

Guía

Tareas Estímulo-Respuesta y Fatiga Física

Valoración neuromuscular y su interés laboral



Con la Financiación de: AI-0001/2015



FUNDACIÓN
PARA LA
PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES

Guía

Tareas Estímulo-Respuesta y Fatiga Física

Valoración neuromuscular y su interés laboral



**Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente
UGT-CEC**

*“El contenido de dicha publicación
es responsabilidad exclusiva de la entidad ejecutante
y no refleja necesariamente la opinión de la
FUNDACIÓN de Prevención de Riesgos Laborales”.*

EDITA
Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente UGT-CEC

DISEÑA e IMPRIME
Blanca Impresores S.L. 95 319 11 02

Depósito Legal: M-42191-2016



Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente
UGT-CEC

Guía

Tareas Estímulo-Respuesta y Fatiga Física

Valoración neuromuscular y su interés laboral



AUTOR

Juan Manuel Castellote Olivito

Escuela Nacional de Medicina del Trabajo

Instituto de Salud Carlos III

Índice

1. INTRODUCCIÓN	7
2. ELEMENTOS PERCEPTIVO-ATENCIONALES EN TAREAS ESTÍMULO-RESPUESTA	11
2.1. Relevancia de la percepción	13
2.2. Relevancia de la atención.....	22
2.3. Relevancia de la visión	25
2.4. Funciones superiores cerebrales y fatiga.....	26
3. PREPARACIÓN MOTORA EN TAREAS ESTÍMULO-RESPUESTA.....	29
3.1. Fases del tiempo de respuesta	31
3.2. Automatización y anticipación de respuesta.....	37
3.3. Tareas con temporalidad de respuesta anticipatoria	42
4. COMPLEJIDAD DE LA TAREA Y TIEMPOS DE REACCIÓN O RESPUESTA.....	45
4.1. Tareas simultáneas	47
4.2. Tareas sucesivas	50
5. DETERMINANTES DE LOS RECURSOS METODOLÓGICOS, RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS DE ESTUDIO	53
5.1. Diferencias individuales.....	55
5.2. Diferencias por edad.....	56
5.3. Metodología y análisis de tiempos de reacción	58
5.4. Metodología, medición y complejidad de la tarea	68
5.5. Consideraciones relativas a entrenabilidad y cambio de tarea.....	71
5.6. Consideraciones en tiempos de respuesta electiva	73
5.7. Consideraciones acerca de la objetividad en los estudios de reacciones y respuestas....	74
5.8. Consideraciones y recomendaciones finales en prevención laboral.....	74
6. BIBLIOGRAFÍA.....	79

1

Introducción



1. INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo principal la actualización del conocimiento científico existente sobre tareas estímulo-respuesta a nivel laboral, actividad anticipatoria y fatiga física. Para ello se sintetiza la evidencia científica relativa al tema, se identifican recursos metodológicos de utilidad y se elaboran las oportunas recomendaciones en el campo de la salud.

Inicialmente se levanta el perfil actual de la situación internacional en estudios de tareas estímulo-respuesta, estímulos (esperados o no), respuesta motora y fatiga muscular mediante una actualización sobre el tema consultando bases de datos de interés en esta materia (como Pubmed e ISI Web of Knowledge, OSHA, OIT) extendiéndose la búsqueda a publicaciones en español, francés e inglés, y completándose ésta con una búsqueda manual adicional en aquellas publicaciones con mayor número de artículos.

Se seleccionan aquellos trabajos que reúnan: artículo original con datos primarios de actividades estímulo-respuesta, objetivos expresados y medidas de resultados. En su caso se obtiene información en relación con centros expertos colaboradores o centros especializados.

2

Elementos perceptivo-atencionales en tareas estímulo-respuesta



2. ELEMENTOS PERCEPTIVO-ATENCIONALES EN TAREAS ESTÍMULO-RESPUESTA

2.1. Relevancia de la percepción

En diferentes actividades laborales, la capacidad de reacción ante un estímulo externo puede ser determinante en la seguridad, tanto propia como del entorno, siendo un objetivo primordial la minoración o evitación de accidentes. Este hecho se observa con relativa frecuencia y en contextos diversos, como son:

- el control postural anticipatorio del conductor de un vehículo a motor ante una situación inesperada y de riesgo. Es una situación en que se requiere un control postural anticipatorio y una respuesta al estímulo adecuada en tiempo e intensidad. Tal es el caso de repartidores en moto cuando han de valorar el cómo (girar o seguir) y cuanto (frenar-acelerar) navegar a través de la circulación así como considerar el frenar ante estímulos visuales como son un semáforo o un evento inesperado. En muchas ocasiones ocurre en un contexto de fatiga muscular prolongada. Recientemente se ha categorizado a los fallos en reacción del conductor dentro de los comportamientos anómalos en la conducción, estando en el 64% de accidentes con consecuencias de muerte. En el caso del “síndrome de latigazo cervical” se considera que el choque como estímulo inesperado sobresalte (startle) y provoque una respuesta de hiper-reacción cervical, que no ocurriría si el sujeto, entrenado por habituación, produjera una respuesta atenuada, preparada, coherente y coordinada de los músculos cervicales. En este sentido, la caracterización de respuestas motoras en tareas y sobresalto (startle) es tema de interés.
- la capacidad de reacción en profesionales de cocina ante la posibilidad de quemaduras o escaldaduras, siendo en este caso muy sutil el reconocimiento del estímulo nocivo debido al retardo por las características debidas a la piel. Se sobreañade que el flujo de calor y el daño van a depender de las características de la superficie que otorga el calor por contacto y tipo de piel. En estas profesiones se sobreañade la posibilidad real de resbalones y caídas como causa de quemaduras. El caso frecuente se centra en la limpieza de freidoras profundas, donde el calor por contacto puntual no se intuye hasta que se recibe. Secundariamente, los clientes pueden afectarse (derrame de bebidas calientes servidas a temperaturas superiores a 68°C, requiriendo menos de un segundo para producir una quemadura de tercer grado. Las lesiones por calor en el trabajo se contemplan en la C.I.E.-10 , requiriendo proteccio-

nes el trabajador en base a Estándares Europeos (Thermal Hazards EN 407) y un adecuado entrenamiento y protección en situaciones de riesgo. Las consecuencias de quemaduras puntuales pueden ser graves para la piel dejando la posibilidad de dolores crónicos así como repercutiendo en costes sociales (baja laboral y discapacidad). En este contexto, la caracterización de respuestas motoras ante calor por contacto es otro tema de interés en el estudio de la relación estímulo-respuesta.

- la capacidad de respuesta a un estímulo de un trabajador en tareas de reponedor de mercancías. Puede ocurrir fallo en la tarea, caída del objeto transportado/movilizado y/o daño en el sistema músculo-esquelético por no estar preparado en ese momento y afectarse los mecanismos de control por alterada temporalidad muscular. A la respuesta motora de miembro superior se sobreañade que por el tipo de tarea (multitarea al ser cíclica) el sujeto se halla con fatiga muscular mantenida en musculatura postural, que ha de generar actividad anticipatoria de forma proporcionada en intensidad y tiempo. Es sabido además que puede haber interferencias entre extremidades, como que obstáculos a la acción de un brazo pueden afectar la actividad contralateral (del otro brazo) ya que hay transferencia cruzada entre ambos; o entre miembros inferiores y superiores. En este sentido, la interacción entre brazos es un tema central en estudios de este perfil.
- la estabilidad postural de un trabajador de la construcción cuando se ve comprometida por un estímulo inesperado. En este contexto, los patrones de reequilibración son un tema central en la actividad de estudio de la relación estímulo-respuesta.

En Salud Laboral es de interés el reconocer la existencia de daño o riesgo en el trabajador por las consecuencias de la no ejecución en tiempo y forma de tareas motoras que respondan a un estímulo sensorial. Los fallos vienen muy relacionados por la existencia de fatiga física acumulada al realizar los movimientos y por reorganización muscular modificada. Como consecuencia de la misma, pueden deteriorarse características del gesto como son rango de movimiento, exactitud y mayor variabilidad en la actividad temporal.

En muchos trabajos, la actividad a realizar, el gesto de respuesta ya están preparados por el operario y tan sólo éste está esperando a la aparición de un estímulo para ejecutarlo. El hecho de que lo tenga preparado aboga por que el patrón de acción ya esté imprimado a nivel cerebral. La posibilidad de que un estímulo inesperado module su ejecución da información de en qué situaciones o actividades puede no requerirse una percepción como tal para

su ejecución y en qué otros casos la ejecución puede no venir dada por el estímulo inesperado. A este respecto existen diferentes modelos a considerar como son:

- la ejecución de tareas predeterminadas (tiempo de reacción simple) en cadena abierta.
- la ejecución de tareas predeterminadas (tiempo de reacción simple) con exactitud del gesto.
- la ejecución de tareas que requieren una elección (tiempos de reacción con elección).
- la ejecución de tareas de evitación refleja (obstáculos).
- la ejecución de tareas con estimación de tiempo de llegada (fenómeno Tau).

