



Artículo de investigación

Estrategias de resolución del PASAT en pacientes con Esclerosis Múltiple y viabilidad de una versión corta del test

Resolution strategies of the PASAT in Multiple Sclerosis patients and viability of a short version of the test

Evangelina Cores¹, Sandra Vanotti², Paula Moyano², Mabel Osorio¹, Daniel Politis^{1*}, Orlando Garcea²

1 Departamento de Neurología, Hospital Interzonal General de Agudos Eva Perón (HIGA). Buenos Aires, Argentina.

2 Clínica de Esclerosis Múltiple y Enfermedades Desmielinizantes del Hospital General de Agudos J. M. Ramos Mejía. Buenos Aires, Argentina.

Resumen

El PASAT es una herramienta de evaluación neuropsicológica frecuentemente implementada en la clínica de pacientes con Esclerosis Múltiple (EM). Este estudio se propone analizar las estrategias de resolución del PASAT y establecer la sensibilidad de una versión corta de 30 ítems y otra de 20 ítems en pacientes con EM. Metodología: Se administró una batería neuropsicológica a 38 pacientes con EM curso recaídas y remisiones y 32 voluntarios sanos de similar edad y escolaridad. Resultados: El PASAT-3 diferenció significativamente el grupo EM del grupo control en el total de respuestas correctas ($Z = -2,714$, $p = ,007$), chunkings ($Z = -2,478$, $p = ,013$) y díadas ($Z = -2,647$, $p = ,008$). El efecto de tamaño para todos los puntajes fue moderado. Respecto de la versión de 60 ítems, la versión de 30 ítems demostró una sensibilidad del 85%, con solo dos falsos negativos y la versión de 20 ítems logró una sensibilidad del 57%. Discusión: La puntuación de *chunks* y díadas es útil para medir las estrategias de resolución de la tarea. La versión corta del test de 30 ítems es una medida apropiada para su uso en la clínica neuropsicológica.

Palabras clave: PASAT, esclerosis múltiple, díadas, versión corta

Abstract

The PASAT is probably the most used neuropsychological tool in the clinical practice with Multiple Sclerosis (MS) patients. This study intends to analyze strategies in the resolution of the PASAT and to establish the sensibility of short versions of 30 and 20 items each. Method: 38 patients with Relapsing Remitting MS (RRMS) and 32 healthy controls with similar age and years of education were assessed with a neuropsychological battery. Results: There was a significant difference in PASAT-3 between MS and control group in the total correct answers ($Z = -2,714$, $p = ,007$), chunkings ($Z = -2,478$, $p = ,013$) and dyads ($Z = -2,647$, $p = ,008$). Effect sizes were moderate. In relation to the original 60 items version, the 30 items version demonstrated an 85% of sensibility with only two false negatives and the 20 items version demonstrated a 57% of sensibility. Discussion: Punctuation of chunks and dyads is useful for the assessment of resolution strategies of the test. The short version of 30 items is appropriate for its use in clinical neuropsychology.

Keywords: PASAT, multiple sclerosis, dyads, short version

* Correspondencia: dpolitis@psi.uba.ar. Departamento de Neurología, Hospital Interzonal General de Agudos Eva Perón (HIGA). Víctor Martínez 224 3ro B. Teléfonos: +54 (11) 35 274 278, 1 568 854 487

Recibido: 10-10-11. Revisión desde: 03-10-11. Aceptado: 05-12-11

Introducción

El *Paced Auditory Serial Addition Test* (PASAT) es una herramienta de evaluación neuropsicológica frecuentemente implementada en la clínica de pacientes con Esclerosis Múltiple (EM). Construido para valorar el deterioro de la velocidad de procesamiento de la información en pacientes con traumatismo céfalo-craneano (Gronwall, 1977) fue implementado luego en diversas patologías (Tombaugh, 2006). Son varias las habilidades cognitivas que involucra el test, principalmente velocidad de procesamiento, memoria de trabajo y atención dividida (Spreeen & Strauss, 1998).

