

Un repaso al paradigma de tarea dual desde la neuropsicología

Autor: Ángel L. Martínez Noguerras

neurobase

PRIMERA PARTE

El tema de las tareas duales va dejando ya de ser una novedad para convertirse en un asunto habitual de estudio y aplicación en el ámbito de la neurorrehabilitación, en general, y en el de la neuropsicología, en particular. En esta entrada haremos un repaso general al paradigma de tarea dual desde la perspectiva de la neuropsicología, es decir, se hará especial hincapié en los aspectos cognitivos que intervienen en la realización de dichas tareas, en contraposición a la mayoría de los artículos publicados sobre tareas duales, cuyas principales variables de estudio suelen ser motoras, tratando a las cognitivas como covariables susceptibles de interferir o modular el desempeño motor de los sujetos de estudio, pero sin profundizar en su estudio ni concretar las posibles variaciones del rendimiento cognitivo al ser modulado, a su vez, por los requerimientos motores de las tareas experimentales.

Empecemos por definir qué es una tarea dual. McIsaac (2015) define las tareas duales como “la realización simultánea de dos tareas que pueden ser realizadas de forma independiente, medidas separadamente, y que tienen distintos objetivos”. Estas pueden consistir en la combinación de tareas emocionales, cognitivas y motoras. No obstante, al revisar la literatura publicada al respecto, el tipo de tarea dual más utilizada es el que combina tareas motoras con cognitivas, que será el que ocupe las líneas que siguen. En cuanto a la población en la que se han estudiado las tareas duales, es tan variada como los tipos de pacientes que vemos día a día en nuestras consultas, por ejemplo, Parkinson (Raffegau et al., 2019), Enfermedad de Huntington (Vaportzis et al., 2015; Fritz et al., 2016), Esclerosis Múltiple (Wajda y Sosnoff, 2015), enfermedad cerebrovascular (Plummer et al., 2013), traumatismo craneoencefálico (Rachal et al., 2019), deterioro cognitivo leve y Alzheimer (Montero Odasso et al., 2017), adultos mayores (Auvinet et al., 2017; Li et al., 2018), e incluso, niños con TDAH (Manicolo et al., 2017).

El valor informativo y clínico de las tareas duales está fuera de toda duda, ya que suponen un acercamiento entre la vida cotidiana y el entorno clínico de nuestras consultas, es decir, añaden validez ecológica a nuestro trabajo. Por ilustrar la idea, lo habitual es que durante el día realicemos tareas que requieran integración entre cognición y movimiento, como, por ejemplo, caminar por la calle atendiendo al tráfico y manteniendo una conversación con quien nos acompaña, o estar andando por el supermercado mientras recordamos los productos que queremos comprar y los discriminamos del resto que están expuestos en las estanterías, y un largo etcétera. Pocas veces,

por no decir ninguna, nos moveremos sin ninguna intención, sin objetivo concreto o desencadenante, o con la cognición en modo *stand by*. Por tanto, ¿Por qué no trasladar esta realidad a la evaluación y rehabilitación neuropsicológica?, ¿Por costumbre o tradición de evaluar a los pacientes sentados?, ¿Por qué sería un objetivo complejo de alcanzar? Ni me voy a molestar en contestar a estas preguntas, la ciencia no se basa en la costumbre.

Como ocurre con otros asuntos en neuropsicología, aún no sabemos muy bien qué mecanismos cerebrales y cognitivos se ponen en marcha durante la realización de una tarea dual. Nótese que la neuropsicología ha dedicado escasos esfuerzos al estudio del movimiento, al menos hasta ahora. Para tratar de esclarecer la relación e influencia mutua entre cognición y movimiento se ha creado el paradigma de tarea dual, que emplea un concepto llamado Interferencia cognitivo-motora (ICM), o Cognitive-motor interference (CMI) en inglés, que ocurre cuando realizamos de forma simultánea una actividad que implica carga cognitiva y motora, y cuyos resultados pueden mostrar un deterioro en el nivel de ejecución en uno de estos dos aspectos, o en ambos, en relación a la ejecución de la tarea cognitiva y motora por separado (Abernethy, 1988). La Interferencia cognitivo-motora se concreta en la medida de Coste de Respuesta (Dual Task Cost), que refleja el porcentaje cambio de una respuesta en condición dual respecto a la simple (figura 1). Que no engañe el término “Coste”, leído así pareciera que siempre se paga un peaje cognitivo o motor al realizar tareas duales, sin embargo, no ocurre siempre así, también puede haber una ganancia en el rendimiento cognitivo y/o motor al realizar una tarea dual con respecto a las tareas simples correspondientes (ver figura 2). Más allá de esto, si revisan la bibliografía podrán comprobar que la gran mayoría de los trabajos centran su atención en el coste de respuesta motor, ignorando la variación en el rendimiento cognitivo, por lo que, en la última parte de esta entrada se abordará esta carencia con datos extraídos de un estudio propio.

$$DTE (\%) = \frac{\pm(\text{dual task} - \text{single task})}{\text{single task}} \times 100$$

Figura 1. Cálculo del coste de respuesta.

Vamos a ir concretando. Un ejemplo de valoración mediante tarea dual es aquella que combina una tarea cognitiva, como restar desde una determinada cifra, con una tarea motora, como caminar una distancia o un tiempo determinado. En este caso, primero se realizan y valoran la tarea cognitiva y motora de forma independiente, y, acto seguido, se añan la marcha y la sustracción en la correspondiente tarea dual, es decir, pasamos a valorar la ejecución del paciente mientras camina y realiza sustracciones en voz alta. De esta forma, podemos valorar la interferencia cognitivo-motora y clasificarla en una de las 9 posibles situaciones que recoge la figura 2, o en

forma de gráfica en la figura 3. También se pueden encontrar trabajos publicados que emplean tareas motoras de equilibrio, de control postural, manipulación manual o bimanual, de tapping, junto a cognitivas como fluidez verbal, tiempos de reacción, memoria, memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, atención selectiva o control de inhibición (Kelly et al., 2012, Leone et al., 2017).

		Cognitive performance		
		No change	Improved	Worsened
Motor performance	No change	No dual-task interference	Cognitive facilitation	Cognitive interference (motor-related)
	Improved	Motor facilitation	Mutual facilitation	Motor-priority trade-off
	Worsened	Motor interference (cognitive-related)	Cognitive-priority trade-off	Mutual interference

Figura 2. Se recogen los 9 posibles resultados de la valoración de un paciente mediante tarea dual, clasificados en función de la ejecución tarea motora y cognitiva en la condición dual respecto a la condición simple. Adaptado de Plummer-D'Amato, et al., 2012.

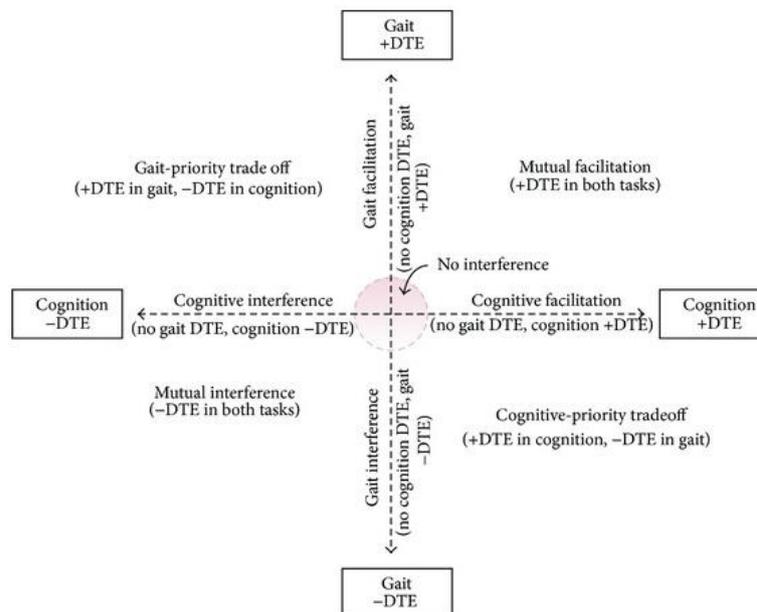


Figura 3. Patrones de interferencia cognitivo-motora. Extraído de Plummer et al., 2014

En general, las teorías que se han propuesto para explicar los posibles mecanismos que subyacen a la realización de tareas duales suelen conceptualizar la interferencia cognitivo-motora como una situación en la que se produciría una competición tanto por los recursos atencionales y ejecutivos como por las vías neurales (recursos cerebrales) encargadas del procesamiento de la información (Leone et al., 2017). Según indican Montero Odasso y Hachinski (2014), el control motor y las funciones ejecutivas podrían compartir redes cerebrales, asociándose la realización de tareas duales a cambios en la activación de la vía motora indirecta y la red fronto-parietal (córtex prefrontal dorsolateral, córtex cingulado, áreas parietales y la ínsula (figura 4) (McIsaac et al, 2018), junto a regiones como la vermis y el lóbulo V del cerebelo, que podrían participar facilitando la integración y la regulación de la actividad de redes cerebrales cognitivas y motoras, con el fin de lograr una actividad neural eficiente y el mantenimiento de un nivel adecuado de ejecución durante la realización de tareas duales (Wu et al., 2013; Gao et al., 2017; Leone et al., 2017). El cerebelo es como el Espíritu Santo, está en todos sitios (Koziol et al., 2014, Caligiore et al., 2017). En cuanto a las teorías explicativas de las tareas duales, las más extendidas son (figura 5): 1) Capacity-Sharing theories; 2) Bottleneck theories; 3) Cross-Talk model; 4) Time-Sharing Hypothesis. Para no incrementar la extensión de este texto no voy a describir cada teoría, pero se pueden consultar en la revisión publicada por Bayot (2018).

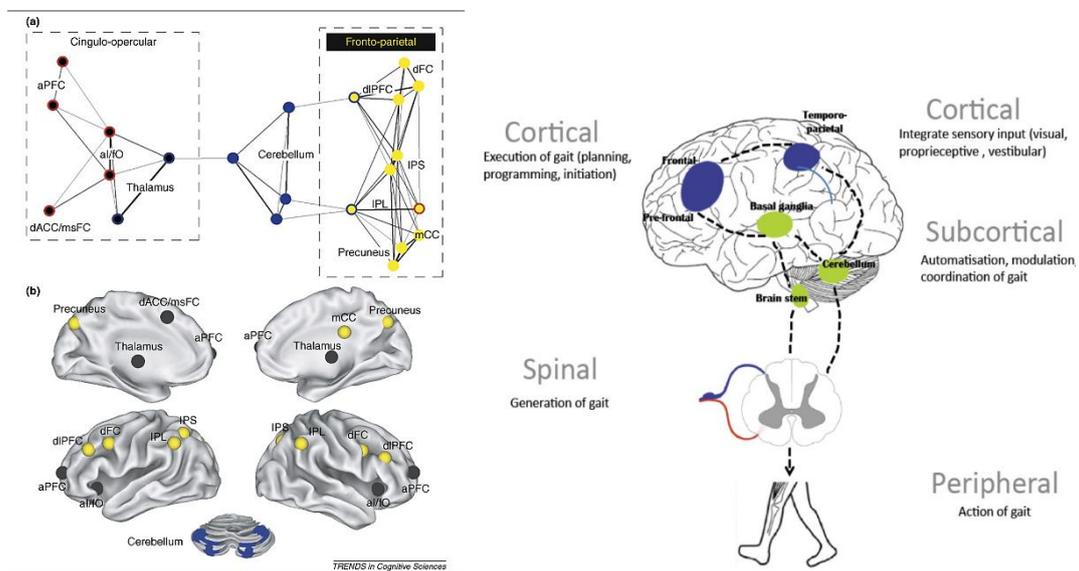


Figura 4. A la izquierda se pueden observar las redes cerebrales fronto-parietal y cíngulo-opercular de control atencional, propuestas por Dosenbach (2008). A la derecha las áreas corticales relacionadas con el control motor (Zhang et al., 2019).