Cada uno de ellos nos puede dar una explicación de la diversa relación existente entre estímulos y respuesta motora a nivel laboral. La conducción profesional de vehículos es un trabajo que permite encuadrar y explorar gran parte de estos considerando abarcando tareas y actividades que los ejemplifican por lo que es tomada con frecuencia como ejemplo en este estudio.

Se puede considerar como algo esencial que la percepción es un condicionante básico en la ejecución de tareas. Sin embargo, no todos y cada elemento de captación y procesamiento de la información por un organismo conforman la percepción como elemento ineludiblemente unido a una respuesta del sujeto. Para ilustrar este argumento, consideremos dos ejemplos elementales en base a un subsistema que regula la posición del sujeto: el ajuste de la postura corporal a la dirección de la fuerza de la gravedad y el ajuste de los movimientos de caminar o correr a las características del terreno. Hay por tanto elementos de la respuesta motora que pueden superar a la propia percepción. La naturaleza ha producido muchos ejemplos de estos tipos de ajuste, como son a nivel laboral las reequilibraciones hechas por el operario en trabajos de altura o sobre superficies deslizantes. Lo mismo ocurre con los ajustes de llegada, en relación con el parámetro *tau* (éste, en el caso de la visión, es el inverso de la tasa de dilatación de una imagen retiniana), en profesionales de la conducción cuando han de estimar el momento adecuado para comenzar una frenada ante una curva, semáforo o similar, en personas que han de descender entre superficies de diferente altura cuando han de estimar el tiempo de activación muscular para frenar el aterrizaje o en los saltadores de esquí. En el caso, por ejemplo, del parámetro óptico tau que controla el tiempo en el que el profesional de saltos de esquí empieza el salto o en el que prepara la frenada al caer (Figura 1), la situación funcional conlleva que este parámetro de entrada se utiliza para controlar otros de salida pero, el aparato locomotor no percibe el parámetro. Otro contexto de interés es el encontrado en situaciones de baja visibilidad, situaciones que son bastante frecuentes en el contexto de la conducción profesional; situaciones de bajo contraste, niebla, nocturnidad y

similares, todas ellas facilitan que los tiempos de reacción se enlentezcan. Hay una simple lección que aprender de estos ejemplos: conceptualmente, la percepción no es sólo una etapa o un grupo de subprocesos en la utilización de la información de entrada para especificar parámetros de salida. La percepción requiere que haya un perceptor. Es la persona que percibe, y no es un componente dentro del sistema de procesamiento. La percepción debería dilatarse más como término al sistema de procesamiento y sus operaciones.



Figura 1: El sujeto estima internamente el momento en que ha de activar de forma óptima sus músculos, en este caso para frenar el aterrizaje. En general en los trabajos que conllevan tareas de anticipación, como puede ser la recepción de un objeto pesado, se requiere esta preactivación anticipada muscular de origen interno (no hay estímulo externo-respuesta).

La relevancia de una percepción mantenida se hace evidente en comportamientos como los de frenado de vehículos en los profesionales de la conducción habiéndose desarrollado diferentes teorías de comportamiento de frenado. A pesar de su papel fundamental en la seguridad en la conducción, el comportamiento de los conductores en el acto de frenar no está aún bien comprendido. Diferentes intentos de explicar este comportamiento han utilizado teorías de locomoción. Según éstas, el control de la locomoción es prospectivo, queriendo decir con ello que el sistema perceptivo ofrece información sobre el futuro, y el actor ajusta el curso de su acción para satisfacer los requisitos de la tarea. La mayor parte de las teorías de frenado existentes asumen que los conductores perciben posibles colisiones y por ello ajustan la velocidad del vehículo para evitar la colisión. Por ello el papel del conductor es modular la acción con control y mantener una trayectoria libre de colisiones. Con un ejemplo como el descrito se intuye que el procesamiento de la información es un tema central en la toma de decisión y en la rapidez de ejecución de respuestas motoras a nivel laboral. Las tendencias actuales en la investigación de procesamiento de información parecen no tener dificultades especiales con el concepto de la percepción.

El punto de vista predominante de la percepción puede entenderse mejor si se tiene en cuenta su desarrollo histórico. El enfoque del procesamiento de la información en relación con la percepción ha sido conformado por varias influencias. Inicialmente hace ya décadas por las escuelas de psicología aplicada, con un fuerte impacto en el enfoque del procesamiento de información, tal como recientemente se refiere. Esto dio lugar a un énfasis en el aspecto de rendimiento de la percepción. La pregunta era, en sus inicios, no tanto qué percibimos como lo bien que percibimos. Por tanto había ya un interés en las teorías y métodos que permiten la medición cuantitativa del rendimiento perceptivo, todo ello en relación con por ejemplo, la teoría de detección de señales y la teoría de la información. A pesar de que los sistemas teóricos del neoconductismo fueron abandonados por el enfoque de procesamiento de información, la herencia metodológica del período conductista se conservó en gran parte en forma de conductismo metodológico u operacionismo. El resultado fue una definición (a menudo implícita) de la zona de percepción haciendo hincapié en los mecanismos de percepción en lugar de en la experiencia perceptiva, y que trató de deducir estos mecanismos de unas medidas de rendimiento (como el tiempo de reacción y el porcentaje correcto de respuestas de un operario). No se debe de olvidar que, a pesar de que la psicología del procesamiento de información era un nuevo enfoque, lo era pero de problemas antiguos, muchos de ellos ya vislumbrados en la psicología del siglo XIX.

De esta forma la investigación de la percepción que surgió dentro del enfoque de procesamiento de la información se conforma como antigua y nueva a la vez. Era antigua por los temas de investigación; sin embargo, el concepto

de percepción es más reciente. El análisis de contenidos conscientes de la experiencia fenomenológica, fue siendo sustituido progresivamente por la evaluación de los límites del rendimiento del sujeto (o sistema) en la tarea y la modelización de las estructuras de transformación que producen estos límites en el rendimiento.

La psicología de la percepción ha ido cambiando incluyendo una psicología de los mecanismos de percepción y las operaciones de procesamiento de la misma. En cierto modo, el estudio de la percepción en el contexto del procesamiento de la información ha continuado los caminos del estructuralismo, el funcionalismo y la tradición de la Gestalt, pero con un enfoque en relación con el marco del neoconductismo. La materia objeto de un análisis de procesamiento de información podría basarse en las estructuras y procesos que intervienen entre la captación de la información y la salida del componente motor, lo cual da valor a los estudios de ejecución de tareas en el mundo del trabajo. Sin embargo, la dificultad conceptual radica en que la adquisición y el análisis de información del medio ambiente no son tan simples como lo que entendemos por estudios de la “percepción”.

Respecto al tema presente, en relación con fatiga, tareas repetitivas y respuestas del sujeto, la relevancia de la percepción puede ponerse en un mejor contexto si se consideran diferentes ejemplos de trabajos, que pudiendo parecer sencillos, no lo son debido en gran parte a los requerimientos perceptivos.

Un primer caso, es el de los trabajos con frutas u hortalizas (ej. patatas) en cintas transportadoras, con sub-tareas no siempre mecanizadas. Las actividades que pueden requerirse a nivel manual en una cinta transportadora y que demandan una reacción rápida por parte del trabajador son múltiples. Incluyen tanto el reconocer defectos, como observar en la cinta transportadora para hacer las eliminaciones oportunas por fallos, defectos, y presencia de materiales extraños. Ello implica escoger trozos inservibles, patatas defectuosas de la cinta transportadora, explorar la piel y defectos de patatas y manejar con un cuchillo de corte. Posteriormente con rapidez y exactitud dejar la patata recortada en la cinta transportadora y los residuos fuera en lugar adecuado. En otras ocasiones se requiere observar los productos en la cinta transportadora para la eliminación selectiva de los de inadecuado tamaño, de los defectuosos y del material extraño (p.ej. vidrio, piedras). Se añade el escoger el material defectuoso de la cinta transportadora y llevarlo a zonas de descarte utilizando las manos enguantadas (con la dificultad de percepción táctil que puede conllevar). Posteriormente se puede requerir clasificar el producto en la cinta transportadora en su extremo final. Como actividad añadida se incluye el recoger producto que haya que devolver para su reutilización. A esta actividad manual se sobreañade la perceptiva de observación del producto para ver defectos y restos a eliminar. En el caso concreto de las patatas se puede requerir seleccionar las de gran tamaño, discernir rápidamente el

lugar de corte y reducir aproximadamente a la mitad, usando una hoja de corte cercana a la cinta transportadora. En el caso de frutas u hortalizas procesados (ej. productos cocidos o congelados) se puede requerir inspeccionarlos en la estación oportuna tras el túnel de congelación. Así como se necesita retirar con rapidez aquellos productos que no cumplan con los atributos de calidad -tal como se definan-, y mediante una espátula separar productos inaceptables desde el túnel de congelación al contenedor de residuos. En otras fases también se puede requerir trabajar sobre el producto envasado según sea necesario, abrir cajas cerradas, eliminar bolsas abiertas y productos preparados, así como eliminar y reordenar bolsas y devolver las aceptables a la línea de envasado.