Según las instrucciones, el examinado debe escuchar números del 1 al 9 sumando cada número al inmediatamente anterior. Originalmente los intervalos entre los estímulos eran de 2.4, 2.0, 1.6, 1.2 y 0.8 segundos (Gronwall, 1977). En el área de investigación y la clínica de la EM se implementan las versiones de 3 (PASAT-3) y 2 segundos (PASAT-2) como intervalos de tiempo interestímulo. Estas versiones forman parte de dos baterías cognitivas: *Brief Repeatable Battery of Neuropsychological Tests for Multiple Sclerosis* (Rao, 1990) y *Minimal Assessment of Cognitive Function in Multiple Sclerosis* (Benedict et al., 2002), así como de una batería empleada en ensayos clínicos llamada *Multiple Sclerosis Functional Composite* (Rudick et al., 1997).

Es considerado uno de los test más sensibles en la evaluación de deterioro cognitivo en EM y es altamente valorado por los investigadores del área (Benedict et al., 2002). Sin embargo, las funciones cognitivas que mide el test ha sido objeto de discusión. En la literatura es implementado como medida de memoria de trabajo (Parmenter et al., 2006). No obstante, algunos estudios muestran una relación más estrecha con la velocidad de procesamiento (Forn, Belenguer, Parcet-Ibars & Ávila, 2008). Debido a esto, el PASAT en su versión original no puede ser considerado como medida exclusiva de memoria de trabajo (Parmenter, Shucard & Shucard, 2007).

Ha sido señalado que muchos pacientes no cumplen con las instrucciones del test agrupando los estímulos en pares y retomando la operación de suma cada dos números. Esta estrategia ha sido denominada *chunking* (Coo, Hopman, Edgar, McBride & Brunet, 2005). La misma disminuye la carga ejecutiva de la tarea reduciendo la validez del test como medida de memoria de trabajo. La recodificación de la información en tareas de este tipo, con el objetivo de ampliar la capacidad de procesamiento cognitivo, fue descrita por Miller en el artículo *The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information* (1956).

Fisk y Archibald (2001) idearon un método de puntuación del test que refleja esta tendencia, calculando la cantidad de díadas y de *chunkings*. Las díadas son pares de respuestas consecutivas correctas y han probado ser una puntuación más sensible que la cantidad de respuestas correctas (Fisk & Archibald, 2001). Los mismos resultados fueron hallados en pacientes con Lupus Eritematoso Sistémico (Shucard et al., 2004). Por otro lado, el test ha sido criticado por el tiempo de administración y la generación de estrés en el examinado (Drake et al., 2010; Tombaugh, 2006). Debido a esto se ha propuesto una versión corta del PASAT-3 de 20 ítems, la cual arrojó un 87% de sensibilidad respecto de la versión de 60 ítems, mostrando ser apropiada para discriminar pacientes con EM de personas sanas (Solari, Motta, Radice & Mendozzi, 2007).

Este estudio se propone, en primer lugar, analizar la proporción de *chunkings* y díadas en el total de respuestas correctas del PASAT en pacientes con EM, y comparar la validez de estos puntajes. En segundo lugar, establecer las variables cognitivas predictoras del PASAT. Por último, pretende comparar la sensibilidad de dos versiones cortas del PASAT-3 de 30 y de 20 ítems.

Metodología

Participantes

Participaron 38 pacientes (M= 39.97, DE= 12.4) diagnosticados con EM curso recaídas y remisiones (EMRR) y 32 voluntarios sanos (M= 42.59, DE= 12.94). De la muestra original de 41 pacientes, tres fueron excluidos debido a que no pasaron la fase de prueba del test. Esto mismo ocurrió con un participante del grupo control. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado según las normas éticas de la *American Psychological Association* (2010).

Instrumentos

Fue administrada la batería neuropsicológica breve (BNBR del inglés *Brief Repeatable Battery of Neuropsychological Test* (Rao et al., 1991), adaptación al castellano rioplatense (Cáceres et al., 2002), que incluye los siguientes test:

(1) *Test Selectivo de Memoria (TSM)*, en el que se aprende una lista de 12 palabras que deben ser recordadas luego de un periodo de demora. Evalúa memoria episódica verbal retrospectiva. Puntajes: TSM almacenamiento, TSM recuperación y TSM recuerdo diferido.

