

Test de Stroop, algo más que inhibición. Una revisión bajo el concepto de control cognitivo

Ángel Luis Martínez Nogueras¹

Resumen

El Test de Stroop es uno de los instrumentos más usados para la evaluación de la atención y de las funciones ejecutivas. En neuropsicología se suelen emplear modelos de control de inhibición como base teórica desde la que estudiar y explicar cómo los pacientes realizan dicha prueba. Paralelamente, desde la psicología y la neurociencia cognitivas se proponen distintas teorías y modelos para tratar de explicar el mecanismo cognitivo que subyace a la realización de las tareas tipo Stroop. Dichas teorías tienen en común que consideran a esta como una tarea paradigmática de conflicto y, además, que proponen como mecanismo fundamental subyacente al proceso de control cognitivo, en lugar del proceso de inhibición. El control cognitivo engloba procesos cognitivos como la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva, la inhibición y la monitorización del desempeño. Los modelos de conflicto y el concepto de control cognitivo no son una alternativa contrapuesta a los modelos de inhibición, sino, más bien, un punto de vista más amplio donde la inhibición es una pieza más del entramado cognitivo que permite resolver tareas tipo Stroop. En este trabajo se trata de acercar la postura de los modelos de conflicto y el concepto de control cognitivo a la práctica neuropsicológica, postura acorde a la naturaleza multifactorial que caracteriza a cualquier tarea de evaluación neuropsicológica, incluyendo, en este caso, al Test de Stroop.

Palabras clave:

Stroop, inhibición, conflicto, control cognitivo, multifactorialidad.

Autor para correspondencia:

Ángel Luis Martínez Nogueras
Dirección: NeuroBase. Calle
Andrés Segovia 13, local, 23006
Jaén, España.
Correo electrónico:
angelmartinez@neurobase.es

¹NeuroBase, Centro de neurorrehabilitación, Jaén, España.

Introducción

El Test de Stroop es uno de los instrumentos de evaluación neuropsicológica más comúnmente usados para la valoración de la atención¹ y las funciones ejecutivas², tanto en pacientes con daño cerebral sobrenado³ como con enfermedades neurodegenerativas como la Esclerosis Múltiple, el Parkinson y el Huntington^{4,5,6}, el deterioro cognitivo leve⁷, o el TDAH⁸. De hecho, la “*Traumatic Brain Injury Clinical Trial Network*” considera el Test de Stroop como una de las pruebas fundamentales que deben incluirse en las baterías de evaluación neuropsicológica de personas con daño cerebral⁹.

La versión del Test de Stroop más usada en España es la de Golden^{10,11}, versión sobre la que girará este trabajo. Dicha versión consta de tres láminas o tareas: la primera, Palabra, consiste en la lectura de palabras; la segunda, Color, consiste en la identificación de colores; en la tercera, Palabra-Color, se debe denominar del color de la tinta en el que están escritos nombres de colores que no son congruentes con el color de la tinta. Cada una de estas partes tiene una duración de 45 segundos, y el tiempo total de aplicación del test es de unos 5 minutos. La puntuación en cada una de dichas partes se corresponde con el número de ítems alcanzados durante esos 45 segundos, a las que se añade el cálculo de una puntuación derivada de interferencia generada por la incongruencia palabra-color.

Desde una perspectiva neuropsicológica se considera que el Test de Stroop evalúa procesos cognitivos como inhibición¹², memoria de trabajo¹³, atención selectiva¹⁴ o velocidad de procesamiento de la información¹⁵. Por contra, Boone et al.,¹⁶ en un análisis factorial de las medidas del Test de Stroop encontraron que la parte Palabra-Color tenía más en común con medidas de velocidad de procesamiento de la información que con test de valoración de procesos atencionales y ejecutivos como flexibilidad cognitiva, atención dividida o memoria de trabajo. Más allá del aparente acuerdo sobre la naturaleza multifactorial del Test de Stroop, que no sobre el peso relativo de cada uno de los procesos cognitivos que participan en

su resolución, en neuropsicología existe una tendencia general a considerar esta prueba como una tarea paradigmática de inhibición¹⁷, siendo especialmente estudiada y explicada desde modelos de control de inhibición^{18,19}. Dichos modelos describen al menos dos tipos de inhibición, la inhibición de respuesta, que se refiere a la habilidad de contrarrestar la emisión de una respuesta prepotente, y la inhibición atencional, que se refiere a la habilidad de resistir la interferencia de estímulos distractores¹⁹. Mientras que las dos primeras partes de Stroop, tanto Palabra como Color, se suele asumir que son medidas de velocidad de procesamiento, la parte Palabra-Color se considera como una medida de inhibición, ya que para su realización se debe controlar la interferencia e inhibir una respuesta automática en beneficio de otra menos automática^{2,20-22}. Por tanto, desde este punto de vista, la realización deficiente de la parte Palabra-Color se puede interpretar como una consecuencia de un déficit de los procesos de inhibición^{7,11,23}, que llevaría a un enlentecimiento en la velocidad de realización de la tarea y a la comisión de errores, al leer la palabra en lugar de denominar el color de la tinta²⁴.

En general, los procesos de inhibición se sustentan en una red cerebral córticobasal en la que interaccionan áreas corticales como el giro frontal inferior derecho, el córtex prefrontal dorsolateral, el córtex cingulado anterior, los campos oculares suplementarios, el área motora presuplementaria, junto a áreas subcorticales como el núcleo subtalámico, el estriado, el globo pálido, la sustancia negra pars compacta, la sustancia negra pars reticulata y los colículos superiores²⁵⁻²⁷. En el caso concreto de la tarea de Stroop se considera que regiones prefrontales como el córtex prefrontal dorsolateral y el córtex cingulado anterior juegan un papel clave, aunque a las anteriores se añaden la corteza parietal, la región temporal inferior y el núcleo caudado^{2,28}.