Por todo ello se comprueba que estas tareas en cintas transportadoras son tareas repetitivas percepción-acción de alto requerimiento y discernimiento por parte del operario. Las demandas físicas para realizar con éxito las funciones de este trabajo por parte del empleado son variadas e incluyen:

- Poder sentarse, pararse, caminar, subir y bajar.
- Tener la capacidad de cambiar de posición, alternar entre estar de pie o sentado, apoyarse en una superficie mientras se está de pie, sentarse en un taburete de altura regulable.
- Ser capaz de flexionar el cuerpo a nivel de la cintura de manera continua para recoger el producto.
- Tener una buena coordinación ojo-mano.
- Tener buena destreza manual y de dedos.
- Ser capaz de realizar funciones de alcance con manos y brazos de forma repetitiva.
- Ser capaz de levantar pesos de 1 kg. aproximadamente de forma continua y de pesos superiores de manera ocasional.
- Tener capacidades visuales específicas requeridas para este trabajo incluyendo tener buena tanto la visión cercana como la visión lejana, la percepción de profundidad, y la capacidad de ajustar el enfoque.

Además de las características del trabajador, las del ambiente de trabajo que se describen a continuación son representativas del requisito para el desempeño de las funciones de este trabajo repetitivo:

- El empleado está expuesto a condiciones de humedad y calor o condiciones de frío.
- El empleado puede estar ocasionalmente expuesto a vibración (además de humos o partículas en el aire, productos químicos tóxicos o corrosivos).
- El nivel de ruido en el ambiente de trabajo es generalmente alto.

Un segundo caso relacionado con el anterior lo plasma el ejemplo de la recolección de ciertas hortalizas. En los últimos años los sistemas de mecanización y específicamente las cosechadoras y cintas transportadoras han experimentado una importante evolución tecnológica incluyendo sistemas de clasificación opto-electrónicos y han reducido drásticamente el trabajo manual. Por centrar en un caso, en la recolección de tomate, en muchas ocasiones una cabeza segadora corta las plantas, que a continuación se cargan en la máquina mediante una cinta transportadora. Estas se agitan mecánicamente para separar los tomates. Un sistema de transporte separa las plantas de la zona de carga hacia un área donde se sacuden y luego desde ella van hacia una zona de descarga. En este momento los tomates verdes y rojos están separados de la planta llegando a la zona de clasificación (cosecha mecanizada). En ésta, los tomates rojos se separan del resto (tomates verdes o podridos, restos como p. ej. piedras). Los tomates se separan después por clasificadores electrónicos, pero en esta fase hay trabajadores manuales que han de comprobar el proceso. Aunque un nivel de mecanización creciente lleva a una menor utilización de mano de obra, este tipo de cosechadoras son muy complejas y teniendo niveles altos de producción, los trabajadores están expuestos a un riesgo de lesión por maquinaria en movimiento. A ello se añade el riesgo de lesión debido al sobreesfuerzo biomecánico en miembros superiores. Con la evolución de la tecnología la velocidad de las cosechadoras y de los elementos giratorios de la máquina se ha incrementado y los niveles de producción han aumentado. Este aumento en la velocidad de clasificación de la cinta transportadora también provoca que los trabajadores deban acelerar sus funciones de comprobación y manejo de producto cuando sea requerido.

Un tercer ejemplo se da en el caso de la clasificación y selección de frutas, tarea que generalmente se realiza en base a parámetros externos de calidad, tales como el tamaño, forma y color; así como a parámetros internos de calidad como la presencia de defectos y dulzor. Durante los últimos años se han desarrollado muchas clasificaciones de acuerdo a los requerimientos del mercado y con ello se han ido desarrollando diferentes sistemas de manipulación de la fruta para su clasificación y gradación. En el caso de la mecanización de las operaciones de clasificación de cítricos, el proceso comenzó hace pocas décadas. En los primeros diseños se realizaban planchas con orificios del tamaño de la fruta. Tradicionalmente, el tamaño de las frutas se comprueba usando anillos de tallaje, o por máquinas de clasificación cilíndricas y por bloqueo de luz. Estos diferentes sistemas han permitido la clasificación de las frutas en función de su tamaño. Sin embargo, no existen sistemas evidentes que permitan una clara detección de defectos o de contaminación debido a la falta de métodos que ofrezcan imágenes de toda la superficie de la fruta. Por lo tanto, la clasificación manual, como tarea repetitiva y dependiente de una adecuada percepción visual del sujeto, sigue siendo el principal método para la eliminación de las frutas con defectos. Leemans et al. ya indicaron en su día que si bien los criterios de calidad de las frutas como tamaño, color y forma son automatizados a

nivel industrial, la clasificación de acuerdo con la presencia de defectos no es eficiente y por ello sigue siendo una operación manual y repetitiva. Según Ayman, la automatización de la detección de defectos de la fruta sigue siendo un tema difícil debido a la complejidad del proceso.

Otros productos ajenos a los comestibles, y aun siendo objeto de producción en masa, requieren del binomio percepción-acción. Es el caso de compañías farmacéuticas que produciendo una gran cantidad de pastillas encuentran ciertos condicionantes de producción tales como la posibilidad de dosis equivocadas o dosis extra debido a la diferencia en el peso de las tabletas producidas, pudiendo haber mayores costes operativos. Estas situaciones, en función de su grado de error, pueden dar lugar a efectos negativos e incluso fatales. En la actualidad, la inspección automatizada y el uso de máquinas de clasificación es una constante para los laboratorios de alta gama. En contraposición, los laboratorios menores pueden seguir utilizando métodos manuales de inspección debido a los altos costos de las máquinas automatizadas. Los diversos riesgos asociados a la producción han dado paso a una reflexión para la mejora de la calidad; al considerar la producción en masa es necesario el desarrollar sistemas de inteligencia artificial que eviten estos problemas.

2.2. Relevancia de la atención

A nivel laboral los tiempos de reacción se encuentran muy modulados por el hecho de que la persona esté atenta a si tiene que cambiar de tarea o seguir en la que se halla. Pueden existir diferentes niveles atencionales que influyen en la detección del estímulo (Figura 2).

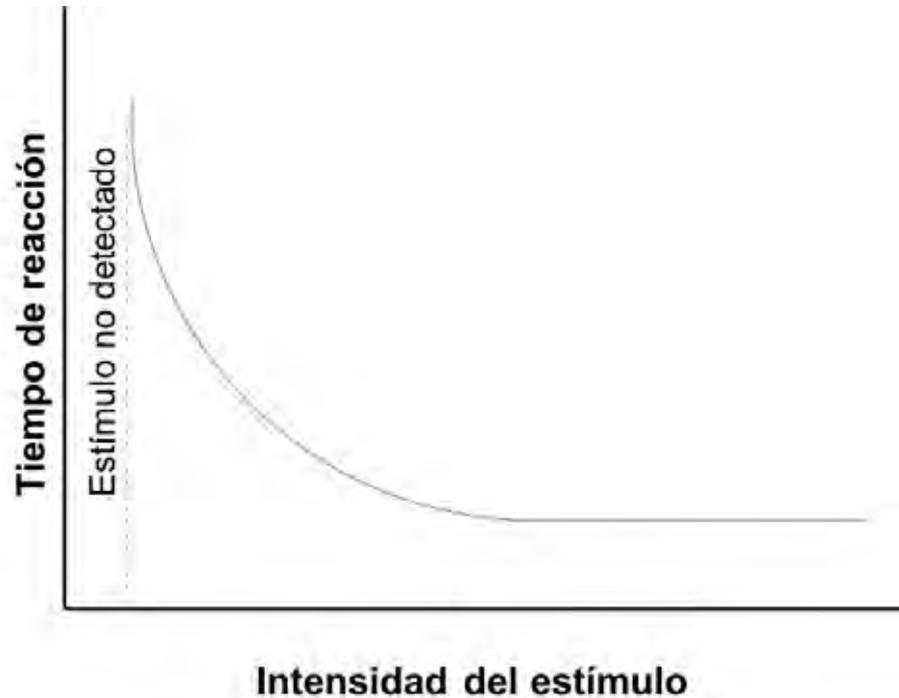


Figura 2. Relación entre la intensidad de un estímulo y el tiempo de reacción resultante

Poniendo como ejemplo la situación en la que un conductor está pendiente de la posibilidad de frenar, el tiempo de reacción suele ser muy breve. En otras circunstancias el estímulo que condiciona la respuesta de frenado tiene que aparecer y no ha sido esperado, y puede ser por ejemplo una detención brusca del vehículo que se encuentra delante. El tiempo de reacción es más tardío y habitualmente el aumento se debe a una prolongación en el tiempo

de percepción por influencia de mecanismos atencionales. En otras situaciones el conductor se encuentra con un evento inesperado, de sorpresa, como pueda ser un objeto que se cruza en su camino. Tal es el caso cuando un animal cruza inesperadamente la carretera. En estas circunstancias existe un tiempo extra que es necesario inicialmente para interpretar qué es lo que ocurre y decidir una respuesta adecuada. De forma añadida el tiempo de reacción adecuado va a depender de la distancia al obstáculo, de si se aproxima por un lateral o de frente, y de si su detección ha sido mediante visión periférica o central. En estas circunstancias es posible que además de haber un aumento del tiempo de percepción pueda existir un aumento en el tiempo de respuesta estando involucrada la atención ejecutiva. Por tanto en esta última circunstancia se requiere un aumento del tiempo para interpretar la situación como novedosa. El estado cognitivo del trabajador es importante en aquellas situaciones en las que se le exige un tiempo de reacción. Si p. ej. un conductor tiene su mente concentrada en otro tema, los tiempos de reacción se prolongan. Este es el caso cuando en situaciones de lluvia el conductor está concentrado en discriminar objetos enfrente suyo, y de repente, un objeto aparece por un lateral. Su capacidad de concentración en el primer tema ha de terminarse, para pasar a un tema de emergencia.