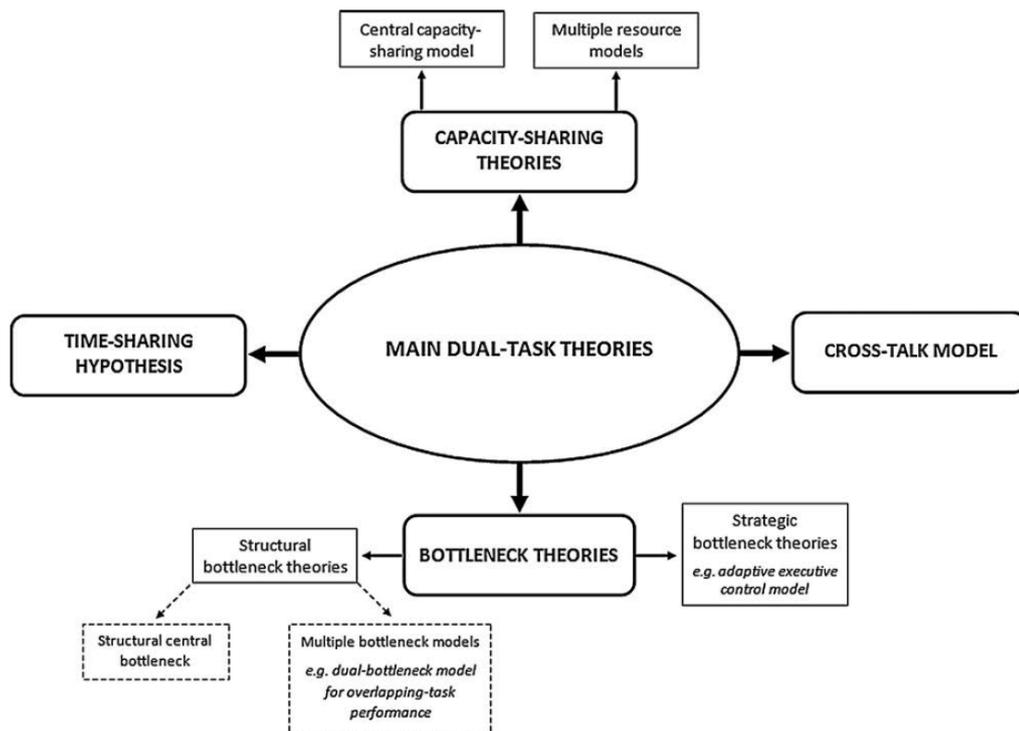


Figura 5. Principales teorías explicativas de las tareas duales, extraído de Bayot et al., 2018.

Llevando el tema de la interferencia cognitivo-motora al día a día de la práctica clínica, debemos tener en cuenta que muchos de nuestros pacientes, junto a los déficits cognitivos, emocionales y conductuales habituales tras un daño cerebral, suelen presentar alteraciones sensitivas del tacto, dolor, temperatura y/o propiocepción, y motoras como parestias, plejias, espasticidad y alteraciones del tono muscular, que repercuten en el control y mantenimiento postural tanto en sedestación, como en bipedestación y durante la marcha, lo que puede complicar sobremanera el análisis de la relación entre cognición y movimiento. Obviamente, dada la naturaleza de las tareas duales, es altamente recomendable diseñarlas y llevarlas a cabo en coordinación entre un equipo de neurorrehabilitación, ya que es necesario un adecuado conocimiento, control y valoración de las variables motoras. En esto es clave la colaboración con un fisioterapeuta especializado en neurofisioterapia. Si tenéis la suerte de trabajar en un verdadero equipo de neurorrehabilitación os encontraréis inmersos en un entorno profesional enriquecido que invita a crecer profesionalmente a los neuropsicólogos, ya que se os pondrá en bandeja de oro traspasar las limitaciones conceptuales y técnicas inherentes a nuestra disciplina, al poder ver al paciente en otro entorno y realizando otro tipo de tareas de neurorrehabilitación. Y si, no me miren así, he dicho limitaciones, todas las disciplinas las tienen, sólo están ahí para acabar con ellas, al igual que con el conocimiento por costumbre.

El control motor depende de forma conjunta y coordinada tanto de procesos automáticos como de procesos de control atencional/ejecutivo voluntarios, de ambos a la vez, y, en función tanto de las demandas de la tarea y del entorno como de las capacidades personales, la balanza se inclina más hacia unos procesos o hacia otros. Por ejemplo, si vas caminando por la calle y cambia la inclinación, la concurrencia de peatones, la profundidad de la conversación, o aparecen escaleras, obstáculos, etc., los procesos cognitivos se coordinan con los motores para ajustar la marcha y la respuesta del sujeto al entorno. Esta capacidad para ajustar y priorizar la participación de unos u otros procesos es clave para desenvolvern de forma segura y efectiva en el día a día. En sujetos sanos estos ajustes cognitivos y motores se producen de forma automática, inmediata y equilibrada o, si la dificultad de la tarea así lo requiriese, se reclutan recursos cognitivos de forma voluntaria, ¿Alguna vez habéis bajado el volumen de la música del coche en el momento de realizar alguna maniobra más complicada? Sin embargo, cuando se produce una lesión cerebral dicha automaticidad, inmediatez y equilibrio se pierden, y procesos cognitivos como atención alternante, flexibilidad cognitiva, control de inhibición, memoria de trabajo, junto a velocidad de procesamiento de la información, incrementan su influencia sobre el control motor (Clark, 2015; Bayot et al., 2018) (figura 6). A lo anterior habría que añadirle la elevada probabilidad de que nuestros pacientes con lesión neurológica presenten déficits en el rendimiento de dichos procesos cognitivos, por lo que pueden ustedes imaginarse la dificultad añadida para desenvolverse en su día a día al tener que poner parte de dichos procesos cognitivos, deficitarios de por sí, también al servicio del control motor. Lo anterior se puede observar en pacientes con daño cerebral que empiezan a dar sus primeros pasos durante el proceso de neurorrehabilitación, verán que caminan casi mirando al suelo, pendientes de cada uno de sus pasos, ignorando el entorno y las instrucciones o conversación del terapeuta, aumentado, a la vez, el consiguiente riesgo añadido de sufrir tropiezos, golpes o caídas (Segev-Jacubovski et al., 2011). O, también en otro tipo de tareas motoras, por ejemplo, durante un ejercicio de entrenamiento del control y posicionamiento del tronco, en las que, al incluir alguna actividad con cierto nivel de carga cognitiva, que supere mínimamente sus capacidades, se puede observar como el paciente pierde la verticalidad o se encorva mientras realiza dicha tarea cognitiva. Literalmente, para lograr el éxito en la tarea de marcha o de control postural el paciente está consumiendo parte de sus limitados recursos atencionales y ejecutivos, lo que a todas luces supone una estrategia escasamente adaptativa. Por tanto, será trabajo del equipo de neurorrehabilitación devolver la fluidez y el equilibrio a la relación entre cognición y movimiento, “reautomatizando” procesos motores y devolviendo los recursos atencionales y ejecutivos a su debido lugar, es decir, a controlar las circunstancias, peligros o situaciones cambiantes del entorno para permitir un óptimo ajuste de la conducta a las contingencias que puedan surgir.

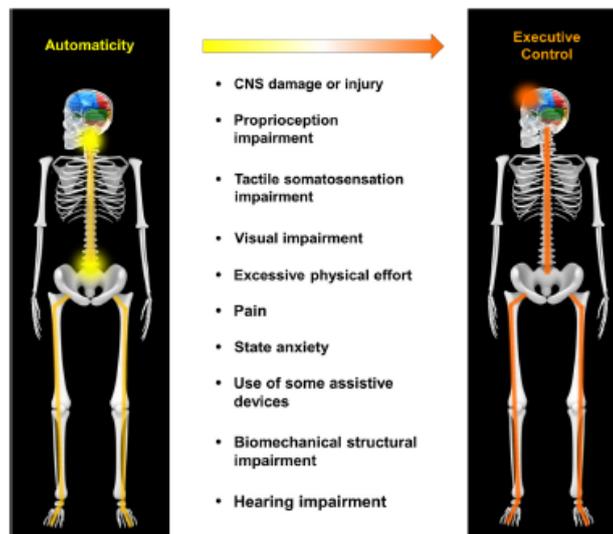


Figura 6. Representación gráfica y factores que conducen a la pérdida de automaticidad en el control motor en favor del ejecutivo. Tomado de Clark (2015).

En las situaciones descritas en el párrafo anterior, más que una competición por recursos cerebrales entre cognición y movimiento, parecería que los recursos cognitivos acudieran al rescate de los motores para permitir, aunque sea, una mínima capacidad de movimiento y funcionalidad del paciente. De hecho, esto me lleva a pensar en el encéfalo como un sistema más colaborativo que competitivo. Tanto de los trabajos sobre tareas duales, como de otros estudios, como, por ejemplo, las investigaciones básicas y aplicadas sobre neuroplasticidad y neurorrehabilitación (Nudo, 2013; Maier et al., 2019), se puede extraer la idea de un cerebro “superviviente”, que más que estar compuesto por sistemas competitivos (véase cognitivo versus motor en tareas duales), conformaría un sistema global que administra y emplea de la mejor forma posible los limitados recursos disponibles en cada momento, no sólo ya para garantizar la supervivencia del individuo, o, al menos, el mejor estado posible de funcionamiento y adaptación al entorno, sino también, la supervivencia fisiológica del tejido cerebral en riesgo de degeneración por la posible desafereenciación y pérdida de función ocasionadas por las lesiones cerebrales (Singh et al., 2018). También creo, sigo en el terreno de la opinión, que la observación del curso de recuperación de los pacientes tras un daño cerebral revela esta cualidad cooperativa, ya que los sistemas afectados/debilitados van recuperando poco a poco parte de su función, y esto no podría ser posible sin la ayuda, o, al menos permisividad, del resto de sistemas que ganaron relevancia y fuerza tras la lesión a costa de los primeros. Por tanto, si hubiera competición en lugar de cooperación, a modo de una jungla donde existiera una feroz competición entre especies o individuos por los recursos disponibles, los sistemas afectados, y, por tanto, más débiles, tendrían muy difícil volver a recuperar tanto su representación neuroanatómica como su función perdida

frente a los sistemas fortalecidos. En dicho caso, la neurorrehabilitación tendría que dirigirse por fuerza y en exclusiva a la compensación de la función y la modificación del entorno, y nunca a la recuperación de la función. Baste con anotar aquí que la rehabilitación neuropsicológica asume entre sus objetivos la recuperación de la función.

Con respecto a su utilidad clínica, hay quien defiende, incluido el que escribe estas líneas, que la incorporación de tareas duales a la evaluación y rehabilitación neuropsicológica podría hacer que estas ganasen en validez ecológica, ya que una capacidad disminuida para realizar tareas duales podría relacionarse con verdaderas dificultades del paciente para llevar a cabo tareas funcionales en su entorno natural, que inevitablemente le plantea actividades motoras con demandas cognitivas (McFayden et al, 2017). Aún queda mucho camino para llegar a estandarizar y dotar de fiabilidad y validez a este tipo de tareas, pero no hay duda de que suponen una vía interesante que explorar para incrementar la validez ecológica de nuestro trabajo. Aunque no me quiero detener en este punto por extender más la entrada, dejo algunas referencias bibliográficas que muestran hacia dónde se dirige la neurorrehabilitación mediante el uso de tareas duales en diversas poblaciones, tanto con daño cerebral sobrevenido como enfermedades neurodegenerativas, o mediante el uso de tecnología como Estimulación Magnética Transcraneal y exergames (Ghai et al., 2017; Liu et al., 2017; Wajda et al., 2017; McIsaac et al., 2018; Werner et al., 2018; Lemke et al., 2019; Goh et al., 2020). Cuando mí día a día me lo permita, escribiré específicamente sobre el uso y evidencia de tareas duales en rehabilitación.