(2) *7/24*, en el cual el sujeto aprende una configuración visuoespacial para reproducirlo con fichas durante cinco ensayos, con recuerdos posteriores de tipo inmediato y diferido. Evalúa memoria episódica visual.

(3) *PASAT*, en el cual el participante debe sumar cada número que escucha al número consecutivo. Se administraron las versiones de 3 y 2 segundos como intervalos entre estímulos. Se registró la cantidad total de respuestas correctas (TRC), así como los porcentajes de *chunking* y de díadas siguiendo a Fisk y Archibald (2001). Los *chunkings* son las respuestas correctas luego de una omisión y las díadas son dos respuestas consecutivas correctas. La primera respuesta fue contada como díada. Además, se analizó el rendimiento de los participantes en los primeros 20 y 30 ítems.

(4) *Fluencia Verbal Fonológica*, en el que debe decir palabras que empiecen con una letra en un minuto. Se realizan tres ensayos con las letras 'F', 'A' y 'S'.

También se administró el test Símbolo-Dígito en su versión oral (Smith, 1982) para medir atención sostenida y velocidad de procesamiento. Se trata de una tarea cronometrada en la cual se debe decir en voz alta el número correspondiente a un símbolo, según una grilla que se encuentra en la parte superior de la hoja. Y *Fluencia Verbal Semántica* (Lezak, 1995) en el cual el examinado genera palabras de la categoría "animales" en un minuto.

Además, se relevó el estado afectivo a través del Inventario de depresión de Beck (BDI, Beck, 1996).

Tabla 1. Datos demográficos.

Característica	EM n = 38			Grupo Control n = 32		
	M (DE)	Rango	%	M (DE)	Rango	%
Edad	39.97(12.4)	18-62		42.59(12.94)	21-61	
Escolaridad en años	12.03(2.5)	7-17		11.91(3.21)	7-18	
EDSS	2.95(2.26)	.0-7.5				
Años de evolución	8.79(6.96)	1-35				
Género	Masculino		55.3			28.1
	Femenino		44.7			71.9

EDSS: *Expanded Disability Status Scale* (Kurtzke, 1983)

Tabla 2. Rendimiento en el PASAT de EM y grupo control.

Puntaje		EM		Grupo Control		p	d de Cohen
		M	DS	M	DS		
PASAT-3	TRC	38.79	13.96	47.97	8.31	.007	.79
	Porcentaje <i>Chunking</i>	23.76	23.87	9.54	10.02	.013	.77
	Porcentaje Díadas	68.74	23.72	81.49	18.15	.008	.60
	Versión 30 ítems	21.47	6.83	25.09	4.66	.018	.61
	Versión 20 ítems	14.29	4.52	16.34	3.53	.044	.50
PASAT-2	TRC	29.35	12.68	32.06	10.42	ns	
	Porcentaje <i>Chunking</i>	37.85	22.16	30.69	16.63	ns	
	Porcentaje Díadas	53.38	24.08	60.5	16.94	ns	
	Versión 30 ítems	15.89	6.51	17.12	5.47	ns	
	Versión 20 ítems	11.16	4.43	12.44	3.86	ns	

TRC: Total de respuestas correctas, ns: diferencia no significativa.

Procedimientos

Los participantes concurren al consultorio del Hospital en horas de la tarde y la batería de test les fue administrada en dos sesiones (separadas por menos de dos semanas) junto con algunos instrumentos experimentales neuropsicológicos que pertenecen a investigaciones paralelas. Los procedimientos empleados han respetado los criterios éticos del comité de bioética del hospital y la Declaración de Helsinki de 1964, enmendada en 1975 y 1983.

Análisis estadístico

El test *U* de Mann-Whitney se aplicó para comparar el rendimiento en PASAT de ambos grupos. Se usó el estadístico *d* de Cohen para calcular los efectos de tamaño de las diferencias entre grupos a partir de las medias del rendimiento y el tamaño de la muestra. Se realizó un análisis de regresión logística para determinar la validez del modelo de predicción del diagnóstico a partir de los puntajes TRC y díadas del PASAT. También se regresó el PASAT considerando variables cognitivas, demográficas y clínicas en un modelo lineal con el método por pasos sucesivos. Estos análisis fueron realizados usando el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para Windows, versión 15.0 (SPSS Inc., Chicago IL, EUA).