Existen modelos relacionados con la atención ejecutiva que remarcan el papel de la capacidad mediada por los lóbulos frontales y su rol en lo relativo a mantener la ejecución de resultados y evitar distracciones conflictivas. Recientemente se ha desarrollado una tarea operativa (OSPAN) sencilla pero oportuna que se ha mostrado sensible a las diferencias individuales entre personas en lo referente a atención ejecutiva. Esta tarea OSPAN implica el mantener como fin de la tarea de memorizar items el recordarlos en el orden de la serie correcta mientras se realizan de forma concurrente diferentes tareas de distracción de índole matemática. Por tanto permite valorar los condicionantes atencionales que influyen en la capacidad de reacción. Las diferencias individuales encontradas en la ejecución de la tarea OSPAN han mostrado que predicen el comportamiento en un amplio grupo de tareas cognitivas clásicas de valor en ciertas tareas laborales, tales como la denominación de color Stroop y la tarea de ejecución de antisacadas, tareas de las que se piensa que requieren atención ejecutiva.

El estado atencional viene dependiente del grado de sobrecarga repetitiva y fatiga del sujeto. Si en situaciones de sobrecarga y fatiga diferentes tareas requieren recursos que utilizan el mismo canal de procesamiento, aumenta la carga de trabajo mental y con ello se facilita la modificación de patrones musculares. La capacidad para ejecutar simultáneamente varias tareas, como es el caso de mantener la función visual en el entorno, ejecutar maniobras con la dirección y regular la acción de los pedales, va a depender de la cantidad y del modo de procesar impuesto por cada una de las tareas. Si se trata de un procesamiento automático, la tarea requiere pocos recursos y será

posible ejecutar de forma simultánea varias tareas. En relación con el procesamiento de estímulos hay que mencionar la teoría de recursos múltiples. Ella explica la existencia de diferentes categorías de recursos, en relación a la función específica de la modalidad de entrada, esto es la restitución de información de la misma (canal visual, canal auditivo, etc.), y con ello los códigos que procesan y la ejecución de la respuesta (Figura 3).

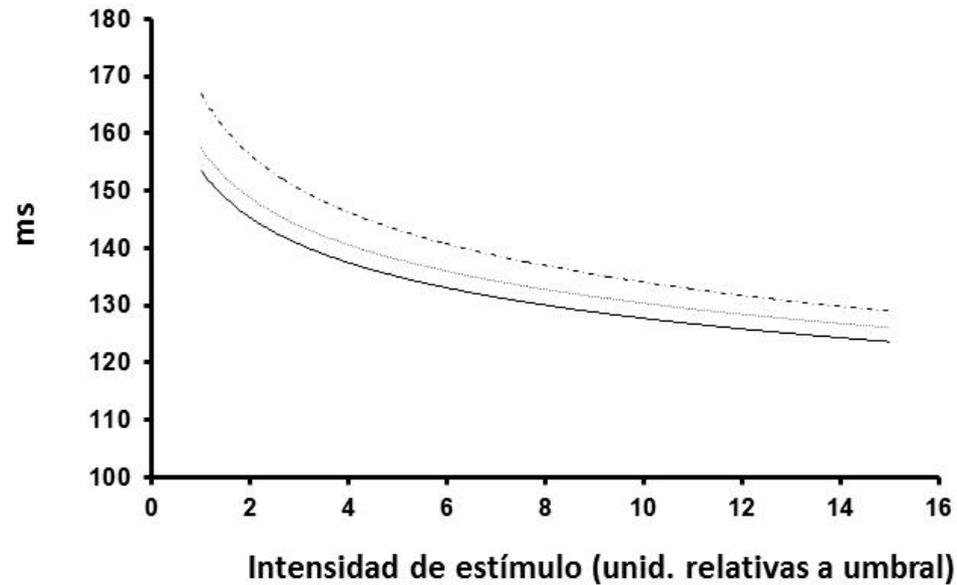


Figura 3. Tiempos de reacción según sea el estímulo visual (línea discontinua), auditivo (línea punteada) y combinado (línea gruesa). Cuando en una actividad el operario responde a más de un estímulo, la respuesta suele anticiparse.

2.3. Relevancia de la visión

El campo de la conducción profesional de vehículos ha sido un terreno bastante estudiado en lo relativo a la relevancia de la función visual en las respuestas motoras. A diferencia de las pruebas de agudeza visual estática, las valoraciones de percepción de riesgos, tal como las describen algunos investigadores, parecen desde hace tiempo estar relacionadas con la posibilidad de accidente. Diferentes mediciones óculo-motoras y atencionales darían de forma sistemática con los aumentos en la naturaleza de riesgo de una forma específica de conducción y parecen independientes de otros aumentos en la carga de trabajo visual. Es posible que estas estrategias de búsqueda visual sean en parte responsables de la baja frecuencia de accidentes de algunos conductores incluso en situaciones de conducción prolongada. Por ejemplo, hay conductores experimentados que tienden a vigilar y centrar la atención en un campo contextual reducido durante conducciones en entornos de baja demanda, esto es cuando no hay otros vehículos presentes. Sin embargo cuando la ruta tiene una mayor exigencia, como cuando se conduce en un área urbana o se está comprobando cómo va la circulación de tráfico en otros carriles cercanos, la búsqueda visual se extiende más dando lugar a periodos de fijación visual más breves, para así poder manejar mejor el aumento de la información visual. Sin embargo la presencia de un riesgo tal como la aparición de una bicicleta desde un lateral tiene exactamente el efecto opuesto, reduciendo la amplitud de búsqueda y aumentando las duraciones de la fijación visual en tanto en cuanto la atención se focaliza en el elemento de riesgo. Aunque esto puede ser una respuesta comprensible a un estímulo peligroso, resulta al final en una ceguera (funcional) temporal por pérdida de atención a otros estímulos presentes en la escena de la conducción. De esta forma si un peatón irrumpiera en la carretera mientras que la atención del conductor se encontrara en otro lugar, podría producirse el accidente.

Existen diferentes factores que pueden influir en la atención del conductor y en sus estrategias óculo-motoras para extraer información visual de la escena. Por ejemplo, la tasa de obtención de información visual aumenta a medida que aumenta la velocidad de conducción. Esto puede llevar a fijaciones oculares más breves y más prevalentes en un esfuerzo de compensar por los cambios más rápidos de la escena visual, o alternativamente, los conductores pueden intentar mirar más en distancias lejanas de la carretera. En relación con las tareas de seguimiento de coches se ha encontrado que un seguimiento cercano de un vehículo puede conllevar a duraciones más breves de fijación visual en el coche que se encuentra delante y mayor amplitud en la búsqueda visual. Diferentes investigadores han mostrado que un incremento en la dificultad en maniobrar en carretera conduce a un aumento en la frecuencia de muestreo, incluso cuando se comparan curvas sencillas con trazados rectos. El efecto que tiene una carga de trabajo aumentada sobre los movimientos oculares debido a una tarea secundaria es más complejo y de-

pendiente de la naturaleza de ésta. Las tareas verbales tienden a reducir las duraciones de la fijación y a aumentar la frecuencia de muestreo, mientras que las tareas de imaginación mental dirigen la atención con mayores fijaciones y una menor distribución de búsqueda.