Por último, vamos a mirar más allá del árbol para ver el bosque. En el fondo del cajón conceptual que son las tareas duales se esconde una idea que, aunque moderna y explícitamente compartida por casi todos nosotros, necesita ser sacada a la luz y expuesta abiertamente. Una de las limitaciones más evidentes que lastran el avance en el conocimiento y la atención que prestamos a los pacientes con alteraciones neurológicas es su compartimentalización o despiece clínico. Se estudian déficit sensoriales, sensitivos, motores, cognitivos, de la comunicación, autonómicos, etc., pero aún no hemos creado ni las herramientas ni el tejido asistencial adecuado para su valoración integral. Tomando por valoración integral no sólo el hecho de ser capaces de listar todos y cada uno de estos signos clínicos, sino de establecer relaciones de influencia mutua o bidireccional entre ellos. Por ejemplo, en la valoración y caracterización clínica de pacientes con Esclerosis Múltiple y Parkinson se usan escalas como la Escala Expandida del Estado de Discapacidad (EDSS) y la Clasificación por Estadios de Hoehn y Yahr, respectivamente, que únicamente tienen en cuenta el estado motor del paciente, obviando tanto el estado cognitivo como la repercusión combinada de ambos factores sobre el estado general y la capacidad funcional del paciente. Por otro lado, no es menos cierto que los cada vez más comunes equipos de neurorrehabilitación son el caldo de cultivo propicio para paliar este déficit, y en daño cerebral sobrevenido se avanza a buen ritmo en este sentido, pero en el caso de las enfermedades

neurodegenerativas aún existen serias lagunas y retos que lograr, por ejemplo, a la hora de afinar en el diagnóstico precoz y diferencial, o de caracterizar cada fase, e, incluso, en la predicción y descripción del curso evolutivo de cada enfermedad neurodegenerativa. Respecto a esto último se puede consultar el trabajo de Belghali et al., (2017), donde se revisa la pertinencia del uso de tareas duales para la valoración de pacientes en fase prodrómica de enfermedades como el Parkinson y el Alzheimer, y su valor como marcadores tempranos y pronósticos de la evolución clínica de los pacientes. Por ejemplo, en un estudio longitudinal llevado a cabo por Gillain et al. (2016) se observó por primera vez que, bajo condiciones de tarea dual, aquellos sujetos que mostraban deterioro de la velocidad y variabilidad de la marcha tenían más riesgo de avanzar de DCL a Alzheimer. Y, de forma más concreta, emplear un paradigma de tarea dual que combine tareas de marcha junto a tareas cognitivas de control de inhibición, por un lado, y tareas de marcha y de flexibilidad cognitiva, por otro, podría aportar, respectivamente, valor a la detección de Alzheimer y Parkinson prodrómicos (Belghali et al., 2017) (figura 7). Todo lo anterior son aún ejemplos puntuales, pero dicen mucho sobre el camino que se está iniciando en cuanto a la integración de cognición y movimiento en nuestros protocolos tanto de valoración como de intervención.

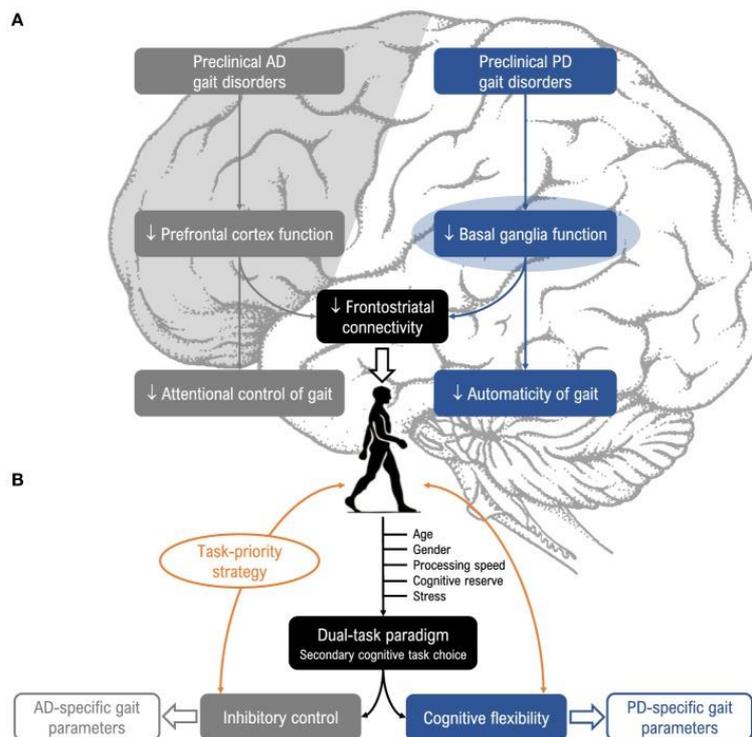


Figura 7. (A) Explicación de las alteraciones de la marcha por disfunción de la corteza prefrontal y del control atencional en Alzheimer preclínico (trastorno cortical de la marcha), y alteraciones de la marcha por disfunción de los ganglios basales y de la automatización en Parkinson preclínico (trastorno cortico-subcortical de la marcha). (B) Diseño de protocolo de evaluación de la marcha mediante paradigma de tarea dual empleando tareas cognitivas concretas (control inhibitorio para Alzheimer y flexibilidad cognitiva para

la Parkinson), teniendo en cuenta la priorización de tareas (efectos de compensación) y los factores conocidos por modular la susceptibilidad a la interferencia de doble tarea (edad, género, velocidad de procesamiento, estrés y reserva cognitiva) (Belghali et al., 2017).

SEGUNDA PARTE

A partir de este punto vamos a ahondar un poco más en la parte clínica y aplicada de las tareas duales, incluyendo una breve descripción de un trabajo propio de investigación. Para no alargar mucho más el texto voy a recurrir a figuras para condensar parte de la información de dicho estudio. En la figura 8 se pueden ver los detalles básicos del método de dicho estudio. Como tarea dual cognitivo-motora le pedimos a los sujetos que anduvieran a lo largo de 10 metros mientras realizaban sustracciones de 7 en 7 desde una cifra concreta, sin indicarles previamente que priorizaran una tarea sobre la otra. En la figura 9 se muestran parte de los resultados del contraste de hipótesis y el cálculo del tamaño del efecto (d de Cohen).

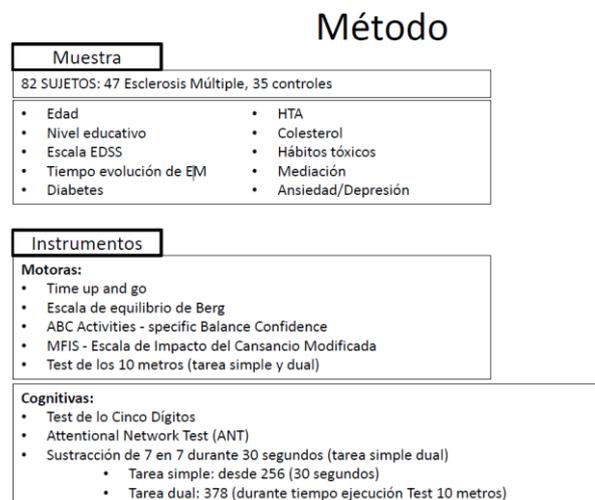


Figura 8. Muestra, variables médicas y sociodemográficas, y batería de pruebas motoras y cognitivas empleadas en el estudio.

Resultados

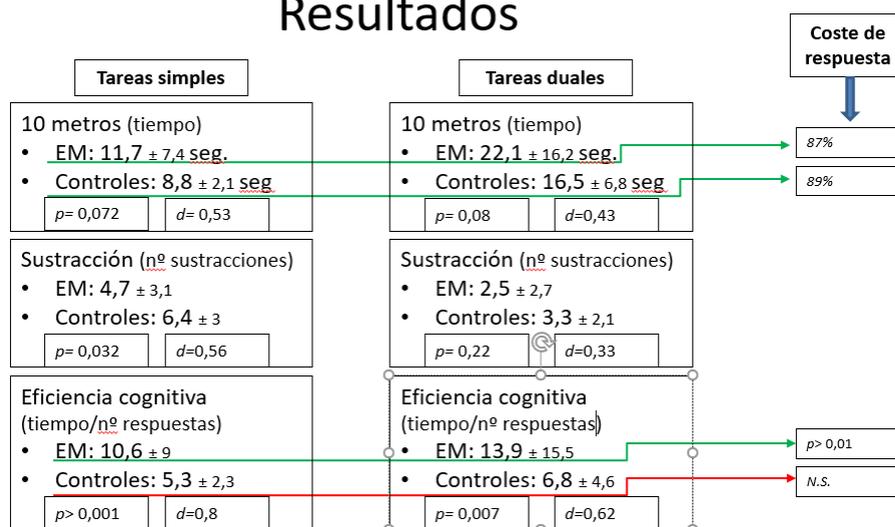


Figura 9. Resultados de los análisis de los contrastes de hipótesis y cálculo del tamaño del efecto (d). También se puede ver el coste de respuesta motora (en la 1^o parte de la entrada expliqué qué es esto).

Pero ¿Qué quieren decir estos números? Lo explicaré de forma breve.

Empiezo por los resultados de la tarea motora y el coste de respuesta. En general, los sujetos con EM caminan más despacio que los controles y tardan más tiempo en recorrer los 10 metros (Test de los 10 metros), pero las diferencias no llegan a ser significativas ($p= 0,072$ en tarea simple, $p= 0.08$ en tarea dual). Además, en sujetos con Esclerosis Múltiple el coste de respuesta es de 87%, es decir, tardan un 87% más de tiempo en realizar la tarea motora (recorrer 10 metros) en condición dual que en condición simple. En sujetos control el coste de respuesta es de 89%. Ambos grupos tienen un coste de respuesta similar, tardan casi el doble de tiempo en recorrer los 10 metros en tarea dual que en tarea simple. Por tanto, realizar una tarea cognitiva mientras caminan hace ralentizar la velocidad de marcha en ambos grupos. Ojo a las desviaciones típicas de ambos grupos, sobre todo a la de EM como indicativo de la posible variabilidad dentro de dicho grupo, esto podría ser un dato interesante.

En cuanto a la tarea cognitiva, nos decantamos por una tarea de sustracción serial de 7 en 7, considerada como una tarea que requiere principalmente participación de la memoria de trabajo (Chen y Bailey, 2020), sin olvidarnos, claro está, del posible papel mediador de la velocidad de procesamiento de la información, ya que el sujeto debe realizar todas las sustracciones que pueda dentro de un tiempo límite. En esta tarea cognitiva los sujetos con EM realizan significativamente menos sustracciones que los controles en tarea simple, 4,7 frente a 6,3 ($p= 0,032$), con un tamaño del efecto medio ($d= 0,56$). En la condición de tarea dual no se puede hacer una comparación directa del número sustracciones entre grupos ya que no cuentan con el mismo tiempo para

realizar la tarea. Si se fijan en los resultados los sujetos con EM realizan la tarea dual en 22,1 segundos, y los sujetos control en 16,5 segundos, luego, los de EM tienen más tiempo para realizar sustracciones. ¿Cómo solucionamos esto para poder comparar ambos grupos? Pues con el cálculo de una medida de eficiencia, o, si me permiten, de eficiencia cognitiva. Esta eficiencia cognitiva, en realidad, es una medida de tasa de respuesta, y se calcula: tiempo/número de respuestas correctas (Zeng et al., 2016), y nos indica el tiempo medio que tarda un sujeto en realizar cada sustracción. Para ilustrarlo, en la figura 8 podemos ver que en tarea dual el grupo EM hace una sustracción cada 13,9 segundos y los controles la hacen cada 6,8 segundos. Teniendo en cuenta lo que acabamos de ver, comparamos la eficiencia cognitiva de ambos grupos y observamos que tanto en tarea simple como en tarea dual los sujetos controles son más eficientes que los de EM, es decir, los controles hacen más sustracciones por unidad de tiempo bajo ambas condiciones ($p < 0,001$, $d = 0,8$; $p < 0,007$, $d = 0,62$, respectivamente) ¡Ojo aquí al tamaño del efecto (d)! Decrece, poco, pero decrece. Aunque hay diferencias significativas entre ambos grupos en las dos condiciones experimentales, estas se reducen un poco en la tarea dual respecto a la simple. En cuanto a la comparación intragrupos, observamos que los sujetos control mantienen un nivel de eficiencia cognitiva similar al comparar entre condición simple y condición dual (*N.S.*), 5,3 sustracciones frente a 6,8, respectivamente. En cambio, en el grupo EM se observa una “penalización” de la eficiencia cognitiva en tarea dual con respecto a la simple ($p < 0,01$), ya que realizan una sustracción cada 13,9 segundos en tarea dual, frente a una sustracción cada 10,6 segundos en tarea simple.

Para resumir, vamos a llevar estos resultados a la figura 2 de la primera parte de esta entrada, aquella donde se recogen los 9 posibles resultados de la valoración de un paciente mediante tarea dual. Según esta tabla, los sujetos controles se encontrarían en Motor Interference, es decir, en tarea dual penalizan la parte motora, pero mantienen el nivel de rendimiento cognitivo que tenían durante la tarea simple. En cambio, los sujetos de EM se encuentran en Mutual Interference, es decir, en tarea dual penalizan tanto la parte motora como la cognitiva respecto a la tarea simple.

		Cognitive performance		
		No change	Improved	Worsened
Motor performance	No change	No dual-task interference	Cognitive facilitation	Cognitive interference (motor-related)
	Improved	Motor facilitation	Mutual facilitation	Motor-priority trade-off
	Worsened	Motor interference (cognitive-related)	Cognitive-priority trade-off	Mutual interference

Figura 10. Clasificación de sujetos controles y EM en la tabla propuesta por Plummer-D'Amato (2012).