Por último, con el objetivo de calcular la sensibilidad de las versiones cortas del test, se dividió la cantidad de verdaderos positivos por la cantidad de verdaderos positivos más los falsos negativos. De la misma forma, para calcular la especificidad se dividió la cantidad de verdaderos negativos por los verdaderos negativos más los falsos positivos. Para esto se tomaron los datos de pacientes cuya *performance* se encontraba por debajo del 7º percentil ($DE = -1.5$) del grupo control.

Resultados

Datos demográficos

Los grupos no se diferenciaron de forma significativa en edad, $t(68) = .86$, $gl = 68$, $p = .39$ ni en escolaridad, $t(68) = .17$, $gl = 68$, $p = .86$. El grupo EM mostró una media de EDSS de 2,95, $DE = 2.26$ y un promedio de años de duración de la enfermedad de 8.79, $DE = 6.96$. Estos datos se muestran en la tabla 1.

Análisis de la performance en PASAT

El PASAT-3 diferenció significativamente el grupo EMRR del grupo control en el TRC, $U = 378$, $Z = -2,714$, $p = .007$. El rendimiento en el PASAT de ambos grupos se muestra en la tabla 2.

Tal como se muestra en la figura 1, en ambos grupos se observa mayor cantidad de díadas —es decir, respuestas consecutivas correctas— que de *chunkings* en PASAT-3. Sin embargo, el porcentaje de *chunkings* fue significativamente mayor en el grupo EMRR, $U = 398$, $Z = -2,478$, $p = ,013$, y el porcentaje de díadas fue mayor para el grupo control, $U = 383$, $Z = -2,647$, $p = ,008$. En el PASAT-2 la cantidad de díadas también es mayor en el grupo control, sin embargo, esta diferencia no alcanzó significación.

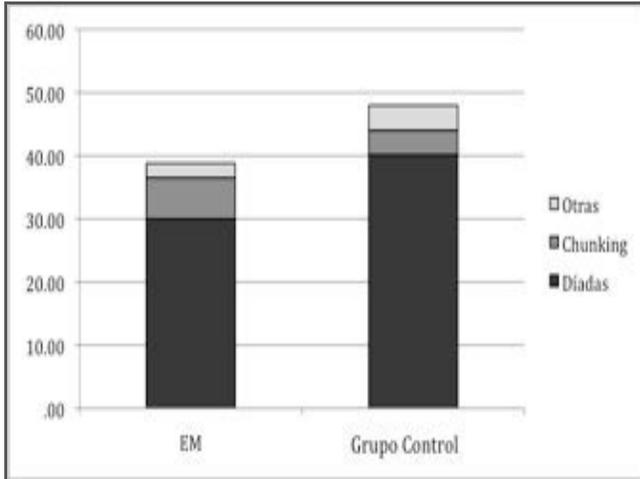


Figura 1. Cantidad de respuestas correctas, díadas y *chunkings* en PASAT-3 según grupo

El efecto de tamaño de estas diferencias fue de moderado a alto para el puntaje TRC (d de Cohen= .79) así como para el porcentaje de díadas (d de Cohen= .60) y de *chunkings* (d de Cohen= .77).

En la regresión logística el puntaje TRC del PASAT-3 clasificó bien al 60% de los casos, identificando el 63,2% de los pacientes de forma correcta. El modelo resultó significativo ($\beta = .931$, $gl = 1$, $p = .004$). El porcentaje de díadas clasificó bien al 64% de los casos, identificando correctamente el 60,5 % de los pacientes. El modelo resultó significativo ($\beta = .969$, $gl = 1$, $p = .023$).

Resultados de regresión lineal múltiple por pasos sucesivos

El TRC del PASAT-3 fue regresado considerando variables cognitivas (memoria, velocidad de procesamiento, atención y memoria de trabajo) con el método por pasos sucesivos. Los predictores Fluencia Fonológica y el TSM recuperación explicaron más de la mitad de la varianza de los puntajes del TRC ($R^2 = .654$), siendo significativo, $F(2, 38) = 22,71$, $p = 0,000$. Tanto Fluencia Fonológica ($\beta = 0,48$, $p = 0,001$) como el TSM recuperación ($\beta = 0,43$, $p = 0,002$) demostraron efectos significativos en el PASAT-3.