2.4. Funciones superiores cerebrales y fatiga

La preparación de la acción es tarea relevante encargada al sistema nervioso central. En el trabajo el grado de automatización de la tarea, los engramas ya dispuestos van a ser primordiales en la ejecución de una respuesta oportuna, tanto en tiempo como en espacio. La capacidad para controlar, monitorizar y ejecutar patrones dirigidos hacia un fin es un tema de gran y reciente interés. Normalmente en nuestro entorno se encuentran múltiples pistas que conducen a la ejecución de determinadas acciones, siendo la mayoría de ellas irrelevantes en lo relativo a la ejecución de un plan motor que ya esté preparado. Para que los sistemas cognitivos de la persona se desplacen y de una forma flexible escojan una tarea o respuesta determinada dentro de un conjunto posible de tareas, han de actualizar y mantener la información relevante relativa a la acción mientras que han de resistir la posible interferencia de pistas irrelevantes que se originen en el entorno (sería por ejemplo cuando hay semáforos para carriles accesorios, que confunden al conductor que va por la vía principal). De esta manera se conforman como condicionantes de la capacidad de reacción rápida y activación postural del sujeto. La ejecución de planes de acción preparados por el sujeto puede requerir la sistematización operativa de diferentes procesos de control tales como son la inhibición, el desplazamiento y la actualización de reglas de acción.

Para el establecimiento de semejanzas de patrones musculares y gestos, el control de las funciones superiores ejecutivas y declarativas es fundamental y ambas pueden modificarse en situaciones de fatiga. Aunque la mayoría de los estudios se refieren a las funciones de control cognitivo, o funciones ejecutivas, como un conjunto de procesos de control, no es evidente si los procesos de control procedimentales, que monitorizan y regulan las acciones, son diferentes de los procesos declarativos, relevantes para el conocimiento y los hechos. Recientemente se ha sugerido una diferenciación entre la memoria de trabajo procedimental y la declarativa, siendo la memoria de trabajo declarativa responsable del mantenimiento de los hechos y del conocimiento y la memoria de trabajo procedimental siendo responsable de mantener la representación necesaria para la ejecución de la tarea actual. Esta hipótesis ha ganado un gran apoyo empírico. Específicamente el primero de estos estudios se hizo manipulando la carga de las memorias de trabajo procedimental y declarativa en una única tarea, encontrándose una interacción infra-aditiva.

Este resultado condujo a los autores a concluir que la actualización y mantenimiento de representaciones en la memoria de trabajo se procesa en dos subsistemas diferentes, procedimental y declarativo. Es de destacar que existen pruebas de que la capacidad de ejecutar reglas de trabajo complejas y nuevas puede ser más predictiva de una inteligencia fluida que las tareas de memoria de trabajo basadas en procedimientos declarativos. Por tanto, los trabajadores que estén expuestos a tareas complejas, susceptibles de fatiga han de requerir una capacidad de inteligencia determinada en la que los elementos procedimentales son de alto interés. Estos hallazgos dar un apoyo adicional a la distinción entre subsistemas de memoria de trabajo procedimentales y declarativos y a su evaluación.

Se podría predecir que la práctica puede mejorar la actuación al comparar antes y después de una prueba, en tareas que requirieran un control ejecutivo, esto es cerca de la transferencia. También se consideran en este contexto los estudios que incluyen mediciones de inteligencia tal como se ha realizado en análisis previos.

El control procedimental y ejecutivo está presente en gran parte de tareas tales como trabajar en cintas transportadoras o cadenas de montaje o empaquetado en las que la rapidez y exactitud en el gesto repetido es un componente básico de la tarea. Aunque son tareas que requieren la ejecución de actividades físicas de baja intensidad están repetidas en el tiempo. Está constatado por diferentes investigaciones que estos trabajos, si se realizan en condiciones de fatiga, pueden provocar dolor, sobrecarga o daño muscular, situaciones que a su vez afectan a la rapidez en ejecución de la tarea. En estos trabajos se puede estar sometido a un esfuerzo extenuante, adoptar posturas incómodas, realizar los movimientos de forma rápida y usar los mismos músculos rápidamente y por periodos prolongados de tiempo pudiendo ser causa de enfermedades laborales. Ciertas tareas en cintas transportadoras, tales como clasificación de vegetales, portar productos de la cinta a cajas, limpieza de fruta, empaquetado o procesado de comida requieren control procedimental y ejecutivo para realizar movimientos precisos y rápidos con participación de funciones superiores al requerir una interiorización de la acción a ejecutar ya que la misma ha de realizarse con precisión en las coordenadas espacio-tiempo, requiere capturar y soltar objetos delicados y en ocasiones solicitar además una decisión mental sobre la tarea, como es en el caso de seleccionar productos (Figura 4).

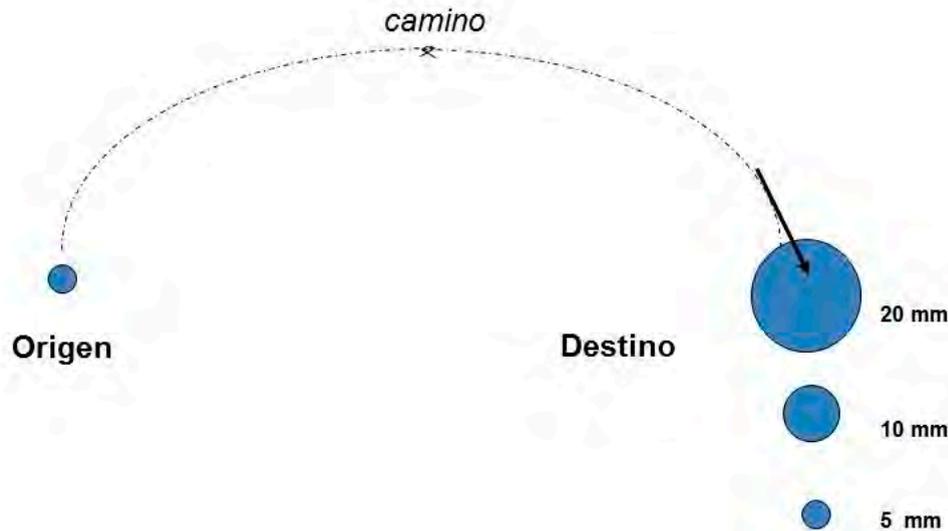


Figura 4. Existen trabajos, como ocurre en la colocación de objetos pesados en estantes de diferente tamaño (reponedores) en los que se requiere diferente precisión en las coordenadas espaciales de la tarea, debido al tamaño del lugar de destino, lo que conlleva diferentes tiempos de movimiento. Todo ello aunque la distancia desde el origen del movimiento sea la misma.

Un gesto sigue a otro, existe poco tiempo para perder la atención, requiriendo consciencia de la misma, consciencia que puede ser externamente modificada por parte del sujeto así como demandar una capacidad de reacción visual ante requerimientos externos. Ejemplos extremos se observan en la operación de máquinas y conducción de vehículos. Con estas premisas, el sistema nervioso programa los actos a ejecutar y el componente motor del sujeto ha de estar preparado para responder a cualquier alteración interna o externa de tal forma que el individuo pueda estar atento y anticipar adecuadamente un cambio en las condiciones o en la respuesta.

3

Elementos perceptivo-atencionales en tareas estímulo-respuesta



3. PREPARACIÓN MOTORA EN TAREAS ESTÍMULO-RESPUESTA

3.1. Fases del tiempo de respuesta

Cuando se habla de tiempos de reacción el procesamiento que el sujeto ha utilizado para generar la respuesta puede dividirse en una secuencia de componentes.

El primero que podría considerarse es el tiempo de procesamiento mental. Este sería el tiempo que toma para la persona que ejecuta la respuesta el percibir que una señal ha ocurrido y decidir ejecutar una respuesta. Por ejemplo sería el caso del tiempo que necesita un conductor profesional para detectar que otro vehículo se cruza directamente en su camino y decidir que los mecanismos de frenado tienen que aplicarse. Este tiempo de procesamiento mental se compone en sí mismo de cuatro partes. La primera es la sensación, que incluye el tiempo necesario para detectar una entrada sensorial desde un objeto originando un potencial evocado a nivel cerebral (Figura 5).

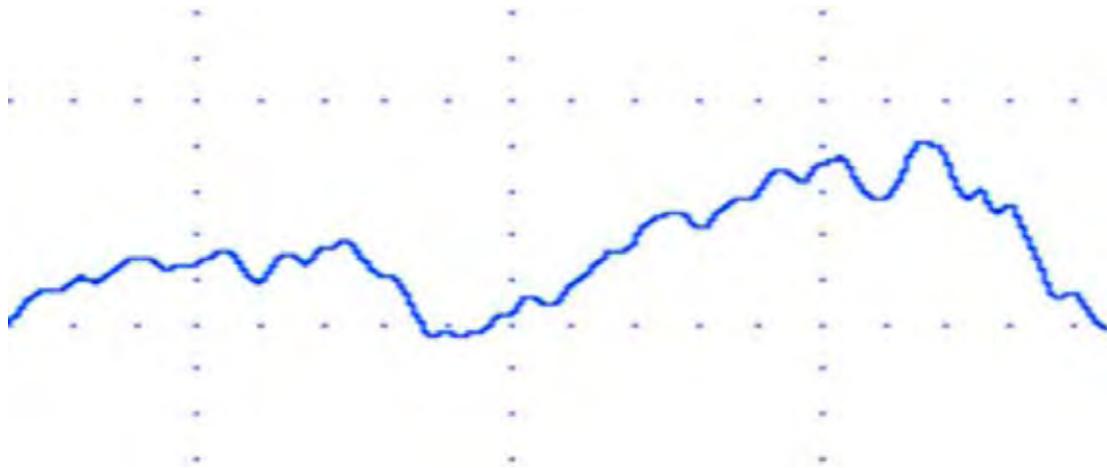


Figura 5. Potencial evocado somatosensorial

Si el resto de características son similares, el tiempo de reacción se reduce cuando la intensidad de la señal es mayor, sea por ejemplo luminosidad, contraste, sonido, etcétera (Figura 6). Está descrito que los tiempos de reacción son mejores para señales auditivas que para señales visuales. Este estado, la sensación, en sí mismo no produce una percepción consciente.