Pero ojo, los anteriores resultados pueden llevarnos a equívoco. Hacer comparaciones entre grupos y asumir que los resultados obtenidos están describiendo a todos los sujetos que componen esos grupos puede hacernos subestimar lo que está ocurriendo en realidad, y, como consecuencia, tomar decisiones clínicas en base a resultados que describen la realidad de forma parcial. Al comparar los resultados sujeto a sujeto en la variable eficiencia cognitiva en tarea dual respecto a la tarea simple se descubre lo obvio, que no podemos considerar a todos los sujetos que conforman cada grupo como uniformes, hay diferencias entre ellos. Así, podemos dividir ambos grupos (EM y controles) a su vez en dos subgrupos cada uno, aquellos que mejoran su eficiencia cognitiva en tarea dual respecto a la simple frente a los que empeoran en tarea dual. De forma concreta, el 36,4% de los sujetos de EM y el 43,5% de los controles mejoran su eficiencia cognitiva en tarea dual respecto a la simple. ¡Olé! Pero esto no sólo se observa en pacientes de EM, como muestra de un trabajo con pacientes de TCE en el que estos mejoraron su rendimiento en tareas de memoria de trabajo al hacerlas bajo la condición de tarea dual cognitivo-motora (Useros et al., 2015). Esta particularidad tiene un enorme valor para el ajuste del plan de rehabilitación neuropsicológica, o de neurorrehabilitación, individualizado, ya que hay sujetos cuyos procesos cognitivos parecen rendir mejor cuando están en movimiento que cuando están sentados, es decir, a su cognición le sienta el movimiento. Y lo mejor de todo es que estos resultados no sólo se limitan sólo a trabajos de investigación o estudios con muchos sujetos, en la práctica clínica diaria también podemos encontrarnos con la sorpresa de que un paciente neurológico no rinda bien en tareas atencionales, de fluidez verbal o de memoria de trabajo mientras está sentado, pero si le proponemos una tarea dual cognitivo-motora, es decir, lo levantamos del asiento y le hacemos moverse o caminar por la clínica puede verse incrementado el rendimiento de aquellos procesos cognitivos con respecto a la tarea simple. Hacer investigación N=1 en la clínica es fácil, barato y tremendamente revelador. No voy a extenderme más en esta explicación, pero incluir tareas de paradigma dual en la valoración y rehabilitación de nuestros pacientes ofrece un plus en personalización del plan de intervención, y, cómo no, en la tan ansiada validez ecológica de nuestro trabajo (Schaefer, 2014; McFadyen et al., 2017; Janouch et al., 2018)

En vista de lo anterior, rescatamos de nuevo la figura 2 y la completamos con los porcentajes de sujetos que mejoran su rendimiento cognitivo en condición dual, o, según la clasificación de Plummer-D'Amato (2012) con los porcentajes de aquellos sujetos que experimentan una facilitación cognitiva durante la realización de una tarea dual respecto a una tarea simple.

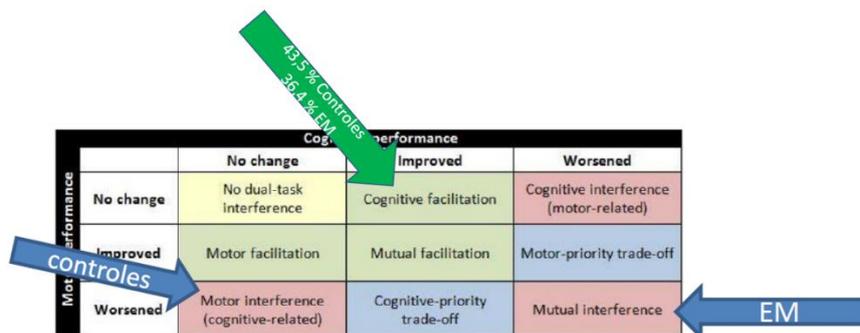


Figura 11. En la flecha verde se observa el porcentaje de sujetos que experimentan facilitación cognitiva.

La siguiente pregunta está a huevo, ¿Qué factores determinan que unos sujetos mejoren y otros empeoren su eficiencia cognitiva en la condición dual? Lo vemos con una serie de análisis de regresión multivariada, pero sólo incluiré los del grupo de Esclerosis Múltiple. En este punto hay que señalar que los grupos son pequeños para que los resultados de las regresiones lineales sean fiables, pero como es lo que hay, los hago igualmente y tomaremos estos resultados como una posible hipótesis de trabajo más que como algo definitivo. En realidad, nunca hay nada definitivo en nuestro trabajo. Ahí van los resultados de los análisis de regresión:

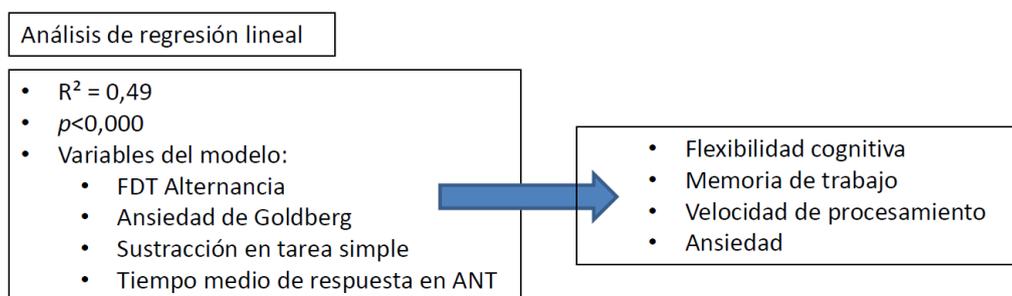


Figura 12. Resultados de los análisis de regresión lineal multivariada en el grupo de EM. Procesos cognitivos como flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo, más la velocidad de procesamiento de la información y la ansiedad, explican hasta el 49% de la variabilidad de los resultados en las tareas duales.

Un breve apunte sobre los resultados de la regresión lineal. Podría llamar nuestra atención que ni la edad, ni la escala EDSS, ni ninguna variable motora formen parte de los modelos de regresión que explican los resultados en las tareas duales. Lo anterior, como poco, me lleva a plantear un par de cuestiones. Por un lado, una muy obvia, podemos ver que el deterioro de la capacidad de realizar tareas duales cognitivo-motoras observado en pacientes con EM no está asociado al

avance de la edad, es decir, puede ocurrir incluso en pacientes jóvenes. Esto, en cierto modo, era esperable, ya que el deterioro de las funciones cognitivas y/o motoras consideradas por separado tampoco depende de la edad de los pacientes. Por otro lado, la escala EDSS recoge una impresión muy general del estado del paciente, hecho que atañe especialmente a la estimación del estado cognitivo. Tal y como se puede comprobar al revisar la bibliografía sobre el papel de la cognición en la realización de las tareas duales, siempre se suele hacer referencia a un grupo muy concreto de procesos cognitivos, cuyo estado particular no tendrían porqué ser reflejo del estado del resto de procesos y funciones cognitivas ni del estado cognitivo global. De ahí que no me sorprenda que la EDSS quede fuera de los modelos de regresión en este trabajo. Por último, en los modelos de regresión tampoco aparecen variables motoras. Parece que el peso en la realización eficiente de tareas duales cognitivo-motoras recae especialmente en las capacidades cognitivas que posea cada sujeto.

Reconduciendo el tema, ya tenemos unos posibles procesos cognitivos que pueden subyacer a la realización de tareas duales. El siguiente paso es encuadrarlos en algún modelo teórico de referencia que nos confiera algo de orden para poder trabajar con ellos. Creo que un modelo que nos podría ser útil en este caso es el de control atencional propuesto por Ríos, Periañez y Muñoz-Céspedes (2004), ya que integra o conecta procesos cognitivos de alto nivel (flexibilidad, inhibición y memoria de trabajo, más velocidad de procesamiento) implicados en el control de la atención y la conducta en situaciones complejas, como puede ser el caso de las tareas duales. Obviamente, no podemos olvidar los aspectos más básicos de la atención como la focalización, mantenimiento, selección, alternancia y división, pero creo que el meollo de la cuestión cognitiva en las tareas duales se encuentra en eso que conocemos como control ejecutivo o control cognitivo (ambos términos se suelen usar de forma equivalente). A modo de aclaración, dicho control cognitivo no sería una función cognitiva como tal, sino que emergería en un momento concreto mediante la interacción puntual de procesos cognitivos como memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva, monitorización, resolución de conflicto, inhibición y 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, o, en situaciones que requieran un incremento significativo de la cantidad de recursos cognitivos o cerebrales para su resolución. Os dejo la referencia a un manual sobre control cognitivo por si queréis leer sobre el tema (Egner, 2017).

Como complemento al modelo de control atencional, y para una mejor comprensión de lo que puede estar subyaciendo mientras realizamos tareas duales, podemos incorporar otros modelos atencionales, como, por ejemplo, un Modelo de capacidad o recursos limitados como el que plantea Kahneman (1973), que viene a proponer que cuando nos enfrentamos a más de una tarea, los recursos atencionales disponibles por el sujeto han de ser distribuidos entre las tareas a

resolver. Si no se dispone de recursos suficientes para distribuirlos, el resultado puede ser que una tarea se haga bien y la otra no se haga o su nivel de realización decaiga, es decir, que una de las tareas interfiera en la otra (figura 14). Vale, según este modelo, podemos sospechar que el rendimiento de los pacientes neurológicos en tareas duales será inferior a su rendimiento en tareas simples, ya que tendrán que distribuir unos recursos atencionales, cognitivos y cerebrales merendados, y, efectivamente, se ha observado este efecto en numerosas publicaciones. Sin embargo, los datos también nos dicen que en ciertas ocasiones puede ocurrir lo contrario, es decir, que el rendimiento cognitivo mejore en situaciones en las que supuestamente se deben distribuir estos escasos recursos. Esto me lleva a preguntarme, ¿Estamos midiendo mal o infravalorando los recursos cognitivos de algunos de nuestros pacientes? ¿La evaluación neuropsicológica mediante tareas simples (como los test que usamos) puede estar ofreciendo un punto de vista parcial o sesgado de las verdaderas capacidades cognitivas del paciente? No puedo responder a estas preguntas con seguridad, pero de lo que sí que estoy seguro es de que podemos mejorar el proceso de evaluación desde el punto de vista técnico y de las herramientas que usamos ¿Existe algún mecanismo cognitivo concreto, aislable y medible que se active momentáneamente con el fin de regular la distribución de recursos cognitivos en función de los requerimientos o exigencias de una tarea? Si, el proceso de control cognitivo o ejecutivo. Más preguntas, ¿Evaluamos bien este proceso de control cognitivo en nuestras evaluaciones neuropsicológicas? En parte si y en parte no, ya que somos capaces de evaluar sus procesos constituyentes uno a uno, pero no terminamos de integrar el significado o contribución parcial de cada uno de ellos en el proceso global, es decir, en el control cognitivo. Como el que se deja llevar plácidamente por la corriente, aún persiste la tendencia a tomar los procesos cognitivos como si funcionaran aislados los unos de los otros. Si, afirmo lo anterior porque lo creo y, aunque sabemos o decimos lo contrario, aún interpretamos la cognición como un muro compuesto por ladrillos independientes sin llegar a comprender el efecto conjunto que ejercen todos los ladrillos y el cemento que lo componen sobre la estabilidad y la función del mismo. El todo es más que la suma de sus partes. Continuo con más preguntas, ¿Podría ser que ante el intento de resolución de una tarea dual, más exigente que la simple, ocurra un reclutamiento extra de recursos cognitivos y/o cerebrales que facilite el rendimiento o capacidad de respuesta del paciente? Algo así como un mecanismo compensatorio, o un toque a zafarrancho que ponga en marcha todos los recursos disponibles para evitar un fracaso, ¡Todos a una, por lo que pueda pasar! ¿Podría esta capacidad/incapacidad de reclutar recursos extra ante las variaciones en la exigencia de una tarea ser una medida fiable del estado cognitivo y cerebral de nuestros pacientes? Muchas preguntas y pocas certezas, aunque me gustaría pensar que la respuesta a esta última pregunta es si. No me malentiendan con todo lo que acabo de exponer, no pretendo decir que Kahneman o los Modelos de recursos limitados estén equivocados, sino que, quizás, la forma que tenemos de medir los recursos cognitivos de un paciente no sea todo lo exhaustiva que creemos que es y que, probablemente, nunca veamos los

verdaderos recursos que posee un paciente si no le planteamos tareas que así se lo exijan. Algo así como la ley del mínimo esfuerzo o una ley de economía cognitiva. Por cierto, el libro “Attention and effort” de Kahneman (1973) se puede descargar de forma gratuita y legal en internet.