No obstante, los modelos de control de inhibición no son el único marco teórico desde el que se ha estudiado el Test de Stroop. Paralelamente se han propuesto distintas teorías y modelos para tratar de explicar el mecanismo cognitivo

que subyace a la realización de tareas tipo Stroop. Por ejemplo, en esta línea de trabajo destacan las aportaciones de los modelos conexionistas²⁹, los modelos computacionales^{30,31}, la teoría de procesamiento de la información³² y la Teoría de la Predicción del Resultado de la Respuesta (Prediction of Response Outcome (PRO) theory, en inglés)³³. Sin embargo, la teoría que más repercusión y estudios ha generado sobre este asunto es la Teoría de Monitorización del Conflicto^{34,35}, aunque, al igual que el resto de las teorías, no está exenta de críticas y posibles limitaciones³⁶. Más allá de las diferencias existentes entre ellas, aquí destacaremos dos aspectos que comparten estos modelos y teorías: 1-Consideran las tareas tipo Stroop como una tarea paradigmática de conflicto^{24,37} 2-Emplean el concepto de control cognitivo como mecanismo explicativo subyacente a la resolución de tareas tipo Stroop. En concreto, el control cognitivo engloba habilidades o procesos cognitivos como el establecimiento de metas, el mantenimiento de la conducta dirigida a meta, la monitorización del desempeño, el ajuste de la conducta en función del feedback o del cambio en las demandas de la tarea, y la inhibición de respuesta³⁸. Es decir, no se puede argumentar que los modelos de conflicto sean una alternativa contrapuesta a los modelos de inhibición, sino, más bien, un punto de vista más amplio o complejo donde el control de inhibición es una pieza más del entramado cognitivo, a saber, el control cognitivo, que permite resolver tareas tipo Stroop.

Una situación de conflicto ocurriría cuando un determinado estímulo o información activa simultáneamente dos o más representaciones cognitivas o motoras que compiten por el control de la acción. Ante dichas situaciones, la Teoría de Monitorización de Conflicto propone que el mecanismo de monitorización detectaría el conflicto y, acto seguido, se iniciaría un proceso de control cognitivo para la resolución del mismo. Por ejemplo, ante una situación que genera conflicto, como es la parte Palabra-Color del Test de Stroop, al ser detectado por el mecanismo de monitorización, se desencadena el proceso de control cognitivo con el fin de ajustar o modular el procesamiento de la información, incrementándose el

procesamiento de la información relevante para la tarea (es decir, el color del estímulo) y/o atenuándose el procesamiento de la información irrelevante para la tarea (en este caso, la palabra)^{39,40}. Conviene puntualizar que dicho control cognitivo no se consideraría una función cognitiva como tal, sino como un recurso que emergería en un momento concreto mediante la interacción puntual de procesos cognitivos como la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva, la monitorización, la inhibición y la selección de respuesta, con el fin de proveer un ajuste dinámico y flexible de la conducta en función de los objetivos y exigencias de la tarea en curso, especialmente en situaciones no rutinarias que requieran respuestas no habituales y/o resolución de conflicto, como es el caso del Test de Stroop^{38,41-44}.

En la puesta en marcha y coordinación del anterior grupo o cascada de procesos cognitivos juega un papel fundamental un circuito o loop de intercambio de información integrado por el córtex prefrontal dorsolateral (CPDL) y el córtex cingulado anterior (CCA). En primer lugar, implementado por el córtex CPDL, se produce un incremento del procesamiento de la información relevante para la tarea y la selección de la información necesaria para llevarla a cabo. Seguidamente, el CCA detecta y valora el potencial conflicto entre las posibles respuestas y evalúa la idoneidad de la respuesta seleccionada. Por último, la información volvería desde el CCA hasta el CPDL con el fin de que este reclute los recursos necesarios para iniciar el control cognitivo y se realicen los ajustes necesarios para resolver el conflicto e iniciar la respuesta seleccionada^{35,39,45-47}. Además, en colaboración con las dos regiones anteriores, que son las que parecen tener más relevancia tanto en la monitorización y resolución del conflicto como en el control inhibitorio, se ha documentado la participación de las redes de control fronto-parietal y cíngulo-opercular. La primera de estas redes confiere flexibilidad al sistema mediante el constante ajuste de la conducta o selección de respuestas en función de la demanda de la tarea y del feedback recibido, y, la segunda, aseguraría la estabilidad de la conducta mediante el mantenimiento del set cognitivo durante el tiempo que dure la tarea^{32,40,48,49}.

Organización de lo visto hasta ahora

Poniendo en perspectiva lo visto hasta ahora, y teniendo en cuenta que la multifactorialidad es una de las características definitorias de todos y cada uno de los test de evaluación neuropsicológica, incluyendo, por supuesto, el Test de Stroop, parece razonable asumir que la perspectiva que ofrecen los modelos de resolución de conflicto, concretada en el concepto de control cognitivo, suponen un marco teórico más completo que los modelos de inhibición para tratar de conocer y explicar la relación entre los distintos procesos cognitivos conjugados para resolver la situación de conflicto que plantea el Test de Stroop^{38,42-44}. Entonces, ¿En qué lugar deja esto a la asunción general de que la realización deficiente de la parte Palabra-Color se puede interpretar como el reflejo de un déficit de los procesos de inhibición? Pues no sé el lugar concreto, pero seguro que se encuentra lejos de los objetivos de la evaluación neuropsicológica. Citando a Banich⁴⁷, “tomar en consideración tan sólo la puntuación final de la tarea de Stroop supone una limitación en la comprensión del efecto Stroop, ya que aquel refleja la suma de los procesos cognitivos implicados en su resolución, pero no nos informa sobre la participación relativa de dichos procesos a lo largo de la cascada de control cognitivo”.

Llegados a este punto, y si asumimos lo anterior, no queda más remedio que hacernos, cuanto menos, la siguiente pregunta, ¿Podemos integrar y ordenar los procesos que conforman el control cognitivo de una forma coherente y útil para la práctica clínica y la investigadora en neuropsicología? En las próximas líneas se propone una respuesta a esta pregunta.