En el grupo control las variables Fluencia Fonológica, Símbolo-Dígito y Dígitos Inverso explicaron el 70% del rendimiento en TRC ($R^2 = .708$, $p = .000$).

Por otro lado, los predictores Símbolo-Dígito y Fluencia Fonológica explicaron más de la mitad de la varianza de los puntajes del porcentaje de díadas del PASAT-3 ($R^2 = .650$), siendo significativo, $F(2, 38) = 20,46$, $p = 0,000$. Tanto el Símbolo-Dígito ($\beta = 0,52$, $p = 0,001$) como el Fluencia Fonológica ($\beta =$

$0,46$, $p = 0,002$) demostraron efectos significativos en el PASAT-3.

En el grupo control este análisis arrojó que las categorías completadas en el WCST explica débilmente el rendimiento en PASAT-3, $R^2 = .142$, $\beta = 0,48$, $p = 0,036$.

Versiones cortas del PASAT

Respecto de la versión de 60 ítems del PASAT-3, la versión de 20 ítems demostró una especificidad del 100% y una sensibilidad del 57%. De los 14 pacientes con EMRR con un rendimiento por debajo del 7º percentil en 60 ítems, 5 no fueron detectados a través de 20 ítems.

Asimismo, 30 ítems demostraron una sensibilidad del 85%. De los 14 pacientes con EM con un rendimiento por debajo del 7º percentil en 60 ítems, solo 2 no fueron detectados.

Tanto la versión de 30 ítems como la de 20 ítems del PASAT-3 lograron diferenciar de forma significativa al grupo EMRR del grupo control, $U = 407,5$, $Z = -2,37$, $p = .018$ y $U = 438$, $Z = -2,01$, $p = .044$, respectivamente.

La versión de 30 ítems clasificó bien al 65,7% de los casos, identificando correctamente el 68,4% de los pacientes. El modelo resultó significativo ($B = .969$, $gl = 1$, $p = .023$). La versión de 20 ítems clasificó bien al 60% de los casos, identificando correctamente el 63,2 % de los pacientes. El modelo resultó significativo ($B = .129$, $gl = 1$, $p = .047$).

Discusión

Tal como indica la literatura, el PASAT es un test válido para evaluar deterioro cognitivo en EMRR. Todos los puntajes del test arrojaron tamaños de efecto moderados en la diferenciación de los grupos, coincidiendo con estudios previos (Benedict *et al.*, 2006, Coe *et al.*, 2005, Rao *et al.*, 1991).

Los resultados muestran que los pacientes con EMRR tienden a realizar mayor cantidad de *chunkings* en comparación con personas de su misma edad y escolaridad, replicando el estudio de Fisk & Archibald (2001). Esto indica que no siguen las instrucciones como las personas sanas, con lo cual el puntaje tradicional puede no ser una medida fiable de memoria de trabajo. La media del porcentaje de díadas logradas por pacientes con EMRR en PASAT-3 en el presente estudio fue de 68,74%, similar al 61,8% reportado por Rosti, Hämäläinen, Koivisto & Hokkanen (2006), el 72,5% reportado por Coe *et al.* (2005) y el 77,67% registrado por Parmenter *et al.* (2006). Los puntajes de *chunkings* y díadas pueden ser útiles para observar las estrategias de resolución de la tarea, sin embargo, el puntaje TRC muestra mayor capacidad para discriminar el rendimiento de los pacientes de personas de su misma edad y escolaridad.

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en PASAT-2 en discordancia con estudios previos (Balzano *et al.*, 2006, DeLuca, Johnson & Natelson, 1993, Fisk y Archibald, 2001, Rao *et al.*, 1991). Sin embargo, las muestras de pacientes incluían cursos de evolución progresivos, los cuales típicamente muestran peor rendimiento cognitivo que los pacientes con EMRR (DeLuca *et al.*, 2004, Denney, Linch, Parmenter & Horne, 2004, De Sonneville *et al.*, 2002).