Si os interesa el tema, también podéis revisar la propuesta de Wickens desde los Modelos de capacidades múltiples o recursos específicos (Wickens, 1991), quien dice que, si los recursos demandados por dos tareas exceden a los disponibles, bien porque ambas tareas demanden recursos del mismo tipo o bien porque compartan la misma fuente de recursos, se producirá la sobrecarga mental y la eficacia en la ejecución disminuirá. Si, por el contrario, cada tarea utiliza una fuente de recursos diferente, la dificultad de la tarea no influirá en la ejecución. Wickens habla de recursos diferentes, y en la realización de tareas duales cognitivo-motoras parecería que ambas tareas son muy diferentes (y lo son) y que no tendrían por qué consumir recursos del mismo tipo, pero si volvemos a la primera parte de la entrada podremos ver que sí que pueden estar compartiendo recursos, al menos recursos cerebrales. Aquí, al igual que en los modelos de recursos limitados, el hecho de compartir recursos no garantiza la sobrecarga mental, o, al menos, en algunas ocasiones y pacientes si, y en otras no. En fin, revisar la propuesta de Wickens también puede aportar algo a la comprensión de los procesos o capacidades que subyacen a la realización simultánea de dos tareas, y, además, introduce un aporte interesante, el de la dificultad de la tarea o tareas que se realizan de forma simultánea, cuestión que nos va a ayudar a enlazar con la siguiente aportación a la comprensión y manejo de tareas duales, la de McIsaac.

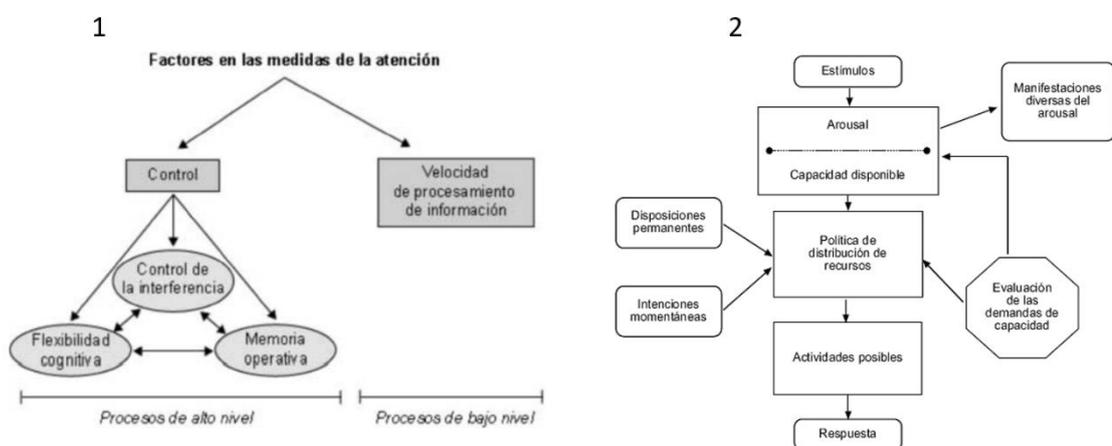


Figura 13. 1-Modelo de control atencional de Ríos, Perriñez y Muñoz-Céspedes (2004). 2- Modelo atencional de capacidad o recursos limitados de Kahneman (1973).

Bien, como ya dije más arriba, tenemos controlados un grupo de procesos cognitivos que podrían facilitar la realización de tareas duales cognitivo-motoras. No obstante, estos procesos cognitivos tan sólo son los primeros mimbres sobre los que armar un buen plan de rehabilitación neuropsicológica o de neurorrehabilitación complementado con tareas duales, necesitamos algo más. Antes de seguir con ese algo más, voy a remarcar lo de complementado. Las tareas duales son una herramienta más de entre todas las que tenemos a nuestra disposición durante el proceso de evaluación y de neurorrehabilitación, que, por añadido, debe ser incorporada en su justo momento y medida. Hablo por experiencia propia, si las tareas duales se incorporan demasiado pronto en el curso evolutivo del paciente, es decir, cuando este aún no ha alcanzado unos requisitos motores y/o cognitivos suficientes, plantearle tareas duales tan sólo servirá para saturar una y otra vez al sistema, sin darle opción a incorporar nuevas estrategias, aprendizajes o logros. También creo que si las incorporamos demasiado tarde estaremos retrasando la adquisición de las habilidades básicas, aunque complejas, necesarias para el desempeño funcional, eficiente y eficaz del paciente en su entorno. Por el anterior motivo, las tareas duales son un ejemplo perfecto del trabajo transdisciplinar de los equipos de neurorrehabilitación, a la vez que un buen termómetro del nivel de madurez de los mismos. Retomo el asunto de ese “algo más”, que no es otra cosa que la sistematización, la planificación y la medición de los resultados de nuestra intervención, que, no nos equivoquemos, no sólo son cuestiones propias de la investigación, también lo son de la práctica clínica en rehabilitación de pacientes neurológicos. En un intento de organizar la incorporación de tareas duales a la neurorrehabilitación McIsaac et al., (2015) proponen una clasificación de las mismas basada en dos parámetros relacionados con la tarea, la novedad (la experiencia previa del sujeto con la tarea) y la dificultad (las restricciones propias de la tarea y las del entorno), tanto desde el punto de vista cognitivo como del motor (figura 15). Esta idea o clasificación tan sencilla nos puede ser tremendamente útil si la llevamos un paso más allá. Podemos crear un plan de rehabilitación que incluya tareas duales organizadas de forma jerárquica según su novedad y dificultad, pero, además, podemos desgranar cada una de esas tareas novedosas y complejas en sus requerimientos cognitivos y motores básicos, para así, junto a la lista de tareas duales planificadas incluir los requerimientos básicos, medibles y objetivables de cada una de ellas. Imaginad una lista o tabla de tareas organizada jerárquicamente de menor a mayor dificultad, acompañada de sus requisitos motores y cognitivos también organizados jerárquicamente. Dicha tabla nos servirá para visualizar y controlar la adquisición de hitos concretos y para situar al paciente en un continuo dentro de su evolución cognitiva, motora y funcional. Como actividad extra podemos incorporar al cuadro o clasificación de tareas duales la idea de Bayot et al (2018) quienes proponen completar dicha clasificación con un índice que refleje el grado de similitud de las estructuras neuronales requeridas para realizar cada tarea.

Type of task(s)	Task novelty	Task complexity	
		Low	High
Single motor	Low	Drinking a cup of water	Walking with a cup of water* (i.e., transporting)
	High	Propelling a wheelchair	Walking with forearm crutches
Single cognitive	Low	Reciting the alphabet*	Calculating subtractions*
	High	Reciting alternating letters of the alphabet*	Paced auditory serial addition task (PASAT)
Dual motor-motor	Low	Drinking a cup of water while writing a note with the other hand	Walking while texting on a cell phone*
	High	Tapping the foot as fast as possible while drawing a 6-pointed star	Unicycling on a college campus while juggling*
Dual cognitive-motor (1)	Low	Standing on one foot while saying the alphabet	Walking over obstacles while naming the people in your family
	High	Standing on one foot while performing word generation task	Walking over obstacles while subtracting by 7's
Dual cognitive-motor (2)	Low	Pointing to a target as fast as possible* while counting to 100	Transferring coins between pockets* while subtracting by 3's
	High	Using a sock aid while naming all the clothing you might find in a closet	Juggling while subtracting by 7's

(1) Novelty of cognitive task changes while complexity of motor task changes.
(2) Novelty of motor task changes while complexity of cognitive task changes.
*Tasks used in dual task studies cited in text.

Figura 14. Clasificación y ejemplos de tareas duales (McIsaac et al., 2015).

Antes de acabar también debo señalar que no todo es fiesta y alegría en la casa de las tareas duales. El uso de tareas duales durante la evaluación y/o la posterior rehabilitación adolece de una significativa falta de estandarización, es decir, por el momento, no contamos con protocolos de uso de tareas duales suficientemente bien contrastados en el campo de la neurorrehabilitación. Esto supone que cada cual las aplica a sus pacientes o sujetos de estudio de la forma que a su entender puede ser la más adecuada, unos con más orden y acierto que otros. No son pocas las publicaciones al respecto que concluyen que, aunque el uso de tareas duales puede resultar en una mejora del estado cognitivo, motor y funcional de pacientes con alteraciones neurológicas, no se pueden hacer recomendaciones en firme sobre su modo de aplicación ni sobre su utilidad debido a la gran variabilidad y debilidad metodológica de muchos de los estudios publicados sobre este tema. En este sentido, la casuística de los estudios publicados sobre tareas duales no difiere en nada de la del resto de publicaciones sobre neurorrehabilitación, es decir, se observa una enorme variabilidad en cuanto a diseños experimentales, tamaños muestrales, características de las muestras, o duración, frecuencia e intensidad de las intervenciones (Fritz et al., 2015; Lauenroth et al., 2016; Yang et al., 2017; De Freitas et al., 2018; He et al., 2018). Entonces, ¿Debo dejar de usar o no empezar a usar tareas duales con mis pacientes? ¿Supone esto un contratiempo insalvable? No diría tanto como insalvable ni que nos impida aplicar tareas duales en nuestro trabajo diario, pero si es lo suficientemente significativo como para que hagamos las cosas con cautela y previa revisión del estado del arte. Con “cosas” me refiero a la incorporación de las

tareas duales al plan de neurorehabilitación, claro. A corto plazo la variabilidad metodológica de los trabajos publicados puede resultar algo desconcertante, ya que no sabes bien a qué atenerte en tu trabajo diario, pero, a largo plazo, cuando se acumulen más conocimientos firmes sobre las tareas duales, creo que será positivo, ya que tendremos diversos puntos de vista o metodologías de aplicación bien respaldadas por la evidencia. Lo de la debilidad metodológica de algunos estudios sí que es un contratiempo, ya que emborrona los datos disponibles y hace más tedioso el cribado de los trabajos a revisar. En cualquier caso, aunque aún exista algo de desorden o desacuerdo sobre este asunto, no es menos cierto que los datos acumulados sobre las tareas duales van sumando evidencia a favor tanto sobre su efectividad como sobre su modo de aplicación en el campo de la neurorehabilitación.

En definitiva, las tareas duales son una herramienta útil y que pueden encajar como un guante con los principios básicos que rigen el diseño de las tareas de neurorehabilitación, como repetición con variabilidad, dificultad creciente, aprendizaje significativo, entrenamiento en tareas específicas, posibilidad de medición de los resultados, funcionalidad e intervención en equipo. Las tareas duales son ya una realidad en neurorehabilitación y han llegado para quedarse, no me cabe la menor duda. No obstante, aún quedan por salvar importantes retos como, por ejemplo, la creación de protocolos de evaluación exhaustivos y contrastados que nos permitan detectar y valorar los factores cognitivos y motores, junto a los cerebrales y los propios de cada patología neurológica, que puedan mediar en el rendimiento de nuestros pacientes en la realización de tareas duales. También nos queda por concretar cuáles de aquellos factores determinan que un paciente se pueda beneficiar de la inclusión de tareas duales en su plan de neurorehabilitación y cuál es el momento evolutivo y la intensidad adecuadas para incorporarlas. Y, por último, sería un punto crucial contar con protocolos de aplicación de tareas duales estandarizados y respaldados firmemente por la evidencia, aunque, obviamente, sin el perjuicio de la aplicación personalizada y ajustada a las características únicas de cada paciente, faltaría más. Si conseguimos poner en orden todo esto estaremos en disposición de crear programas de neurorehabilitación ajustados a las capacidades cognitivo-motoras de cada paciente de forma mucho más precisa, y, por tanto, de acercarnos a una rehabilitación más ecológica e impregnada de funcionalidad.

Gracias a Nieves Revert Alcántara (neuropsicóloga), Ángela Ruíz López, Raquel Martos Bolívar y Reyes Boza Jiménez (fisioterapeutas) por su contribución a este trabajo.