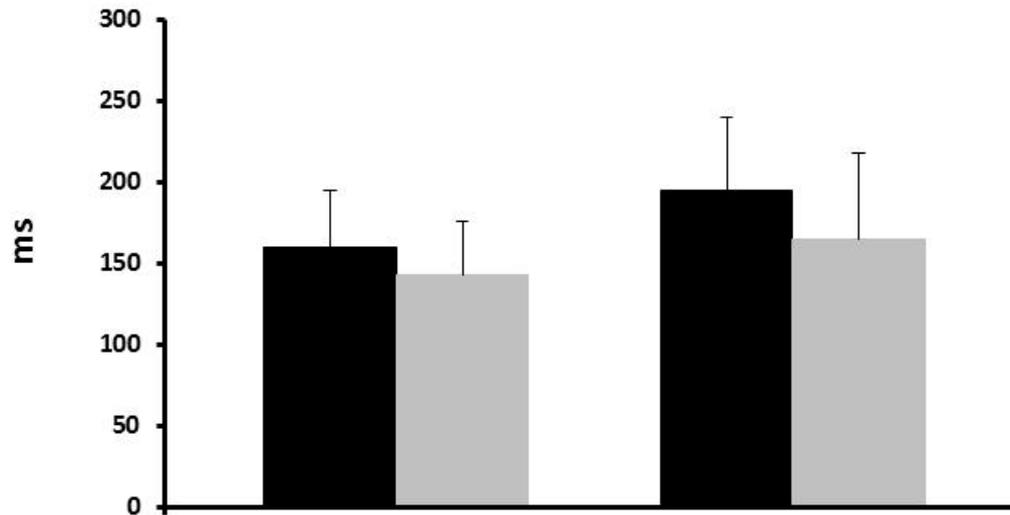


Figura 6. Tiempos de reacción en muñeca para señales auditivas (izquierda) y señales visuales (derecha). En negro estímulo de baja intensidad, en gris estímulo de alta intensidad.

El segundo estado o nivel sería la percepción o reconocimiento, e incluiría el tiempo necesario para reconocer el significado de la sensación, esto es, detectar las características semánticas del objeto sentido (Figura 7). Esta fase requiere la aplicación y uso de información desde los sistemas de memoria para interpretar la entrada sensorial. En algunos casos, cuando se considera que la respuesta es automática, esta fase es muy rápida. En otros casos, cuando la respuesta está controlada, puede tomar un tiempo considerable. Por lo general las entradas novedosas enlentecen la respuesta, como lo hace por ejemplo un estímulo de baja frecuencia (Figura 8), una falta de certeza -respecto a la localización del estímulo, su temporalidad de aparición por sus características- así como la sorpresa.

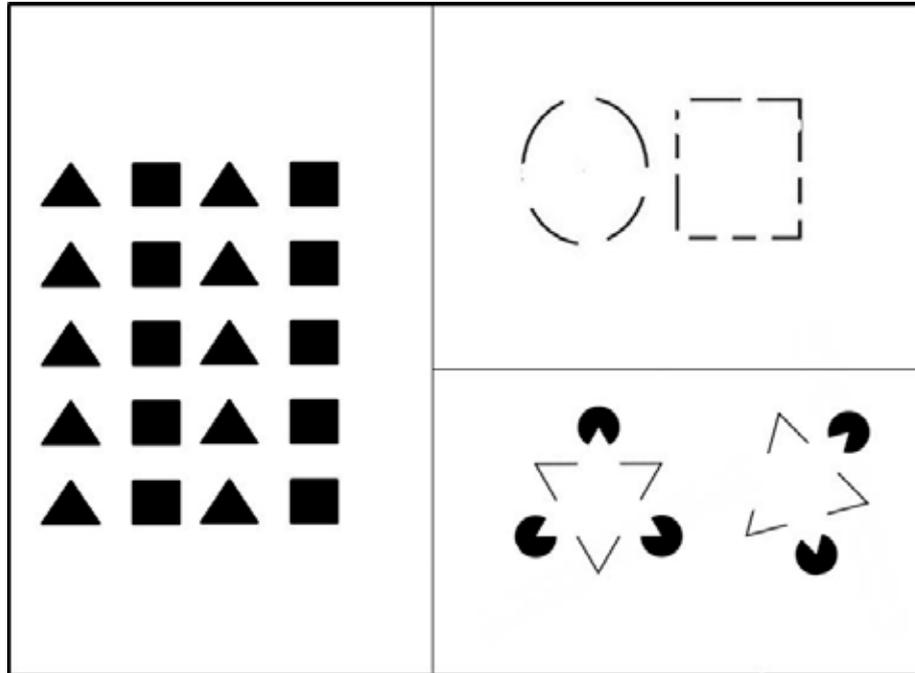


Figura 7. Leyes de la Gestalt y su influencia en la percepción del objeto. Se muestran dos de los principios descritos, como ejemplo. Principio de la semejanza (izquierda) y ley del cierre (derecha). Según el primero agrupamos los elementos similares (triángulos o círculos) en una entidad. Sería de relevancia p.ej. en la diferenciación de objetos a manipular de unas características óptimas (similares) o diferentes (defectuosos) en un trabajo en cadena. La semejanza depende de las características del objeto (en el sistema visual principalmente son forma, tamaño y color). Según la ley del cierre (derecha) los detalles relevantes que mantienen un patrón tienden a agruparse juntos y aunque no esté expuesto el objeto en su totalidad, los detalles sirven como parte de un modelo dándonos la característica semántica adecuada. Sería p.ej. el ver parcialmente partes de un peatón medio oculto tras un vehículo aparcado y con ello intuir que es un peatón y que puede cruzarse en el camino originando un accidente si no hay reacción.

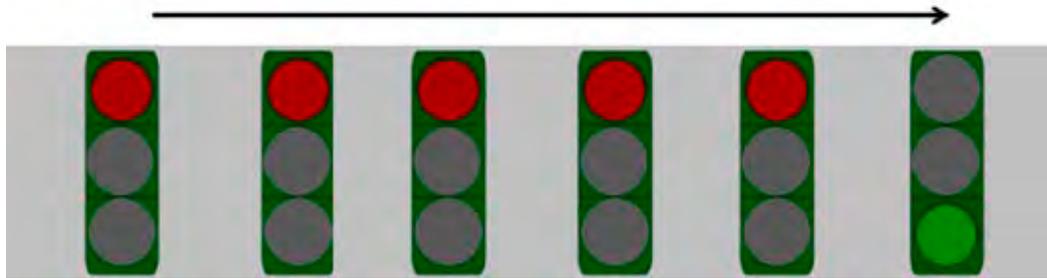


Figura 8. Si en una secuencia el sujeto ha de responder a dos estímulos, responderá con mayor tiempo de latencia a aquel de menor frecuencia de aparición (el semáforo en verde).

El tercer componente es la consciencia situacional, y se refiere al tiempo necesario para reconocer e interpretar una escena, extraer su significado y en algunas ocasiones obtener información para extrapolar en el futuro. Por ejemplo cuando un conductor reconoce que otro vehículo se cruza en su camino, y combina esta percepción con el conocimiento de su propia velocidad y distancia, es capaz de reconocer qué está ocurriendo y qué es lo siguiente que ocurrirá, esto es, la posibilidad de un accidente. Al igual que ocurre con la percepción o reconocimiento, los elementos novedosos enlentecen este procesamiento mental. De una forma añadida el recuperar información de la memoria de manera equivocada puede resultar en una errónea interpretación de la información.