Memoria de trabajo

La memoria de trabajo, mediante la facilitación del procesamiento preferente de la información relevante y el mantenimiento activo tanto del objetivo de la tarea como del contexto en el que se debe emitir una respuesta, ofrece un soporte fundamental durante toda la actuación del proceso de control cognitivo^{43,50,51}. A este respecto, Diamond⁵² señala que mientras la memoria de trabajo sea capaz de

mantener un nivel óptimo de procesamiento de la información relevante para el correcto desempeño de una tarea, mayor será la probabilidad de que dicha información guíe el comportamiento y, a su vez, menor será la posibilidad de que se cometan errores por fallo en la inhibición.

La relevancia de la memoria de trabajo en tareas consideradas tradicionalmente de inhibición cada vez cuenta con mayor respaldo en la literatura. Por ejemplo, recientemente Tiego et al.,¹⁹ han propuesto un modelo de control inhibitorio de tipo jerárquico en el que la memoria de trabajo se sitúa como un proceso de orden superior que modula el rendimiento de otros procesos cognitivos, en este caso, de la inhibición. Aunque quizás, la posición más ampliamente aceptada sea la que propone que la memoria de trabajo y la inhibición mantienen una relación de interdependencia e influencia bidireccional, más que una relación de tipo jerárquico⁵². También, en un reciente estudio sobre la validez de constructo de la versión de Golden del Test de Stroop, se observó que la memoria de trabajo fue el principal factor predictor de la puntuación de la parte Palabra-Color, es decir, de la condición de conflicto de dicho test⁵³. Por tanto, según el anterior punto de vista, durante la realización de la parte Palabra-Color del Test de Stroop, un fallo en el mantenimiento de un nivel de activación suficiente en la memoria de trabajo tanto de los objetivos de la tarea como de la información relevante (nombrar el color de la palabra) podría facilitar un fallo en la inhibición de una respuesta preponderante no adecuada al contexto (leer la palabra). Visto de otro modo, los individuos con mayor rendimiento de su memoria de trabajo también se mostrarían menos susceptibles a cometer errores de inhibición, y no sólo en la tarea de Stroop^{51,54}, sino también otras pruebas consideradas de conflicto como la de Flancos, Simón, Stop Signal o Go no Go^{13,55}.

Inhibición

En contra de la visión dominante en neuropsicología, existe controversia y debate no sólo sobre la participación del proceso de inhibición en la resolución de tareas tradicionalmente consideradas de

inhibición, sino incluso sobre la existencia misma del proceso de inhibición. Por ejemplo, Friedman y Miyake⁵⁶, en una revisión de su modelo original de unidad/diversidad de las funciones ejecutivas proponen un modelo bifactorial en el que la inhibición, más que una habilidad cognitiva única o particular, sería un epifenómeno de un proceso global de mantenimiento de la conducta dirigida a meta sustentado por la memoria de trabajo, incluyendo esta la capacidad de identificar los objetivos de la tarea, modificar el procesamiento de la información en función de los mismos y manejar las claves contextuales para lograrlos. Es decir, borran de un plumazo el proceso de control inhibitorio de su modelo clásico trifactorial de funciones ejecutivas⁵⁷. En este mismo sentido, otros autores proponen que la acción del control cognitivo sobre la conducta se podría llevar a cabo tanto con la participación de la inhibición como sin ella, pudiendo explicarse la resolución del Test de Stroop tan sólo en términos de facilitación del procesamiento de la información relevante para el logro de los objetivos frente a la reducción del procesamiento de la información irrelevante, sin llegar a ser necesaria o tener que producirse la inhibición de la respuesta prepotente^{39,56,58-60}.

No obstante, y en contraposición al punto de vista anterior, existe abundante bibliografía que aboga por la separación entre la memoria de trabajo y la inhibición, proponiendo que, aunque son procesos fuertemente relacionados, la inhibición tiene entidad y funciones diferenciadas dentro del conjunto de procesos que integran el control cognitivo^{61,62}. Así, la inhibición sería la encargada tanto de la supresión de distractores internos (memoria) y externos que pudieran interferir en el procesamiento de la información relevante llevado a cabo por la memoria de trabajo como de la supresión de respuestas prepotentes y/o de respuestas previamente adecuadas, pero que ahora deben suprimirse debido a un cambio en los objetivos de la tarea, cuestión esta última crucial también para la flexibilidad cognitiva^{41,52,63-66}.

En el caso concreto del Test de Stroop, el proceso de inhibición, por un lado, evitaría la interferencia o el acceso a la memoria de trabajo de la información no

relevante para el correcto desempeño de la tarea, facilitando el procesamiento preferente de la información relevante, es decir, el color de las palabras. Y, por otro, permitiría “frenar” una respuesta automatizada, como es la lectura de palabras, posibilitando la selección y emisión de una respuesta alternativa en función de las demandas del contexto, en este caso, nombrar el color de la tinta^{18,19,55}. Por tanto, se podría decir que para la resolución del Test de Stroop deben actuar de forma coordinada la memoria de trabajo y la inhibición y, en efecto, hay estudios que muestran que aquellos sujetos con mayor control de inhibición y mejor memoria de trabajo muestran menor efecto Stroop que aquellos que tienen un pobre control de inhibición y una baja capacidad de memoria de trabajo^{13,55}.

En cualquier caso, y aunque excede a los objetivos de este trabajo discutir si la memoria de trabajo y la inhibición son procesos dissociables o no, aquí se acepta la premisa de que para la resolución del Test de Stroop se deben considerar como factores diferenciados la inhibición y la memoria de trabajo, aunque se le asigna a la inhibición un papel menos relevante de lo que generalmente es aceptado en el seno de la neuropsicología clínica. Por añadido, en ámbitos de estudio como el del control de respuestas motoras dominantes (valorada con la tarea Stop-Signal) y el del control de la memoria episódica (valorado con tareas como Think-No Think, Directed forgetting y Retrieval-Induced Forgetting) sí que existe un amplio consenso en considerar la inhibición como un proceso cognitivo con entidad propia⁶⁷.