Bibliografía

- Abernethy, B. (1988). Dual-task methodology and motor skills research: some applications and methodological constraints. *Journal of Human Movement Studies*, 14(3), 101-132.
- Auvinet, B., Touzard, C., Montestruc, F., Delafond, A., & Goeb, V. (2017). Gait disorders in the elderly and dual task gait analysis: a new approach for identifying motor phenotypes. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 14(1), 7.
- Bayot, M., Dujardin, K., Tard, C., Defebvre, L., Bonnet, C. T., Allart, E., & Delval, A. (2018). The interaction between cognition and motor control: A theoretical framework for dual-task interference effects on posture, gait initiation, gait and turning. *Neurophysiologie Clinique*.
- Belghali, M., Chastan, N., Davenne, D., & Decker, L. M. (2017). Improving Dual-Task Walking Paradigms to Detect Prodromal Parkinson's and Alzheimer's Diseases. *Frontiers in neurology*, 8, 207. <https://doi.org/10.3389/fneur.2017.00207>
- Belghali M, Chastan N, Cignetti F, Davenne D, Decker LM. Loss of gait control assessed by cognitive-motor dual-tasks: pros and cons in detecting people at risk of developing Alzheimer's and Parkinson's diseases. *Geroscience*. 2017;39(3):305–329. doi:10.1007/s11357-017-9977-7.
- Caligiore, D., Pezzulo, G., Baldassarre, G., Bostan, A. C., Strick, P. L., Doya, K., ... & Lago-Rodriguez, A. (2017). Consensus paper: towards a systems-level view of cerebellar function: the interplay between cerebellum, basal ganglia, and cortex. *The Cerebellum*, 16(1), 203-229.
- Canning, C. G., Ada, L., & Paul, S. S. (2006). Is automaticity of walking regained after stroke? *Disability and Rehabilitation*, 28(2), 97-102.
- Chen, E. H., & Bailey, D. H. (2020). Dual-task studies of working memory and arithmetic performance: A meta-analysis. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 10.1037/xlm0000822. Advance online publication. doi:10.1037/xlm0000822
- Clark, D. J. (2015). Automaticity of walking: functional significance, mechanisms, measurement and rehabilitation strategies. *Frontiers in human neuroscience*, 9, 246.
- De Freitas, T. B., Leite, P. H. W., Doná, F., Pompeu, J. E., Swarowsky, A., & Torriani-Pasin, C. (2018). The effects of dual task gait and balance training in Parkinson's disease: a systematic review. *Physiotherapy theory and practice*, 1-9.

- Dosenbach, N. U., Fair, D. A., Cohen, A. L., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in cognitive sciences*, 12(3), 99-105.
- Egner, T. (Ed.). (2017). *The Wiley handbook of cognitive control*. John Wiley & Sons.
- Fritz, N. E., Cheek, F. M., & Nichols-Larsen, D. S. (2015). Motor-Cognitive Dual-Task Training in Persons with Neurologic Disorders: A Systematic Review. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 39(3), 142–153. doi:10.1097/NPT.0000000000000090.
- Fritz, N. E., Hamana, K., Kelson, M., Rosser, A., Busse, M., & Quinn, L. (2016). Motor-cognitive dual-task deficits in individuals with early-mid stage Huntington disease. *Gait & posture*, 49, 283-289.
- Gao, L., Zhang, J., Hou, Y., Hallett, M., Chan, P., & Wu, T. (2017). The cerebellum in dual-task performance in Parkinson's disease. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.
- Ghai, S., Ghai, I., & Effenberg, A. O. (2017). Effects of dual tasks and dual-task training on postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Clinical interventions in aging*, 12, 557.
- Goh, H. T., Connolly, K., Hardy, J., McCain, K., & Walker-Batson, D. (2020). Single session of repetitive transcranial magnetic stimulation to left dorsolateral prefrontal cortex increased dual-task gait speed in chronic stroke: a pilot study. *Gait & Posture*.
- He, Y., Yang, L., Zhou, J., Yao, L., & Pang, M. Y. C. (2018). Dual-task training effects on motor and cognitive functional abilities in individuals with stroke: a systematic review. *Clinical Rehabilitation*, 32(7), 865-877.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kelly, V. E., Eusterbrock, A. J., & Shumway-Cook, A. (2012). A review of dual-task walking deficits in people with Parkinson's disease: motor and cognitive contributions, mechanisms, and clinical implications. *Parkinson's Disease*, 2012.
- Koziol, L. F., Budding, D., Andreasen, N., D'Arrigo, S., Bulgheroni, S., Imamizu, H., Ito, M., Manto, M., Marvel, C., Parker, K., Pezzulo, G., Ramnani, N., Riva, D., Schmahmann, J., Vandervort, L., & Yamazaki, T. (2014). Consensus paper: the cerebellum's role in movement and cognition. *Cerebellum* (London, England), 13(1), 151–177. <https://doi.org/10.1007/s12311-013-0511-x>.
- Lauenroth, A., Ioannidis, A. E., & Teichmann, B. (2016). Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review. *BMC geriatrics*, 16(1), 141.

- Lemke, N. C., Werner, C., Wiloth, S., Oster, P., Bauer, J. M., & Hauer, K. (2019). Transferability and sustainability of motor-cognitive dual-task training in patients with dementia: a randomized controlled trial. *Gerontology*, 65(1), 68-83.
- Leone, C., Feys, P., Moumdjian, L., D'Amico, E., Zappia, M., & Patti, F. (2017). Cognitive motor dual-task interference: A systematic review of neural correlates. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 75, 348–360.
- Liu, Y. C., Yang, Y. R., Tsai, Y. A., & Wang, R. Y. (2017). Cognitive and motor dual task gait training improve dual task gait performance after stroke-A randomized controlled pilot trial. *Scientific reports*, 7(1), 1-8.
- Maier, M., Ballester, B. R., & Verschure, P. (2019). Principles of Neurorehabilitation After Stroke Based on Motor Learning and Brain Plasticity Mechanisms. *Frontiers in systems neuroscience*, 13, 74. doi:10.3389/fnsys.2019.00074.
- Manicolo, O., Grob, A., & Hagmann-von Arx, P. (2017). Gait in children with attention-deficit hyperactivity disorder in a dual-task paradigm. *Frontiers in psychology*, 8, 34.
- McFadyen, B. J., Gagné, M. È., Cossette, I., & Ouellet, M. C. (2017). Using dual task walking as an aid to assess executive dysfunction ecologically in neurological populations: A narrative review. *Neuropsychological Rehabilitation*, 27(5), 722–743.
- McIsaac, T. L., Lamberg, E. M., & Muratori, L. M. (2015). Building a framework for a dual task taxonomy. *BioMed research international*, 2015.
- McIsaac, T. L., Fritz, N. E., Quinn, L., & Muratori, L. M. (2018). Cognitive-Motor Interference in Neurodegenerative Disease: A Narrative Review and Implications for Clinical Management. *Frontiers in psychology*, 9, 2061. doi:10.3389/fpsyg.2018.02061
- Montero-Odasso, M., & Hachinski, V. (2014). Preludes to brain failure: executive dysfunction and gait disturbances. *Neurological Sciences*, 35(4), 601-604.
- Montero-Odasso, M. M., Sarquis-Adamson, Y., Speechley, M., Borrie, M. J., Hachinski, V. C., Wells, J., Riccio, P. M., Schapira, M., Sejdic, E., Camicioli, R. M., Bartha, R., McIlroy, W. E., & Muir-Hunter, S. (2017). Association of Dual-Task Gait With Incident Dementia in Mild Cognitive Impairment: Results From the Gait and Brain Study. *JAMA neurology*, 74(7), 857–865. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2017.0643>
- Nudo, RJ (2013). Recuperación después de una lesión cerebral: mecanismos y principios. *Fronteras en neurociencia humana*, 7, 887.

- Plummer-D'Amato, P., Brancato, B., Dantowitz, M., Birken, S., Bonke, C., & Furey, E. (2012). Effects of gait and cognitive task difficulty on cognitive-motor interference in aging. *Journal of aging research*, 2012.
- Plummer, P., Villalobos, R. M., Vayda, M. S., Moser, M., & Johnson, E. (2014). Feasibility of dual-task gait training for community-dwelling adults after stroke: a case series. *Stroke research and treatment*, 2014.
- Plummer, P., Eskes, G., Wallace, S., Giuffrida, C., Fraas, M., Campbell, G., Clifton, K., Skidmore, E. R., & American Congress of Rehabilitation Medicine Stroke Networking Group Cognition Task Force (2013). Cognitive-motor interference during functional mobility after stroke: state of the science and implications for future research. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(12), 2565–2574.e6. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.08.002>.
- Rachal, L., Swank, C., Trudelle-Jackson, E., & Driver, S. (2019). Reliability and clinical feasibility of measuring dual-task gait in the inpatient rehabilitation setting following traumatic brain injury. *Physiotherapy theory and practice*, 35(12), 1336-1342.
- Schaefer, S. (2014). The ecological approach to cognitive–motor dual-tasking: findings on the effects of expertise and age. *Frontiers in psychology*, 5, 1167.
- Ríos, M., Periañez, J. A., & Muñoz-Céspedes, J. M. (2004). Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain injury*, 18(3), 257-272.
- Segev-Jacobovski, O., Herman, T., Yogev-Seligmann, G., Mirelman, A., Giladi, N., & Hausdorff, J. M. (2011). The interplay between gait, falls and cognition: can cognitive therapy reduce fall risk? *Expert review of neurotherapeutics*, 11(7), 1057-1075.
- Singh, A. K., Phillips, F., Merabet, L. B., & Sinha, P. (2018). Why does the cortex reorganize after sensory loss? *Trends in cognitive sciences*, 22(7), 569-582.
- Useros Olmo, A. I., Periañez, J. A., & Miangolarra Page, J. C. (2015). Efectos de la actividad motora en el rendimiento cognitivo de pacientes con traumatismo craneoencefálico durante tareas duales. *Rev. neuro. (Ed. impr.)*, 61(5), 202-210.
- Vaportzis, E., Georgiou-Karistianis, N., Churchyard, A., & Stout, J. C. (2015). Dual task performance may be a better measure of cognitive processing in Huntington's Disease than traditional attention tests. *Journal of Huntington's disease*, 4(2), 119-130.

- Wajda, D. A., & Sosnoff, J. J. (2015). Cognitive-motor interference in multiple sclerosis: a systematic review of evidence, correlates, and consequences. *BioMed research international*, 2015.
- Wajda, D. A., Mirelman, A., Hausdorff, J. M., & Sosnoff, J. J. (2017). Intervention modalities for targeting cognitive-motor interference in individuals with neurodegenerative disease: a systematic review. *Expert review of neurotherapeutics*, 17(3), 251-261.
- Werner, C., Rosner, R., Wiloth, S., Lemke, N. C., Bauer, J. M., & Hauer, K. (2018). Time course of changes in motor-cognitive exergame performances during task-specific training in patients with dementia: identification and predictors of early training response. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 15(1), 100.
- Wickens, C. D. (1991). Processing resources and attention. *Multiple-task performance*, 1991, 3-34.
- Wu, T., Liu, J., Hallett, M., Zheng, Z., & Chan, P. (2013). Cerebellum and integration of neural networks in dual-task processing. *Neuroimage*, 65, 466-475.
- Yang, L., Lam, F. M. H., Liao, L. R., Huang, M. Z., He, C. Q., & Pang, M. Y. C. (2017). Psychometric properties of dual-task balance and walking assessments for individuals with neurological conditions: a systematic review. *Gait & posture*, 52, 110-123.
- Zeng, J., Wang, J., Wang, X., Li, N., Ge, S., & Luo, T. (2016). Effects of dual-task on gait and cognition in patients with advanced Parkinson's disease during 'on' or 'off' medication state. *Int. J. Clin. Exper. Med*, 9, 16432-16440.
- Zhang, W., Low, L. F., Schwenk, M., Mills, N., Gwynn, J. D., & Clemson, L. (2019). Review of gait, cognition, and fall risks with implications for fall prevention in older adults with dementia. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 48(1-2), 17-29.

Figura 1. Cálculo del coste de respuesta.

$$\text{DTE (\%)} = \frac{\pm(\text{dual task} - \text{single task})}{\text{single task}} \times 100$$

Figura 2. Se recogen los 9 posibles resultados de la valoración de un paciente mediante tarea dual, clasificados en función de la ejecución tarea motora y cognitiva en la condición dual respecto a la condición simple. Adaptado de Plummer-D'Amato, et al., 2012.