La cuarta y última fase incluye la selección de la respuesta y programación de la misma. Esta fase incluye el tiempo necesario para decidir primero si se hace una respuesta, segundo su selección y por último la programación del movimiento a ejecutar. Implicaría para el caso mencionado, la toma de decisión por parte del conductor de realizar un frenado proporcionado y en su caso un cambio en la dirección. La selección de una respuesta se enlentece en aquellas condiciones en las que el tiempo de reacción responde a un estímulo múltiple. Y al revés, el hecho de practicar reduce el tiempo requerido. Por último hay que destacar que existen estudios de electrofisiología que muestran que la mayoría de la gente tiene potenciales preparatorios musculares previos al movimiento real (Figura 9). Es decir que la decisión para responder ocurre de una forma llamativa bastante antes que cualquier respuesta motora registrable pueda ser observada o detectada. Estas cuatro fases se consideran en su conjunto como tiempo de percepción, siendo un término quizá no muy acertado ya que la selección de la respuesta y ciertos aspectos de la consciencia situacional son parte de la decisión y no de la percepción.

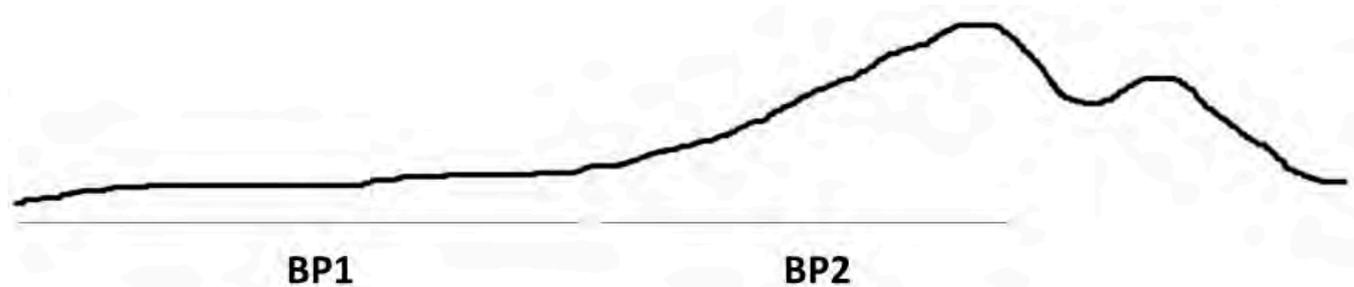


Figura 9. Representación de potencial premotor o de preparación (Bereitschaftspotential; readiness potential). Componente precoz (BP1), componente tardío (BP2).

Una vez que la respuesta ha sido seleccionada, el sujeto ha de realizar el movimiento muscular. Es sabido que se requiere cierto tiempo para ejercer una respuesta. En algunas situaciones como es el caso de los conductores que requieren levantar el pie del acelerador y pisar el freno la acción es en sí más compleja ya que se necesita dejar de ejecutar una tarea para realizar otra. Diferentes factores pueden afectar estos tiempos de movimiento. Habitualmente los movimientos más complejos requieren tiempos de movimiento más prolongados, mientras que la práctica reduce los tiempos de movimiento.

Es frecuente en contextos como son la reconstrucción de accidentes donde se valora la presencia de reacciones de los sujetos, el valorar tiempos de reacción estándar como indicadores de rendimiento, tal como pueda ser un segundo y medio al analizar un caso particular. Sin embargo el tiempo de reacción es un constructo complicado que se ve afectado por un gran número de variables. Su estandarización es un tema muy complejo, y muchas personas cuando hablan de tiempo de reacción utilizan unas cifras determinadas sin valorar ni apreciar el origen de las mismas, ni cómo fueron obtenidas las variables de las que depende el tiempo de reacción. Existen diferentes clases de tiempo de reacción, teniendo cada una diferentes propiedades.

Por otra parte en los tiempos de respuesta hay que considerar en ocasiones el tiempo que se sobreañade debido al tiempo de actuación de los dispositivos mecánicos de respuesta. Tal es el caso de los sistemas de frenado que requieren la actuación conjunta de elementos físicos, fuerzas, manejo de la fuerza de la gravedad y utilización de elementos de fricción.

Como condicionantes específicos relativos a la capacidad de reacción en el caso de la conducción profesional y de percibir riesgos se ha investigado utilizando un amplio rango de metodologías y elementos usados como estímulos. Sin embargo, la forma más frecuente en las pruebas actuales exige a los participantes hacer respuestas motoras limitadas ante riesgos potenciales mientras las personas miran una serie de videos que se encuentran tomados desde la perspectiva del conductor en modelos de conducción en diferentes situaciones. La latencia promedio entre la aparición de un riesgo, tal como la irrupción de un peatón en la carretera, y la respuesta del participante se considera como la medida de capacidad de percepción del riesgo. A esto se suma que existen limitaciones en las investigaciones relativas a las actividades prolongadas y a la valoración que se pueda tener del fenómeno de la fatiga. Existe una gran dificultad en encontrar una definición común para determinar qué es la fatiga. En ocasiones la fatiga se ha relacionado entre otros con cambios en la frecuencia cardiaca, con una reducción en la respiración, con la reducción en los movimientos ejecutados así como con tiempos de reacción prolongados. Una alternativa al término fatiga se ha referido a los cambios y variaciones del sujeto en el nivel de alerta, siendo sugerido desde hace tiempo por diferentes autores.

Debido a la fatiga y a otros condicionantes ya referidos el tiempo necesario para ejecutar de forma eficiente una respuesta es en ocasiones muy superior a lo que puede considerarse un tiempo de reacción. En el caso de la conducción el tiempo de reacción que pertenece al conductor suele consumir una gran parte de la distancia recorrida. En otras actividades como la decisión rápida de selección de productos a manipular en cintas transportadoras o cadenas de montaje o empaquetado se observa el mismo fenómeno. Esta es una de las razones por las que es necesario valorar adecuadamente la automatización de la tarea, yendo con ella una reducción en la latencia de respuesta y aumentando la velocidad de respuesta.

3.2. Automatización y anticipación de respuesta

La activación de la respuesta muscular y dentro de ella el resultado de la acción de patrones musculares va a depender de la jerarquía de una tarea, que se ha definido en tres niveles. Diferentes publicaciones han explorado esta jerarquía. El primer nivel es estratégico y constituye la ejecución de decisiones, esto es por ejemplo en la conducción de vehículos elegir seguir una ruta, o en cintas transportadoras o tareas en cadena el decidir extraer un producto de determinadas características. El segundo nivel es táctico e incluye ya los patrones musculares reactivos o maniobras frente de la situación que se plantee, como son por ejemplo las reacciones al comportamiento de los otros conductores así como las maniobras para seguir en el camino. En el caso de una cinta transportadora podría contemplar la activación de un determinado patrón con músculos estabilizadores (ej. de columna) y ejecutores (ej. de miembro superior). El tercer nivel es operacional, y se refiere al control del vehículo esto es el poder llevar la trayectoria adecuada e implica una mayor precisión en patrones musculares habiendo hecho previamente una estimación del movimiento exacto requerido. En base a estas descripciones se puede diferenciar un procesamiento o bien controlado o bien automático de la información en dependencia del nivel de tarea (Figura 10). Para el primer y segundo nivel, se considera que los procesos, de alto nivel, se realizan con un procesamiento controlado lento, seriado, consciente y flexible. Aún es más, la ejecución de la toma de decisión y las maniobras y gestos motores a ejecutar implican un procesamiento voluntario de los diferentes elementos de la situación de conducción permitiendo al conductor el seleccionar y diferenciar los patrones musculares y gestos necesarios, incluso en situaciones de fatiga. El tercer nivel requiere más bien procesos de bajo nivel, con un procesamiento automático rápido, inconsciente y se podría decir que más rígido.

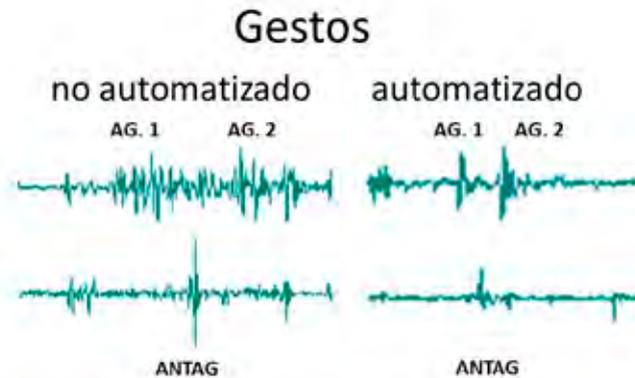


Figura 10. En los gestos controlados (no automatizados) la actividad muscular es más duradera y se requiere mayor activación de fibras. En aquellos más automatizados, la actividad es más rápida con menor requerimiento muscular. Sería la comparación entre movimientos del trabajador inexperto y del experto.

Los patrones motores resultantes expresados a través de una situación real pueden hacer evidente los mayores condicionantes relativos a la capacidad de reacción. Los modelos más usados establecen la relación entre demandas de la tarea y su ejecución en dependencia de la carga de trabajo mental. Estos modelos asumen que cuando la situación es de baja demanda, tal es el caso en la conducción a través de autopistas largas y monótonas, o al revés cuando la situación es de alta demanda, como es el caso de conducción en ciudades donde existe mucha información para procesar, los conductores se encuentran saturados con un aumento en la carga de trabajo lo que conduce a alteraciones en la ejecución, máxime si cabe en situaciones de fatiga. En las situaciones monótonas, la tarea se corresponde a un nivel operacional de mantenimiento de trayectoria, con un procesamiento automático de la información que puede llevar a una reducción en la vigilancia (Figura 11); de forma añadida puede requerir la utilización mantenida de grupos musculares con la subsiguiente fatiga. La ejecución de la tarea requiere por tanto de un alto esfuerzo y resistencia a la fatiga para mantenerse alerta.