Flexibilidad cognitiva

Durante la actuación del proceso de control cognitivo la acción conjunta de la memoria de trabajo y la inhibición confieren estabilidad al sistema, contribuyendo a mantener la conducta dirigida al objetivo. No obstante, esto no es suficiente, también se necesita la capacidad de ajustar la conducta de forma rápida y flexible en función de las variaciones en los objetivos y/o de las demandas de la tarea en curso, es decir, se requiere flexibilidad cognitiva^{38,4,49,68}. La flexibilidad cognitiva contribuye a dirigir la atención hacia las distintas modali-

dades estimulares que se presenten, actualizar los objetivos de la tarea, seleccionar una respuesta alternativa a la respuesta prepotente, modificar el set de respuesta y a ajustar la conducta en función del feedback recibido^{52,69,70}.

La parte Palabra-Color del Test de Stroop, además de plantear una situación novedosa o poco habitual, también exige un cambio o actualización drástico tanto del objetivo como del set de respuesta respecto a las partes previas del test, es decir, las partes Palabra y Color, ya que se pasa de una situación en la que se debe responder a estímulos congruentes, que requieren respuestas habituales o ya aprendidas, a otra que requiere emitir una respuesta novedosa o infrecuente ante estímulos incongruentes generadores de conflicto. Así, un rendimiento deficitario del proceso de flexibilidad cognitiva podría conducir a la realización de respuestas inadecuadas o perseverativas tanto por falta de ajuste a los nuevos objetivos, al mantener un set de respuesta previamente exitoso pero inadecuado según las nuevas exigencias de la tarea (inercia en la respuesta)^{69,71}, como por dificultad para cambiar o ajustar la respuesta en función del feedback recibido tras la comisión de algún error⁷². No obstante, el efecto de la secuencia de presentación de los estímulos congruentes e incongruentes sobre el rendimiento en la tarea de Stroop se ha estudiado principalmente mediante paradigmas experimentales de dicha tarea. Las tareas experimentales permiten manipular tanto la proporción de estímulos congruentes e incongruentes como su orden de presentación, intercalando y aleatorizando el orden de los ítems congruentes e incongruentes, lo que aumenta la necesidad de control y flexibilidad cognitiva^{39,71}. Este efecto de la secuencia de presentación de ítems no se ha estudiado en el ámbito clínico ni, obviamente, con la versión de Golden del Test de Stroop que, al realizarse por bloques congruentes versus incongruentes bien delimitados, requerirá, presumiblemente, menor carga de flexibilidad cognitiva que las tareas experimentales.

Monitorización

En neuropsicología no disponemos de una definición clara y de consenso del proceso de monito-

rización, aunque cuando se hace referencia a ella se suele caracterizar como un proceso ejecutivo encargado de temporalizar el desarrollo de la actividad, supervisar que la conducta se ajuste a los requisitos de la tarea y del entorno, y detectar errores o discrepancias entre la respuesta y el objetivo de la tarea en curso, indicando que se requiere una actualización o cambio de respuesta^{60,68,73}. Es decir, vendría a ser algo así como un sistema de “control de calidad” de la respuesta.

Al igual que el resto de los procesos cognitivos revisados más arriba, la monitorización también puede contemplarse como una pieza más del engranaje del control cognitivo, siendo la función de las operaciones de monitoreo la de alertar al sistema de control cuando se requiera un mayor control para alcanzar o mantener un nivel de rendimiento adecuado para el logro del objetivo⁷⁴. Por ejemplo, se ha observado cómo a la comisión de un error le sigue un incremento en la precisión de la respuesta posterior junto a un decremento de los tiempos de reacción, es decir, un ajuste en el nivel de control cognitivo post-error, conocido como efecto Rabbitt/Laming⁷⁵. En este contexto, para que el proceso de monitorización pueda actuar con éxito es requisito que la memoria de trabajo mantenga activo el objetivo de la tarea, con el fin de poder supervisar que la conducta se mantiene ajustada al mismo y, además, se necesita capacidad de flexibilidad cognitiva para ajustar el set de respuesta en los casos en que se detecte un error o se reciba un feedback negativo^{72,76,77}.

Son escasos los trabajos publicados en los que se haga referencia concreta al papel de la monitorización en la resolución del Test de Stroop. En uno de ellos, Koch⁷⁸ observó que aquellos sujetos que contaban con mejor capacidad de monitorización de su conducta eran menos propensos a cometer errores en la parte de interferencia de la tarea de Stroop. No obstante, el anterior trabajo es un estudio piloto, cuyos resultados deben ser tomados tan sólo como una posible e interesante línea de investigación a explorar. Otro interesante aspecto relacionado con la monitorización estudiado mediante la tarea de Stroop se centra en el análisis tanto de los errores y de las autocorrecciones,

analizados por separado, como del ajuste de la respuesta en función del feedback recibido tras la comisión de un error^{72,79,80}. Dicho punto de vista enfatiza que, junto al registro del número de ítems que alcanza a leer un paciente, sería realmente interesante recoger aspectos cualitativos relacionados con el análisis de los errores, adoptando una perspectiva de estudio basada en el modelo de evaluación neuropsicológica por procesos⁸¹, como medio para enriquecer los datos y aumentar la precisión de las conclusiones extraídas.

Velocidad de procesamiento de la información

Aunque la velocidad de procesamiento de la información no es un proceso cognitivo como tal, ni se suele incluir como uno de los elementos que integran el proceso de control cognitivo, tampoco puede considerarse ajena a este. Según Salthouse⁸², la velocidad de procesamiento de la información podría ser un factor contribuyente al logro o mantenimiento de la eficiencia cognitiva, al facilitar tanto la posibilidad de captar una mayor cantidad de información en un tiempo limitado como la de procesar información de forma simultánea. Además, el entretencimiento en la velocidad de procesamiento podría afectar negativamente al rendimiento de procesos cognitivos como la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva durante la realización de tareas complejas^{83,84}. Por otro lado, también contamos con publicaciones y estudios de validez de constructo del Test de Stroop que proponen que la velocidad de procesamiento es un factor importante para su adecuada resolución^{53,85,86}. No en vano, el rendimiento en las distintas partes del test se mide en función del número de ítems que alcan-

za un sujeto en 45 segundos, es decir, velocidad de ejecución.