		Cognitive performance		
		No change	Improved	Worsened
Motor performance	No change	No dual-task interference	Cognitive facilitation	Cognitive interference (motor-related)
	Improved	Motor facilitation	Mutual facilitation	Motor-priority trade-off
	Worsened	Motor interference (cognitive-related)	Cognitive-priority trade-off	Mutual interference

Figura 3. Patrones de interferencia cognitivo-motora. Extraído de Plummer et al., 2014

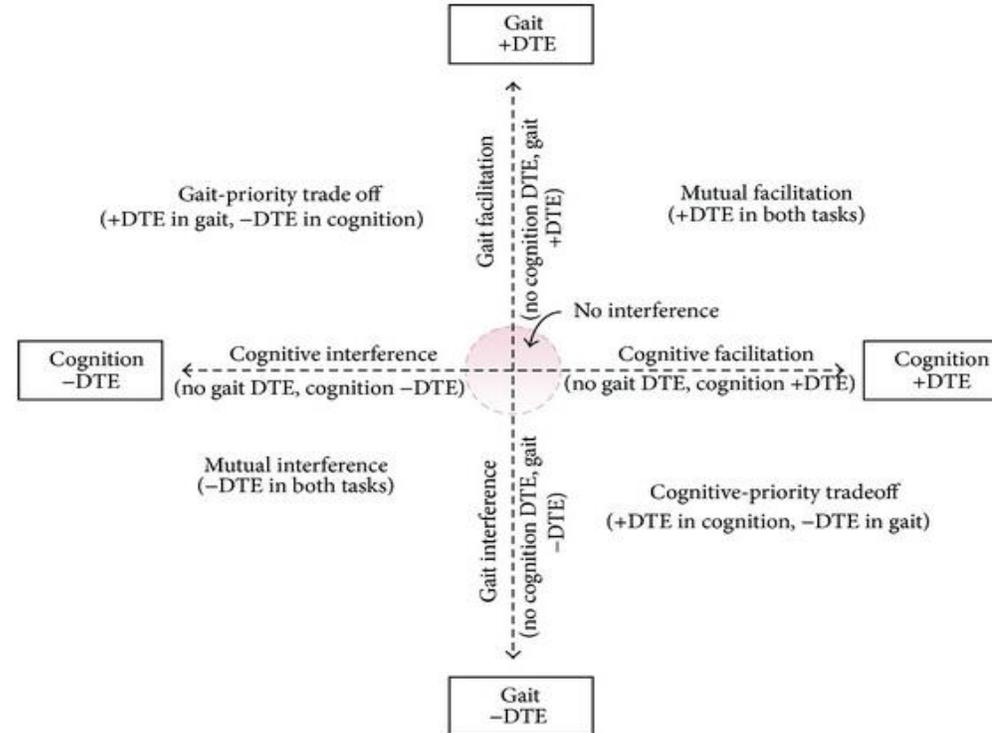


Figura 4. A la izquierda se pueden observar las redes cerebrales fronto-parietal y cíngulo-opercular de control atencional, propuestas por Dosenbach (2008). A la derecha las áreas corticales relacionadas con el control motor (Zhang et al., 2019).

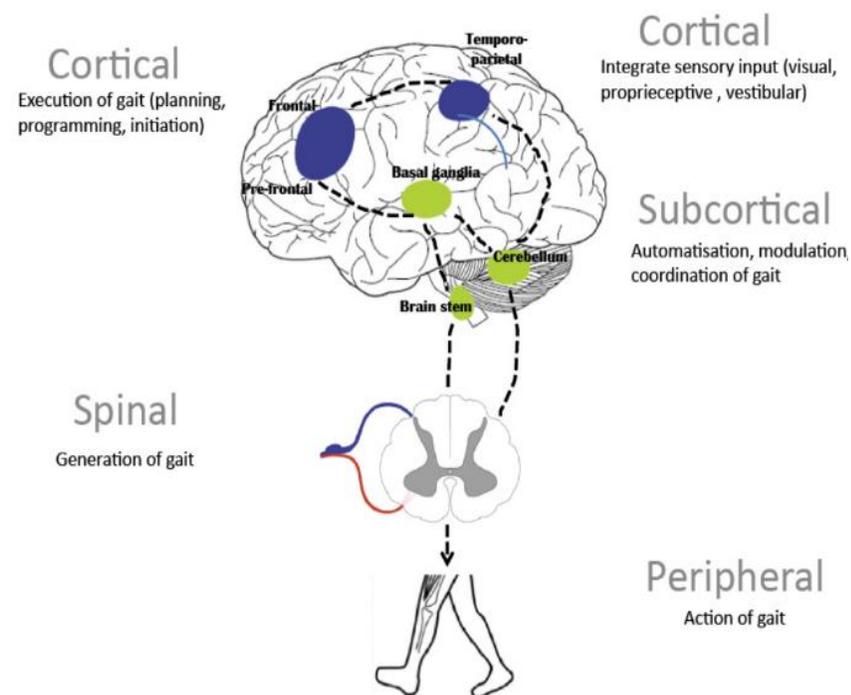
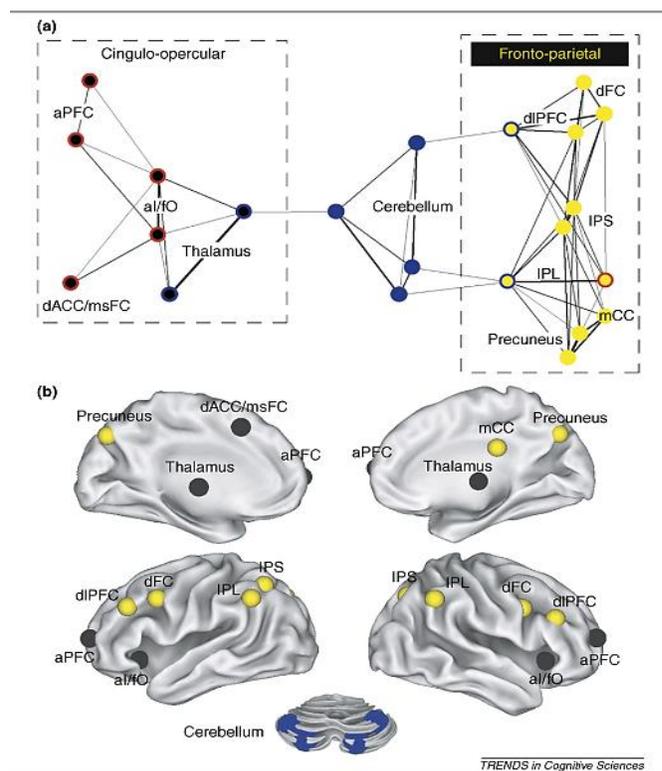


Figura 5. Principales teorías explicativas de las tareas duales, extraído de Bayot et al., 2018.

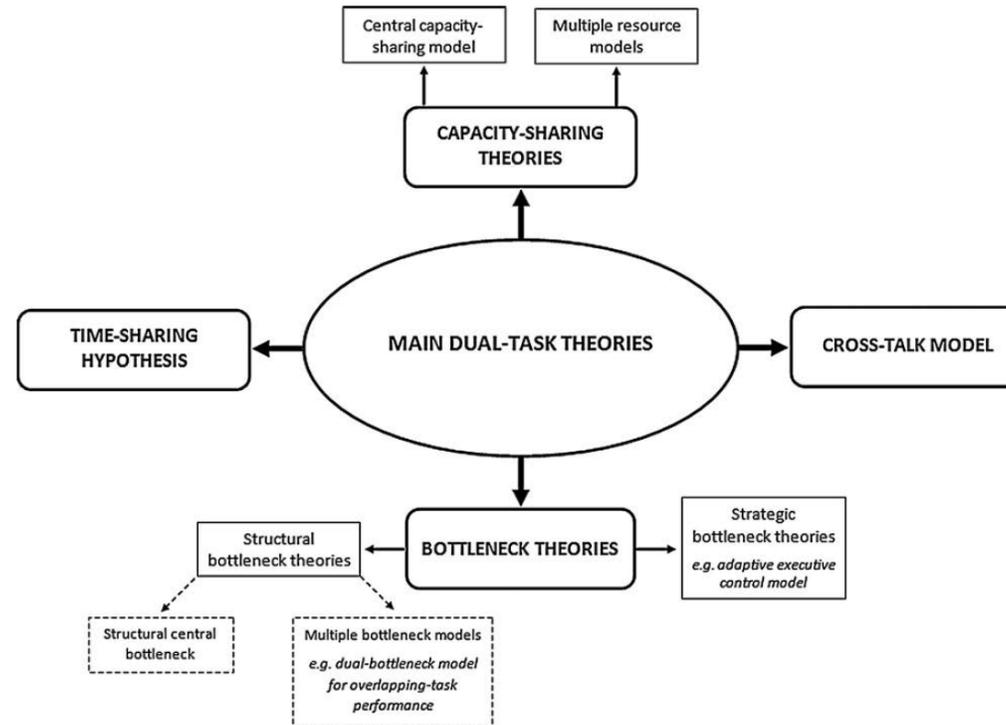


Figura 6. Representación gráfica y factores que conducen a la pérdida de automaticidad en el control motor en favor del ejecutivo. Tomado de Clark (2015).

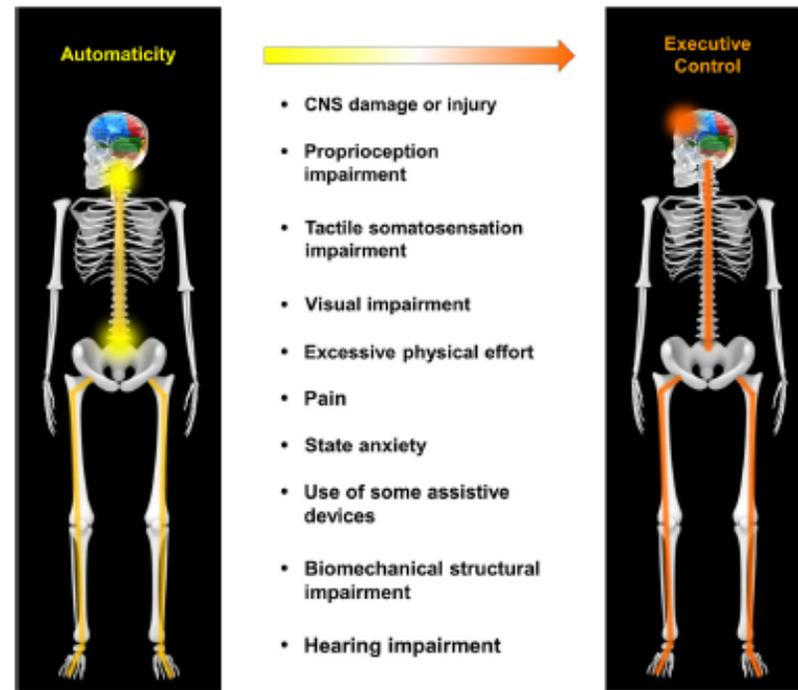


Figura 7. (A) Explicación de las alteraciones de la marcha por disfunción de la corteza prefrontal y del control atencional en Alzheimer preclínico (trastorno cortical de la marcha), y alteraciones de la marcha por disfunción de los ganglios basales y de la automaticidad en Parkinson preclínico (trastorno cortico-subcortical de la marcha). (B) Diseño de protocolo de evaluación de la marcha mediante paradigma de tarea dual empleando tareas cognitivas concretas (control inhibitorio para Alzheimer y flexibilidad cognitiva para la Parkinson), teniendo en cuenta la priorización de tareas (efectos de compensación) y los factores conocidos por modular la susceptibilidad a la interferencia de doble tarea (edad, género, velocidad de procesamiento, estrés y reserva cognitiva) (Belghali et al., 2017).

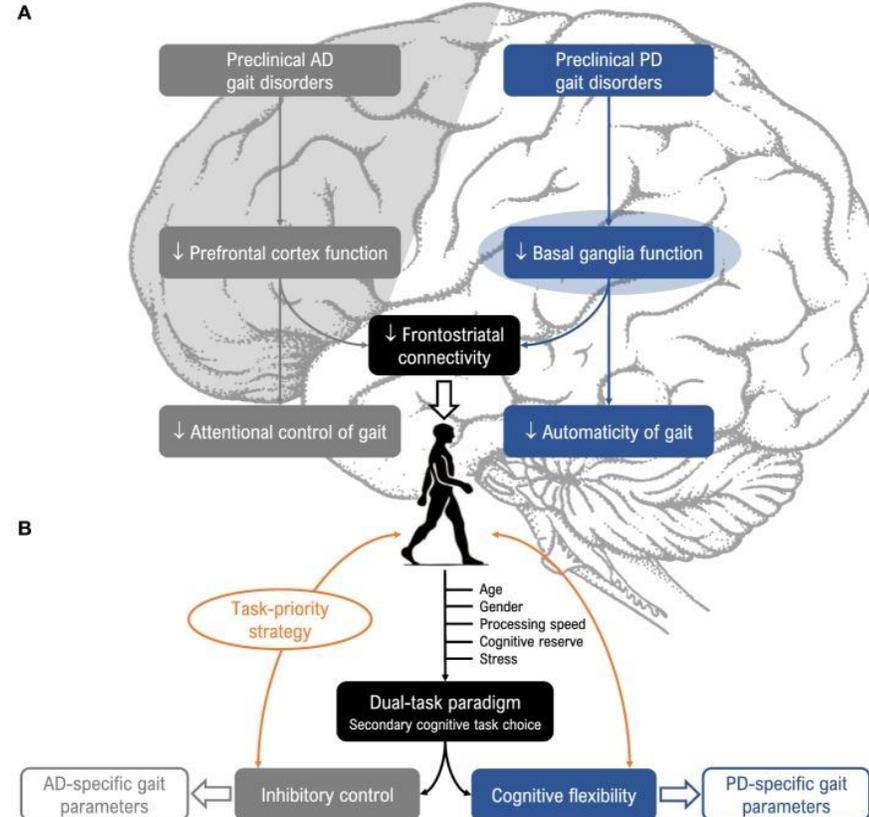


Figura 8. Muestra, variables médicas y sociodemográficas, y batería de pruebas motoras y cognitivas empleadas en el estudio.