Respecto de las variables predictoras, se encontró que medidas de fluencia y recuperación mnésica explican gran parte del TCR del PASAT-3. La asociación entre este test y medidas de memoria pueden parecer sorprendentes, sin embargo, ya hab-

ían sido reportadas anteriormente con otras medidas (Fisk y Archibald, 2001, con el *California Verbal Learning Test*, Litvan *et al.*, 1988 y Freitas Fuso, Callegaro, Pompéia & Bueno, 2010 con el *Rey Auditory Verbal Learning Test*). En controles, las variables predictoras fueron la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento.

Es bien reconocida la utilidad del PASAT en la detección de deterioro cognitivo en pacientes con EMRR en la versión completa de 60 ítems con intervalos entre estímulos de 3 y 2 segundos (Benedict *et al.*, 2002). Una versión corta reduciría el tiempo de administración así como el estrés que genera. Los datos del presente estudio indican que las versiones cortas del test pueden detectar déficits cognitivos y tienen adecuada especificidad respecto de la versión completa. La sensibilidad de la versión de 30 ítems es mayor que la de 20 ítems. Solari *et al.* (2007) encontraron una sensibilidad para los primeros 20 ítems más alta que la reportada en el presente estudio; sin embargo, ellos calcularon la sensibilidad sobre los datos de aquellos pacientes cuyo rendimiento se encontraba por debajo del 10º percentil de los controles en vez del 7º implementado en este grupo.

En conclusión, los resultados indican que la versión de 30 ítems del PASAT-3 puede ser usada en la práctica clínica para evaluar el deterioro cognitivo.