Sin embargo, también existe controversia en cuanto a la participación de la velocidad de procesamiento en la resolución de tareas que implican un alto nivel de carga cognitiva, como, por ejemplo, la tarea de Stroop. En este sentido, Cepeda et al.,⁸⁷ minimizan el peso de la velocidad de procesamiento respecto al resto de factores necesarios para la resolución de la tarea de conflicto planteada en el Test de Stroop, exponiendo una interesante reflexión sobre la dificultad de diferenciar entre la participación de la velocidad de procesamiento frente a la del control cognitivo en la resolución de dicha tarea, para concluir que quizás estemos sobreestimando la importancia de la primera en detrimento del segundo, y que la forma óptima o más precisa de valorar la velocidad de procesamiento sea mediante tareas sencillas que minimicen la participación del control cognitivo. Desde un punto de vista diferente, aunque coincidiendo en el fondo con el anterior postulado, Chiaravalotti et al.,⁸⁸ ya distinguieron entre velocidad de procesamiento simple y velocidad de procesamiento compleja, en vista de que la medida de velocidad de procesamiento de la información de un sujeto variaba en función del nivel de exigencia cognitiva de la prueba empleada para su valoración. Por tanto, ante el aparente hecho de que las dimensiones del objeto de medida puedan variar según el instrumento usado, debemos ser cautelosos con el papel que le asignamos a la velocidad de procesamiento en la resolución del Test de Stroop, y, quizás, plantearnos la opción de contrastar los resultados en dicho test con los obtenidos en otras pruebas que valoren la velocidad de procesamiento de la información

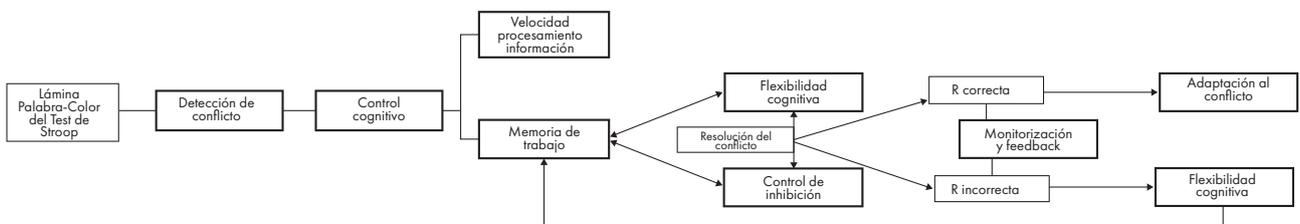


Figura 1. Representación del proceso de control cognitivo implementado tras la detección del conflicto generado por la parte Palabra-Color del Test de Stroop.

simple con el fin de concretar la contribución diferencial de esta frente a la del control cognitivo en el resultado final del test.

Conclusiones

En vista de los datos y de las publicaciones disponibles sobre el Test de Stroop resulta lícito plantearse que la interpretación de los resultados de un paciente en dicho test exceda a la capacidad explicativa de los modelos de inhibición. En su lugar, los modelos y teorías que conceptualizan el Test de Stroop como una tarea paradigmática de conflicto cuentan con una larga trayectoria y son una fuente prolífica de información tanto sobre el efecto Stroop como sobre los procesos cognitivos que subyacen a su resolución. Sin embargo, estas aportaciones aún no han captado el interés de la neuropsicología clínica, quedando, por el momento, casi exclusivamente restringidas al ámbito experimental de la psicología y la neurociencia cognitivas. En este trabajo se destaca la idoneidad del concepto de control cognitivo, planteado desde las teorías de conflicto, como mecanismo articulador de un conjunto de procesos cognitivos integrado por la memoria de trabajo, la inhibición, la flexibilidad cognitiva y la monitorización, junto a la velocidad de procesamiento de la información, cuya actuación coordinada e interdependiente resulta imprescindible para lograr la resolución exitosa de tareas novedosas que planteen una situación de conflicto, como es el caso del Test de Stroop.

Además, junto a la red de procesos cognitivos antes referidos, también queda bien reflejado en la literatura que aunque la participación de los sistemas frontales es crítica para la realización exitosa de la tarea de Stroop, realmente esta depende de la acción conjunta de amplias redes y regiones cerebrales que se extienden más allá del córtex prefrontal dorsolateral y del córtex cingulado anterior, abarcando a regiones cerebrales integradas en las redes fronto-parietal, cíngulo-opercular y córtico-basal^{2,28,49}. Por ejemplo, en pacientes con Parkinsonismo Vascular se ha observado que el decremento de la conectividad funcional del núcleo caudado con el córtex cingulado posterior

correlaciona negativamente con el número de errores cometidos en el Victoria Stroop Task⁸⁹. Por tanto, sabiendo que la realización de cualquier conducta pone en marcha múltiples procesos cognitivos que, a su vez, están sustentados por múltiples regiones cerebrales integradas en redes, y que el daño o disfunción en cualquiera de los nodos (hubs) que participan en una red cerebral puede desencadenar tanto su disfunción parcial como completa y alterar la función que sustenten⁹⁰, es hora de abandonar de una vez por todas la idea reduccionista que considera el Test de Stroop como una prueba de valoración del estado o funcionamiento del lóbulo frontal⁹¹.

En definitiva, y en el fondo, este trabajo aborda el asunto de la multifactorialidad de los test que usamos habitualmente para la valoración de la cognición, asunto que atañe de forma inapelable y sensible a tareas básicas del profesional de la neuropsicología como son el diagnóstico sindrómico y el estudio y delimitación de los perfiles cognitivos de las poblaciones clínicas a las que atendemos. De este modo, no debemos perder de vista que la cuestión de la multifactorialidad, por compleja que parezca, más que un problema constituye un reto inherente a nuestro trabajo cotidiano, y debemos esforzarnos por solventarlo con la mayor de las garantías teóricas y metodológicas. Como posible solución a los desafíos ocasionados por la multifactorialidad de los test neuropsicológicos, Miyake, et al.,⁵⁷ proponen que se estos se podrían afrontar mediante el empleo de varias pruebas neuropsicológicas que compartan factores comunes, lo que permitiría extraer datos sobre el estado de cada proceso cognitivo desde varios puntos de vista. Otra solución complementaria a la anterior sería adoptar una perspectiva de evaluación neuropsicológica por procesos (*Boston Process Approach*)⁸¹, es decir, abordar la evaluación de un paciente teniendo en mente el objetivo de desgranar la red de procesos cognitivos que sustenta la realización de cualquier tarea, con el fin de determinar la implicación particular de cada uno de ellos en su resolución. Y, finalmente, y parafraseando a Benedet⁹², no olvidar que “la neuropsicología empieza donde acaba la psicometría”.