Método

Muestra

82 SUJETOS: 47 Esclerosis Múltiple, 35 controles

- Edad
- Nivel educativo
- Escala EDSS
- Tiempo evolución de EM
- Diabetes
- HTA
- Colesterol
- Hábitos tóxicos
- Mediación
- Ansiedad/Depresión

Instrumentos

Motoras:

- Time up and go
- Escala de equilibrio de Berg
- ABC Activities - specific Balance Confidence
- MFIS - Escala de Impacto del Cansancio Modificada
- Test de los 10 metros (tarea simple y dual)

Cognitivas:

- Test de lo Cinco Dígitos
- Attentional Network Test (ANT)
- Sustracción de 7 en 7 durante 30 segundos (tarea simple dual)
 - Tarea simple: desde 256 (30 segundos)
 - Tarea dual: 378 (durante tiempo ejecución Test 10 metros)

Figura 9. Resultados de los análisis de los contrastes de hipótesis y cálculo del tamaño del efecto (d). También se puede ver el coste de respuesta motora (en la 1ª parte de la entrada expliqué qué es esto).

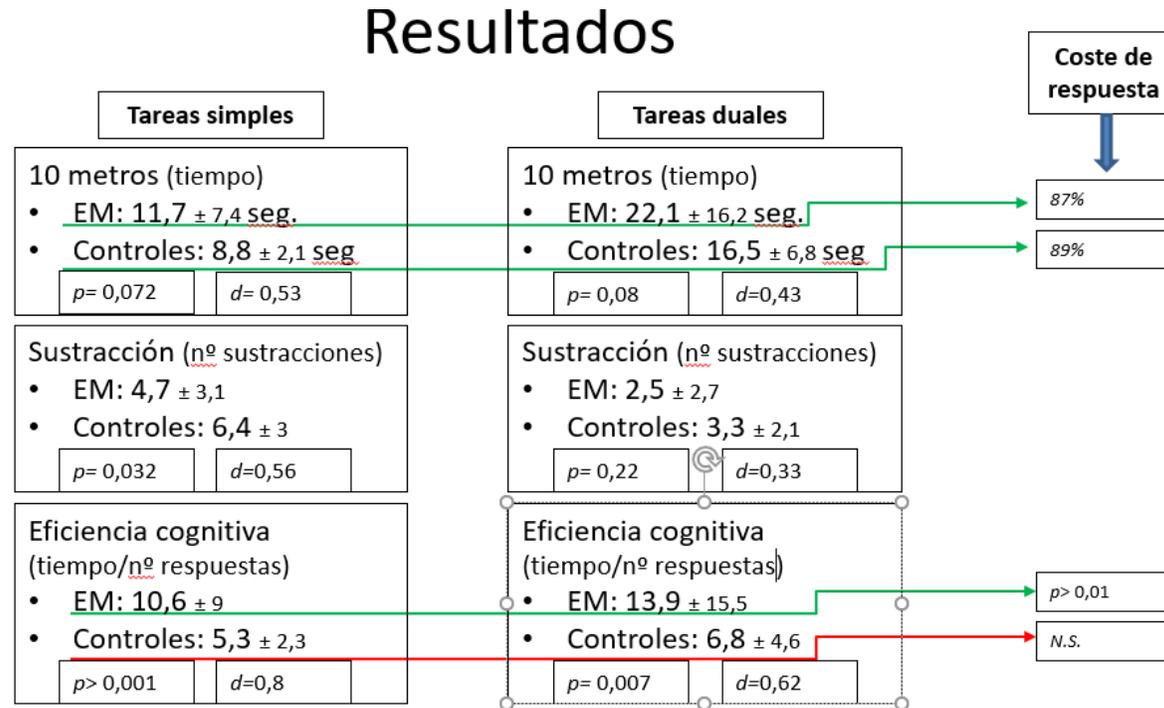


Figura 10. Clasificación de sujetos controles y EM en la tabla propuesta por Plummer-D'Amato (2012).

		Cognitive performance		
		No change	Improved	Worsened
Motor performance	No change	No dual-task interference	Cognitive facilitation	Cognitive interference (motor-related)
	Improved	Motor facilitation	Mutual facilitation	Motor-priority trade-off
	Worsened	Motor interference (cognitive-related)	Cognitive-priority trade-off	Mutual interference

The diagram features a 3x3 matrix with 'Cognitive performance' as the top header and 'Motor performance' as the left header. The columns are labeled 'No change', 'Improved', and 'Worsened'. The rows are labeled 'No change', 'Improved', and 'Worsened'. The cells contain various terms like 'No dual-task interference', 'Cognitive facilitation', 'Cognitive interference (motor-related)', 'Motor facilitation', 'Mutual facilitation', 'Motor-priority trade-off', 'Motor interference (cognitive-related)', 'Cognitive-priority trade-off', and 'Mutual interference'. A blue arrow labeled 'controles' points to the 'Improved' row of the 'Motor performance' column. Another blue arrow labeled 'EM' points to the 'Worsened' column of the 'Motor performance' column.

Figura 11. En la flecha verde se observa el porcentaje de sujetos que experimentan facilitación cognitiva.

		Cognitive performance		
		No change	Improved	Worsened
Motor performance	No change	No dual-task interference	Cognitive facilitation	Cognitive interference (motor-related)
	Improved	Motor facilitation	Mutual facilitation	Motor-priority trade-off
	Worsened	Motor interference (cognitive-related)	Cognitive-priority trade-off	Mutual interference

Figura 12. Resultados de los análisis de regresión lineal multivariada en el grupo de EM. Procesos cognitivos como flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo, más la velocidad de procesamiento de la información y la ansiedad, explican hasta el 49% de la variabilidad de los resultados en las tareas duales.

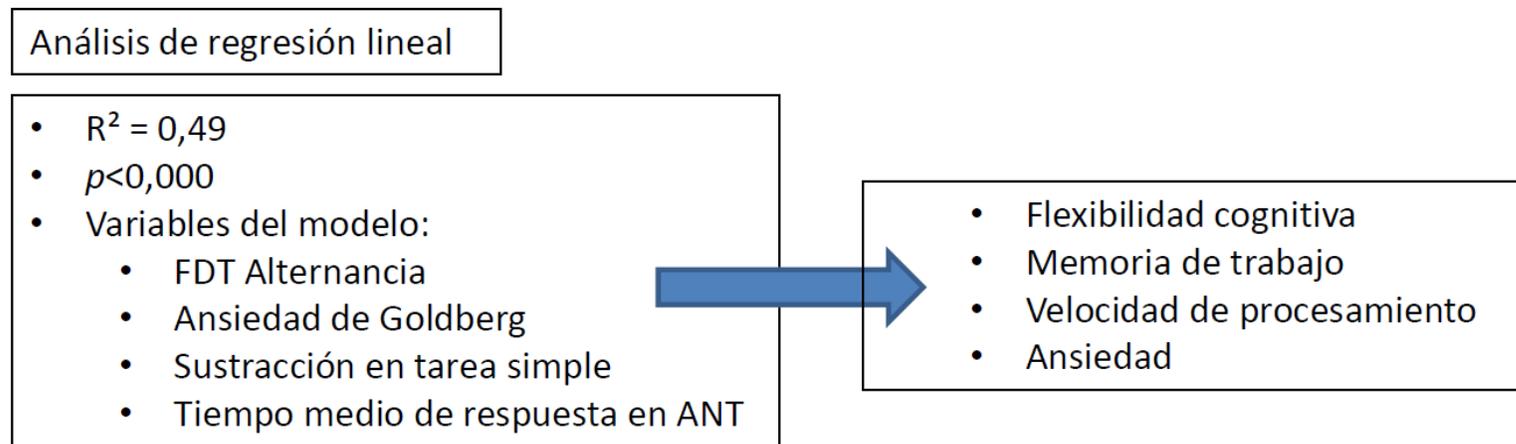


Figura 13. 1-Modelo de control atencional de Ríos, Periañez y Muñoz-Céspedes (2004). 2- Modelo atencional de capacidad o recursos limitados de Kahneman (1973).

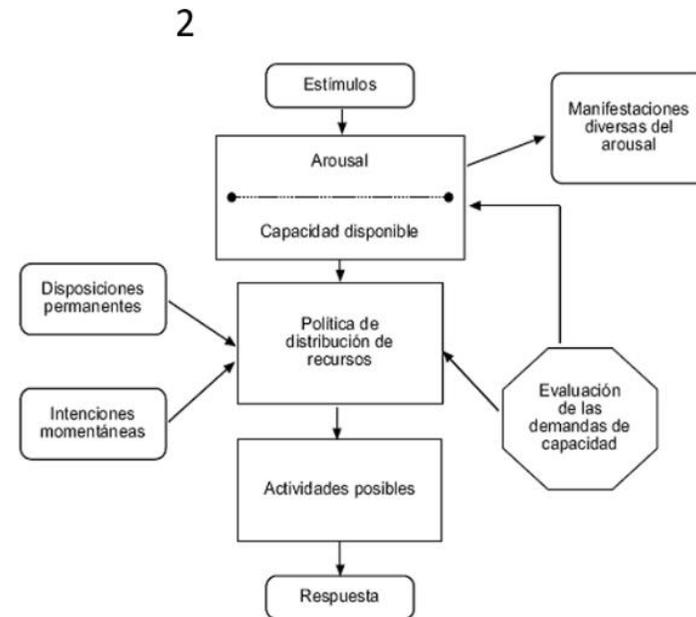
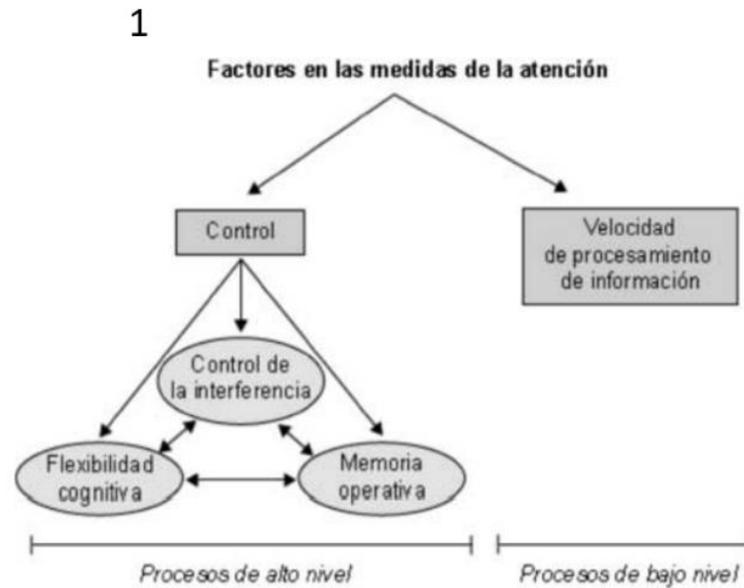


Figura 14. Clasificación y ejemplos de tareas duales (McIsaac et al., 2015).

Type of task(s)	Task novelty	Task complexity	
		Low	High
Single motor	Low	Drinking a cup of water	Walking with a cup of water* (i.e., transporting)
	High	Propelling a wheelchair	Walking with forearm crutches
Single cognitive	Low	Reciting the alphabet*	Calculating subtractions*
	High	Reciting alternating letters of the alphabet*	Paced auditory serial addition task (PASAT)
Dual motor-motor	Low	Drinking a cup of water while writing a note with the other hand	Walking while texting on a cell phone*
	High	Tapping the foot as fast as possible while drawing a 6-pointed star	Unicycling on a college campus while juggling*
Dual cognitive-motor (1)	Low	Standing on one foot while saying the alphabet	Walking over obstacles while naming the people in your family
	High	Standing on one foot while performing word generation task	Walking over obstacles while subtracting by 7's
Dual cognitive-motor (2)	Low	Pointing to a target as fast as possible* while counting to 100	Transferring coins between pockets* while subtracting by 3's
	High	Using a sock aid while naming all the clothing you might find in a closet	Juggling while subtracting by 7's

(1) Novelty of cognitive task changes while complexity of motor task changes.

(2) Novelty of motor task changes while complexity of cognitive task changes.

*Tasks used in dual task studies cited in text.