Referencias

- American Psychological Association. *Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct*. Disponible en <http://www.apa.org/ethics/code/index.aspx>
- Balzano, J., Chiaravalloti, N., Lengenfelder, J., Moore, N. & DeLuca, J. (2006). Does the scoring of late responses affect the outcome of the paced auditory serial addition task (PASAT)? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(8), 819-825.
- Beck, A. T., Steer, R. A. & Brown, G. K. (1996). *Manual for the Beck Depression Inventory-II*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Benedict, R. H. B., Cookfair, D., Gavett, R., Gunther, M., Munschauer, F., Garg, N. & Weinstock-Guttman, B. (2006). Validity of the minimal assessment of cognitive function in multiple sclerosis (MACFIMS). *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12, 549-558.
- Benedict, R. H. B., Fischer, J. S., Archibald, C. J., Arnett, P. A., Beatty, W. W., Bobholz, J. B., *et al.* (2002). Minimal neuropsychological assessment of MS patients: A consensus approach. *The Clinical Neuropsychologist*, 16, 381-397.
- Cáceres, F., Vanotti, S., Gold, L., Rao, S. & Reconem Work Group. (2003). The Reconem Study: Cognitive impairment in Multiple Sclerosis, a National survey in Argentina. *Neurolog*, 60 suppl 1, A 54. Abstract.
- Coo, H., Hopman, W. M., Edgar, C. M., McBride, E. V. & Brunet, D. G. (2005). The Paced Auditory Serial Addition Test: To what extent is it performed as instructed, and is it associated with disease course? *Multiple Sclerosis*, 11, 85-89.
- DeLuca, J., Chelune, G. J., Tulskey, D. S., Lengenfelder, J. & Chiaravalloti, N. D. (2004). Is Speed of Processing or Working Memory the Primary Information Processing Deficit in Multiple Sclerosis? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(4), 550-562.
- DeLuca, J., Johnson, S. K. & Natelson, B. H. (1993). Information processing efficiency in Chronic Fatigue Syndrome and Multiple Sclerosis. *Archives of Neurology*, 50, 301-304.
- Denney, D. R., Lynch, S. G., Parmenter, B. A. & Horne, N. (2004). Cognitive Impairment in Relapsing and Primary Progressive Multiple Sclerosis: Mostly a matter of speed. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10, 948-956.
- De Sonneville, L.M.J., Boringa, J.B., Reuling, I.E.W., Lazeron, R.H.C., Adèr & Polman, C.H. (2002). Information processing characteristics in subtypes of multiple sclerosis. *Neuropsychologia*, 40, 1751-1765.
- Drake, A.S., Weinstock-Guttman, B., Morrow, S.A., Hojnaki, D., Munschauer, F.E. & Benedict, R.H.B. (2010). Psychometric and normative data for the Multiple Sclerosis Functional Composite: Replacing the PASAT with the Symbol Digit Modalities Test. *Multiple Sclerosis*, 16(2), 228-237.
- Fisk, J.D. & Archibald, C.J. (2001). Limitations of the Paced Auditory Serial Addition Test as measure of working memory in patients with Multiple Sclerosis. *Journal of International Neuropsychological Society*, 7, 363-372.
- Forn, C., Belenguer, A., Parcet-Ibars, M. A. & Ávila, C. (2008). Information-processing speed is the primary deficit underlying the poor performance of multiple sclerosis patients in the Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(7), 789-96.
- Freitas Fuso, S., Callegaro, D., Pompéia, S. & Bueno, O.F.A. (2010). Working memory impairment in multiple sclerosis relapsing-remitting patients with episodic memory deficits. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 68(2), 205-211.
- Gronwall, D. (1977). Paced Auditory Serial-Addition Task: A measure of recovery from concussion. *Perceptual and Motor Skills*, 44, 367-373.
- Kurtzke, J.F. (1983). Rating neurological impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). *Neurology*, 33, 1444-1452.
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment* (3 ed.). New York: Oxford University Press.
- Litvan, I., Grafman, J., Vendrell, P. & Martinez, J.M. (1998). Slowed information processing in multiple sclerosis. *Archives of Neurology*, 45, 281-285.
- Miller, G.A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Parmenter, B.A., Shucard, J.L., Benedict R.H.B. & Shucard, D.W. (2006). Working memory deficits in multiple sclerosis: Comparison between the n-back task and the Paced Auditory Serial Addition Test. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12, 677-687.
- Parmenter, B.A., Shucard, J.L. & Shucard, D.W. (2007). Information processing deficits in multiple sclerosis: a matter of complexity. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 417-423.
- Rao, S.M. (1990). *A Manual for the Brief, Repeatable Battery of Neuropsychological Tests in Multiple Sclerosis*. New York: National Multiple Sclerosis Society.
- Rao, S.M., Leo, G.J., Bernardin, L. & Unverzagt, F. (1991). Cognitive dysfunction in multiple sclerosis. I. Frequency, patterns, and prediction. *Neurology*, 41, 685-691.
- Rosti, E., Hämäläinen, P., Koivisto, K & Hokkanen, L. (2006). The PASAT performance among patients with multiple sclerosis: analyses of responding patterns using different scoring methods. *Multiple Sclerosis*, 12, 586-593.
- Rudick, R., Antel, J., Confavreux, C., Cutter, G., Ellison, G., Fischer, J., Lublin, F., Miller, A., Petkau, J., Rao, S., Reingold, S., Syndulko, K., Thompson, A., Wallenberg, J., Weinschenker, B. & Willoughby, E. (1997). Recommendations from the National Multiple Sclerosis Society Clinical Outcomes Assessment Task Force. *Annals of Neurology*, 42(3), 379-382.
- Shucard, J.L., Parrish, J., Shucard, D.W., McCabe, D.C., Benedict, R.H.B. & Ambrus, J. (2004). Working memory and processing speed deficits in systemic lupus erythematosus as measured by the paced auditory serial addition test. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10, 35-45.
- Smith, A. (1982). *Symbol digit modalities test: Manual*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Solari, A., Motta, A., Radice, D. & Mendozzi, L. (2007). A shortened version of PASAT-3 is feasible. *Multiple Sclerosis*, 13, 1020-1025.
- Sperling, R.A., Guttmann, C.R., Hohol, M.J., Warfield, S.K., Jakab, M., Parente, M., Diamond, E.L., Daffner, K.R., Olek, M.J., Orav, E.J., Kikins, R., Jolesz, F.A. & Weiner, H.L. (2001). Regional magnetic resonance imaging lesion burden and cognitive function in multiple sclerosis: a longitudinal study. *Archives of Neurology*, 58, 115-21.
- Spreen, O. & Strauss, E. (1998). *A compendium of neuropsychological tests: administration, norms, and commentary* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.
- Tombaugh, T.N. (2006). A comprehensive review of the Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(1), 53-76.