Fuente de financiación

Este trabajo no ha contado con ninguna fuente de financiación.

Conflicto de intereses

Ninguno.

REFERENCIAS

1. MacLeod CM. Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychol Bull.* 1991 Mar; 109(2): 163-203.
2. Strauss E, Sherman E, & Spreen O. *A Compendium of Neuropsychological Tests: Administration, Norms, and Commentary* (3rd ed.). New York: Oxford University Press; 2006.
3. Ponsford J, Kinsella G. Attentional deficits following closed-head injury. *J Clin Exp Neuropsychol.* 1992 Sep; 14(5): 822-38.
4. Romann AJ, Dornelles S, Maineri NL, Rieder CRM, Olchik MR. Cognitive assessment instruments in Parkinson's disease patients undergoing deep brain stimulation. *Dement Neuropsychol.* 2012 Jan-Mar; 6(1): 2-11.
5. Paulsen JS, Miller AC, Hayes T, Shaw E. Cognitive and behavioral changes in Huntington disease before diagnosis. *Handb Clin Neurol.* 2017; 144: 69-91.
6. Branco M, Ruano L, Portaccio E, Goretti B, Niccolai C, Patti F, et al. Aging with multiple sclerosis: prevalence and profile of cognitive impairment. *Neurol Sci.* 2019 Aug; 40(8): 1651-1657.
7. Rabi R, Vasquez BP, Alain C, Hasher L, Belleville S, Anderson ND. Inhibitory Control Deficits in Individuals with Amnesic Mild Cognitive Impairment: a Meta-Analysis. *Neuropsychol Rev.* 2020 Mar; 30(1): 97-125.
8. Lansbergen MM, Kenemans JL, van Engeland H. Stroop interference and attention-deficit/hyperactivity disorder: a review and meta-analysis. *Neuropsychology.* 2007 Mar; 21(2): 251-62.
9. Bagiella E, Novack TA, Ansel B, Diaz-Arrastia R, Dikmen S, Hart T, et al. Measuring outcome in traumatic brain injury treatment trials: recommendations from the traumatic brain injury clinical trials network. *J Head Trauma Rehabil.* 2010 Sep-Oct; 25(5): 375-82.
10. Golden CJ. *STROOP. Test de Colores y Palabras.* Madrid: TEA Ediciones; 1994.
11. Golden, CJ. *STROOP. Test de Colores y Palabras – Edición Revisada* (B. Ruiz-Fernández, T. Luque y F. Sánchez-Sánchez, adaptadores). Madrid: TEA Ediciones; 2020.
12. Wecker NS, Kramer JH, Wisniewski A, Delis DC, Kaplan E. Age effects on executive ability. *Neuropsychology.* 2000 Jul; 14(3): 409-14.
13. Kane MJ, Engle RW. Working-memory capacity and the control of attention: the contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *J Exp Psychol Gen.* 2003 Mar; 132(1): 47-70.
14. Ben-David BM, Nguyen LL, van Lieshout PH. Stroop effects in persons with traumatic brain injury: selective attention, speed of processing, or color naming? A meta-analysis. *J Int Neuropsychol Soc.* 2011 Mar; 17(2): 354-63.
15. Logan GD, Zbrodoff NJ, & Williamson J. Strategies in the color-word Stroop task. *Bulletin of the Psychonomic Society.* 1984; 22(2): 135-138.
16. Boone KB, Pontón MO, Gorsuch RL, González JJ, Miller BL. Factor analysis of four measures of prefrontal lobe functioning. *Arch Clin Neuropsychol.* 1998; 13(7): 585-95.
17. Lezak MD, Howieson DB, Loring DW, & Fischer JS. *Neuropsychological assessment.* New York: Oxford University Press; 2004.
18. Howard SJ, Johnson J, & Pascual-Leone J. Clarifying inhibitory control: Diversity and development of attentional inhibition. *Cognitive Development.* 2014; 31: 1-21.

