuroImage*, *42*(2), 1032–1044. doi:10.1016/j.neuroimage.2008.03.057.COGNITIVE
- Van Zomeren, A. H., & Brouwer, W. H. (1994). Closed Head Injury. In *Clinical Neuropsychology of Attention* (pp. 63–94). New York: Oxford University Press.
- Viejo Sobera, R. (2014). *Velocidad de procesamiento de la información en traumatismos craneoencefálicos*. Tesis doctoral publicada en la Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Willmott, C., Ponsford, J. L., Hocking, C., & Schönberger, M. (2009). Factors contributing to attentional impairments after traumatic brain injury. *Neuropsychology*, *23*(4), 424–432. doi:10.1037/a0015058
- Wilson, B. A., Watson, P. C., Baddeley, A. D., Emslie, H., & Evans, J. J. (2000).

Improvement or simply practice? The effects of twenty repeated assessments on people with and without brain injury. *Journal of the International*

Neuropsychological Society, 6(4), 469–479. doi:10.1017/s1355617700644053

World Health Organization. (2006). Traumatic brain injuries. In *Neurological disorders: public health challenges* (pp. 164–175). Switzerland: WHO Press.

Zarranz, J. J. (2003). Traumatismos craneoencefálicos. In *Neurología* (3rd ed., pp. 667–684). Madrid: Elsevier Science.

Anexo 1: consentimiento informado**HOJA DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, _____, y siendo mayor de edad, declaro que:

HE SIDO SUFICIENTEMENTE INFORMADO Y ENTIENDO QUE:

Al realizar la prueba computarizada colaboro en una investigación longitudinal sobre la velocidad de procesamiento de la información en traumatismo craneoencefálico. Con este trabajo se estudiará cómo es la evolución de la velocidad de procesamiento de la información en los pacientes con traumatismo craneoencefálico mediante una prueba computarizada de tiempo de reacción.

La participación es totalmente anónima, y la información que se recoja sobre todos los participantes se registrará en un archivo informático y se tratará confidencialmente. Todos los datos se tratarán según la normativa vigente de protección de datos (Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal 15/1999), y ningún participante será identificado personalmente en la comunicación y publicación de los resultados.

Comprendo que mi participación es voluntaria y autorizo a Pilar Artiach Hortelano a recoger y registrar la información relativa a mis resultados obtenidos en la prueba computarizada.

Comprendo que puedo retirarme de esta investigación cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que mi evaluación académica se vea influida por dicha decisión.

Y para que así conste, lo firmo en Madrid a ____ de _____ de 20 ____.

Fdo (participante):

Fdo (investigador/a):