19. Tiego J, Testa R, Bellgrove MA, Pantelis C, Whittle S. A Hierarchical Model of Inhibitory Control. *Front Psychol.* 2018; 9: 1339.
20. Jensen AR, Rohwer WD Jr. The Stroop color-word test: a review. *Acta Psychol (Amst).* 1966; 25(1): 36-93.
21. Friedman NP, Miyake A. The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *J Exp Psychol Gen.* 2004; 133(1): 101-135.
22. Kane MJ, Meier ME, Smeekens BA, Gross GM, Chun CA, Silvia PJ, et al. Individual differences in the executive control of attention, memory, and thought, and their associations with schizotypy. *J Exp Psychol Gen.* 2016; 145(8): 1017-1048.
23. Santangelo G, Vitale C, Picillo M, Moccia M, Cuoco S, Longo K, et al. Mild Cognitive Impairment in newly diagnosed Parkinson's disease: A longitudinal prospective study. *Parkinsonism Relat Disord.* 2015; 21(10): 1219-26.
24. MacLeod CM, MacDonald PA. Interdimensional interference in the Stroop effect: uncovering the cognitive and neural anatomy of attention. *Trends Cogn Sci.* 2000; 4(10): 383-391.
25. Aron AR, Durston S, Eagle DM, Logan GD, Stinear CM, Stuphorn V. Converging evidence for a fronto-basal-ganglia network for inhibitory control of action and cognition. *J Neurosci.* 2007; 27(44): 11860-4.
26. Wiecki TV, Frank MJ. A computational model of inhibitory control in frontal cortex and basal ganglia. *Psychol Rev.* 2013; 120(2): 329-55.
27. Schall JD, Palmeri TJ, & Logan GD. Models of inhibitory control. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 2017; 372(1718): 20160193.
28. Song Y, Hakoda Y. An fMRI study of the functional mechanisms of Stroop/reverse-Stroop effects. *Behav Brain Res.* 2015; 290: 187-96.
29. Chuderski A, Smolen T. An integrated utility-based model of conflict evaluation and resolution in the Stroop task. *Psychol Rev.* 2016; 123(3): 255-90.
30. Cohen JD, Dunbar K, McClelland JL. On the control of automatic processes: a parallel distributed processing account of the Stroop effect. *Psychol Rev.* 1990; 97(3): 332-61.
31. Kalanithroff E, Davelaar EJ, Henik A, Goldfarb L, Usher M. Task conflict and proactive control: A computational theory of the Stroop task. *Psychol Rev.* 2018; 125(1): 59-82.
32. Fan J. An information theory account of cognitive control. *Front Hum Neurosci.* 2014; 8: 680.
33. Alexander WH, Brown JW. Computational models of performance monitoring and cognitive control. *Top Cogn Sci.* 2010; 2(4): 658-77.
34. Botvinick MM, Braver TS, Barch DM, Carter CS, Cohen JD. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev.* 2001; 108(3): 624-52.
35. Botvinick MM, Cohen JD, Carter CS. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. *Trends Cogn Sci.* 2004; 8(12): 539-46.
36. Algom D, Chajut E. Reclaiming the Stroop Effect Back From Control to Input-Driven Attention and Perception. *Front Psychol.* 2019; 10: 1683.
37. Littman R, Keha E, Kalanithroff E. Task Conflict and Task Control: A Mini-Review. *Front Psychol.* 2019; 10: 1598.
38. Ridderinkhof KR, van den Wildenberg WP, Segalowitz SJ, Carter CS. Neurocognitive mechanisms of cognitive control: the role of prefrontal cortex in action selection, response inhibition, performance monitoring, and reward-based learning. *Brain Cogn.* 2004; 56(2): 129-40.
39. Egnér T, Hirsch J. Cognitive control mechanisms resolve conflict through cortical amplification of task-relevant information. *Nat Neurosci.* 2005; 8(12): 1784-90.
40. Purmann S, Pollmann S. Adaptation to recent conflict in the classical color-word Stroop-task mainly involves facilitation of processing of task-relevant information. *Front Hum Neurosci.* 2015; 9:88.
41. Lenartowicz A, Kalar DJ, Congdon E, Poldrack RA. Towards an ontology of cognitive control. *Top Cogn Sci.* 2010; 2(4): 678-92.
42. Gläscher J, Adolphs R, Damasio H, Bechara A, Rudrauf D, Calamia M, et al. Lesion mapping of cognitive control and value-based decision making in the prefrontal cortex. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2012; 109(36): 14681-6.

43. Soutschek A, Strobach T, Schubert T. Working memory demands modulate cognitive control in the Stroop paradigm. *Psychol Res.* 2013; 77(3): 333-47.
44. Schuch S, Dignath D, Steinhauser M, Janczyk M. Monitoring and control in multitasking. *Psychon Bull Rev.* 2019; 26(1): 222-240.
45. Carter CS, van Veen V. Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2007; 7(4): 367-79.
46. Heilbronner SR, Hayden BY. Dorsal Anterior Cingulate Cortex: A Bottom-Up View. *Annu Rev Neurosci.* 2016; 39: 149-70.
47. Banich MT. The Stroop Effect Occurs at Multiple Points Along a Cascade of Control: Evidence From Cognitive Neuroscience Approaches. *Front Psychol.* 2019; 10: 2164.
48. Dosenbach NU, Fair DA, Cohen AL, Schlaggar BL, Petersen SE. A dual-networks architecture of top-down control. *Trends Cogn Sci.* 2008; 12(3): 99-105.
49. Li Q, Yang G, Li Z, Qi Y, Cole MW, & Liu X. Conflict detection and resolution rely on a combination of common and distinct cognitive control networks. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* 2017; 83: 123-131.
50. Munakata Y, Herd SA, Chatham CH, Depue BE, Banich MT, O'Reilly RC. A unified framework for inhibitory control. *Trends Cogn Sci.* 2011; 15(10): 453-9.
51. Morey CC, Elliott EM, Wiggers J, Eaves SD, Shelton JT, Mall JT. Goal-neglect links Stroop interference with working memory capacity. *Acta Psychol (Amst).* 2012; 141(2): 250-60.
52. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol.* 2013; 64: 135-68.
53. Periañez JA, Lubrini G, García-Gutiérrez A, Ríos-Lago M. Construct Validity of the Stroop Color-Word Test: Influence of Speed of Visual Search, Verbal Fluency, Working Memory, Cognitive Flexibility, and Conflict Monitoring. *Arch Clin Neuropsychol.* 2021; 36(1): 99-111.
54. Aschenbrenner AJ, Balota DA. Interactive effects of working memory and trial history on Stroop interference in cognitively healthy aging. *Psychol Aging.* 2015; 30(1): 1-8.
55. Duell N, Icenogle G, Silva K, Chein J, Steinberg L, Banich MT, et al. A cross-sectional examination of response inhibition and working memory on the Stroop task. *Cognitive Development.* 2018; 47: 19-31.
56. Friedman NP, Miyake A. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex.* 2017; 86: 186-204.
57. Miyake A, Emerson MJ, Friedman NP. Assessment of executive functions in clinical settings: problems and recommendations. *Semin Speech Lang.* 2000; 21(2): 169-83.
58. Kimberg DY, & Farah MJ. Is there an inhibitory module in the prefrontal cortex? Working memory and the mechanisms underlying cognitive control. *Attention and performance.* 2000; 18.
59. MacLeod CM, Dodd MD, Sheard ED, Wilson DE, & Bibi U. In opposition to inhibition. *Psychology of learning and motivation.* 2003; 43: 163-215.
60. Stuss DT, & Alexander MP. Is there a dysexecutive syndrome? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences.* 2007; 362(1481): 901-915.
61. Aron AR. The neural basis of inhibition in cognitive control. *Neuroscientist.* 2007; 13(3): 214-28.
62. Chambers CD, Garavan H, Bellgrove MA. Insights into the neural basis of response inhibition from cognitive and clinical neuroscience. *Neurosci Biobehav Rev.* 2009; 33(5): 631-46.
63. Derrfuss J, Brass M, Neumann J, von Cramon DY. Involvement of the inferior frontal junction in cognitive control: meta-analyses of switching and Stroop studies. *Hum Brain Mapp.* 2005; 25(1): 22-34.
64. McNab F, & Klingberg T. Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nature neuroscience.* 2008; 11(1): 103-107.
65. Tsuchida A, Fellows LK. Are core component processes of executive function dissociable within the frontal lobes? Evidence from humans with focal prefrontal damage. *Cortex.* 2013; 49(7): 1790-800.
66. Dajani DR, Uddin LQ. Demystifying cognitive flexibility: Implications for clinical and developmental neuroscience. *Trends Neurosci.* 2015; 38(9): 571-8.

67. Anderson MC, Hulbert JC. Active Forgetting: Adaptation of Memory by Prefrontal Control. *Annu Rev Psychol.* 2021; 72, 1–36.
68. Miyake A, Friedman NP. The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Curr Dir Psychol Sci.* 2012; 21(1): 8-14.
69. Grange JA, & Houghton G. Task switching and cognitive control: An introduction. En Grange JA, & Houghton G. (eds). *Task switching and cognitive control.* New Yor: Oxford University Press; 2014. p 1–26.
70. Loftis C. Mental Flexibility. En Kreutzer J, DeLuca J, Caplan B. (eds). *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology.* New York: Springer; 2011.
71. Amieva H, Lafont S, Rouch-Leroyer I, Rainville C, Dartigues JF, Orgogozo JM, et al. Evidencing inhibitory deficits in Alzheimer’s disease through interference effects and shifting disabilities in the Stroop test. *Arch Clin Neuropsychol.* 2004; 19(6): 791-803.
72. Miller A, Bryant K, Martincin K, Livers E, Martukovich R, & Poreh AM. Examining the Self-Corrected and Non-Self-Corrected Errors on the Stroop Test. *Arch Clin Neuropsychol.* 2009; 24(5): 441-441
73. Tirapu-Ustárroz J, García-Molina A, Luna-Lario P, Roig-Rovira T, Pelegrín-Valero C. Modelos de funciones y control ejecutivo (I) [Models of executive control and functions (I)]. *Rev Neurol.* 2008; 46(11): 684-92.
74. Lyons KE, Zelazo PD. Monitoring, metacognition, and executive function: elucidating the role of self-reflection in the development of self-regulation. *Adv Child Dev Behav.* 2011; 40: 379-412.
75. Laming D. Autocorrelation of choice-reaction times. *Acta Psychol (Amst).* 1979; 43(5): 381-412.
76. Holroyd CB, Coles MGH. The neural basis of human error processing: reinforcement learning, dopamine, and the error-related negativity. *Psychol Rev.* 2002; 109(4): 679-709.
77. Gathmann B, Brand M, Schiebener J. One executive function never comes alone: monitoring and its relation to working memory, reasoning, and different executive functions. *Cogn Process.* 2017; 18(1): 13-29.
78. Koch C. Self-monitoring, need for cognition, and the Stroop effect: a preliminary study. *Percept Mot Skills.* 2003; 96(1): 212-4.
79. Holmes AJ, Pizzagalli DA. Task feedback effects on conflict monitoring and executive control: relationship to subclinical measures of depression. *Emotion.* 2007; 7(1): 68-76.
80. Plutino A, Camerucci E, Ranaldi V, Baldinelli S, Fiori C, Silvestrini M, et al. Insight in frontotemporal dementia and progressive supranuclear palsy. *Neurol Sci.* 2020; 41(8): 2135-2142.
81. Milberg WP, Hebben N, & Kaplan E. The Boston process approach to neuropsychological assessment. *Neuropsychological assessment of neuropsychiatric and neuromedical disorders.* 2009; 3: 42-65.
82. Salthouse TA. The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychol Rev.* 1996; 103(3): 403-28.
83. McAuley T, White DA. A latent variables examination of processing speed, response inhibition, and working memory during typical development. *J Exp Child Psychol.* 2011; 108(3): 453-68.
84. Anderson PJ, Reidy N. Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychol Rev.* 2012; 22(4): 345-60.
85. Macniven JA, Davis C, Ho MY, Bradshaw CM, Szabadi E, Constantinescu CS. Stroop performance in multiple sclerosis: information processing, selective attention, or executive functioning? *J Int Neuropsychol Soc.* 2008; 14(5): 805-14.
86. Sisco SM, Slonena E, Okun MS, Bowers D, Price CC. Parkinson’s disease and the Stroop color word test: processing speed and interference algorithms. *Clin Neuropsychol.* 2016; 30(7): 1104-17.
87. Cepeda NJ, Blackwell KA, Munakata Y. Speed isn’t everything: complex processing speed measures mask individual differences and developmental changes in executive control. *Dev Sci.* 2013; 16(2): 269-286.
88. Chiaravalloti ND, Christodoulou C, Demaree HA, DeLuca J. Differentiating simple versus complex processing speed: influence on new learning and memory performance. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2003; 25(4): 489-501.

89. Dunet V, Deverdun J, Charroud C, Le Bars E, Molino F, Menjot de Champfleury S, et al. Cognitive Impairment and Basal Ganglia Functional Connectivity in Vascular Parkinsonism. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2016;37(12):2310-2316.
90. Corbetta M, Siegel JS, Shulman GL. On the low dimensionality of behavioral deficits and alterations of brain network connectivity after focal injury. *Cortex*. 2018; 107: 229-237.
91. Demakis GJ. Frontal lobe damage and tests of executive processing: a meta-analysis of the category test, stroop test, and trail-making test. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2004; 26(3): 441-50.
92. Benedet MJ. Neuropsicología cognitiva: aplicaciones a la clínica ya la investigación. Fundamento teórico y metodológico de la neuropsicología cognitiva. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Secretaría General de Asuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios Sociales (IMSERSO); 2002.