Figura 11. Tipos de procesamiento y tiempos de reacción en base a la curva Yerkes-Dodson.

Las situaciones muy complejas también conllevan un alto nivel de carga de trabajo, ya que requieren principalmente del uso de estrategias y maniobras, tareas de las denominadas de primer y segundo en nivel, que requieren un procesamiento controlado de gran cantidad de información, para luego poder ejecutar el gesto motor adecuado. Por otra parte, los recursos requeridos en situaciones muy complejas pueden superar a los recursos disponibles, llevando a un aumento de carga de trabajo y alteraciones en la ejecución caracterizada ésta por una pérdida de semejanzas de patrones musculares (Figura 12) con una velocidad y precisión inapropiadas para la realización de la tarea. De esta forma una consecuencia evidente es la posible aparición de errores humanos.

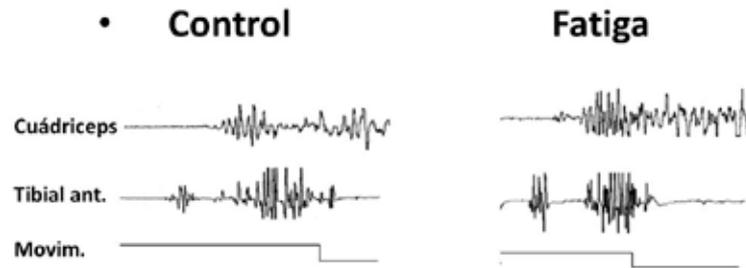


Figura 12. Paso de sedestación a bipedestación. Menor sincronía muscular en situación de fatiga.

Sin embargo cuando la situación es de demanda moderada, como acontece en la conducción de vehículos a través de caminos rurales, tal es el caso de profesionales de agricultura y ganadería, el nivel de carga es relativamente bajo e incluso si sube existen estrategias compensatorias que se activan para mantener una buena ejecución. Aún es más en el caso ampliamente estudiado de la conducción es una tarea bastante operacional, estando en lo que se puede denominar un tercer nivel con un procesamiento automático de la información pudiendo ser también táctica, en un segundo nivel, requiriendo ciertas maniobras motoras que conllevan un procesamiento controlado. Por tanto por el hecho de que la tarea probablemente no se encuentra enteramente automatizada, los conductores no necesitan producir un esfuerzo sobreañadido para mantenerse alerta.

El nivel de demanda viene influido por el nivel de tensión emocional del sujeto de tal manera que se ha descrito que existen movimientos groseros que pueden ser acelerados mientras que hay movimientos finos que pueden ser enlentecidos. Se han hecho intentos en aplicar modelos de estrés a situaciones de riesgo. Se ha comprobado que un estrés indeseable no depende tan sólo de la intensidad de las demandas que se colocan en él sino también de la duración de las mismas. Una limitación de los hallazgos que han sido publicados durante los últimos años es que tan sólo suelen considerar los riesgos abruptos, esto es aquellos que acontecen en un período breve de tiempo. Aunque el resultado de un esfuerzo atencional ante un riesgo abrupto fuera peligroso en potencia, habría que valorar cuanto peor podría ser en el caso de que el riesgo fuera de duración prolongada. Cuanto más dura un

proceso estresante, mayor es la tensión que se adscribe en el trabajo. Un ejemplo característico es la situación que se presenta durante la conducción de vehículos bajo presión temporal como ocurre en servicios de urgencia. En estas situaciones el conductor se ve expuesto a un riesgo prolongado, que puede incluir velocidades altas, comportamiento de conducción en proximidad de otros vehículos, maniobras en la carretera poco convencionales y además la carga mental adicional de las actividades de comunicación y toma de decisión. Todos estos factores son condicionantes relativos a la capacidad de reacción, magnificándose en estados de fatiga.

El grado de preparación y automatización en una tarea suele depender de la experiencia del sujeto. En el caso bastante estudiado de la conducción los estudios epidemiológicos muestran que los conductores noveles tienen un riesgo de accidente superior al de los conductores experimentados. Una explicación puede obtenerse del modelo denominado de seguridad subjetiva que revela que las estrategias de adaptación se establecen como una función de las características de situación y de los conductores. La capacidad de éstos depende en particular del grado de precisión en la percepción de la complejidad de la situación, en las demandas de la tarea y en las capacidades cognitivas posibles en el momento de la toma de decisión. Como condicionantes perceptivos se ha demostrado que las estrategias visuales de los conductores noveles son menos eficientes y flexibles que aquellas de los conductores experimentados. Se considera que los conductores noveles habitualmente monitorizan y estiman más qué es lo que ocurre delante de su vehículo y sea cual sea la complejidad de la situación su estrategia preparatoria de patrones de respuesta permanece rígida.

En relación con las estimaciones de movimiento en situaciones de fatiga hay que constatar que los conductores noveles tienen a menudo una valoración equivocada de la situación y establecen maniobras compensatorias de una forma tardía. Habitualmente muestran una tendencia a sobrevalorar sus capacidades en relación con una consecuente infravaloración de los riesgos de accidente. Como contraposición, parece ser que los conductores experimentados son capaces de adaptar su estrategia aumentando el rastreo horizontal mostrando por tanto unos condicionantes perceptivos mejores en lo relativo a la capacidad de reacción y activación postural. Éstos pueden por tanto procesar más información, que es útil para mantener una buena ejecución, a pesar de un alto nivel de carga de trabajo mental. Y también parecen poseer una mayor rapidez cognitiva anticipando en relación con las situaciones ya conocidas, lo que es necesario para hacer una decisión eficiente, especialmente en situaciones complejas. De forma opuesta, la automatización de la tarea, adquirida con el aprendizaje, puede ser inadecuada en ciertas condiciones de conducción requiriendo un comportamiento flexible en situaciones inusuales y de riesgo.

3.3. Tareas con temporalidad de respuesta anticipatoria

Existen ocasiones en las que la respuesta del sujeto requiere de estimaciones internas y no se vincula directamente a un estímulo externo. Tal es el caso del tiempo de colisión que viene tan sólo dependiente del propio sujeto. Este es el caso cuando una persona cae desde cierta altura, o el del conductor que activa el freno en el momento apropiado antes de una curva. En ambas situaciones tienen que valorar cuando y cuanto activar diferentes grupos musculares para que el contacto con el suelo o el manejo eficiente de la curva sean los apropiados. Estas estimaciones se encuentran dentro del contexto de la denominada teoría tau, en la que se establece que las personas utilizan una combinación de elementos del entorno y su experiencia previa para poder determinar cuándo programar el comienzo de acción de un patrón muscular determinado. Esta es una situación especial en que el estímulo para la respuesta no es un estímulo externo que aparece en un momento determinado, sino que el estímulo vinculado a una estimación siempre está presente y es el sujeto el que ha de determinar cuando existe un supuesto “estímulo interno” que provoca que decida activar el patrón.

En otras circunstancias el sujeto considera que tiene unos estímulos en unas zonas determinadas del espacio que le rodea. Este es el caso del trabajador en cadenas de montaje cuando la temporalidad de su actividad (ej. adecuar piezas, seleccionar hortalizas a empacar) depende de varios elementos que se le aproximan y es él el que ha de decidir cuándo empezar a actuar. Ocurre también en otros contextos laborales, como es el caso de la conducción. En este caso la mayoría de los conductores están habituados a percibir la aminoración de velocidad del vehículo que se encuentra delante mediante la comprobación de sus luces de frenado. Sin embargo en ciertas circunstancias el frenado ocurre sin que las luces se enciendan, y si el conductor por su estado de fatiga, no ha estado vigilante de la reducción visualmente percibida de la distancia con el otro coche, puede realizar su frenado de una forma tardía. En otras situaciones es incluso posible que no ejecute un frenado al no considerar que el vehículo de delante lo ha hecho, situación parecida a los choques por alcance que ocurren en las rampas prolongadas en carreteras de montaña. En estos casos, vehículos lentos son alcanzados por otros que no han podido percibir la cercanía de aquellos. En este último caso se entra en el contexto general referido a lo que se denomina como tiempo hasta la colisión. Este tiempo hasta la colisión es un tema complejo que implica la capacidad de sujeto de estimar los diferentes movimientos ejecutados por él mismo y por el lugar de destino o colisión y con todo ello calcular el lugar y tiempo de contacto posibles originando tiempos de respuesta prolongados. Es un problema en el que la función visual es muy relevante estando modulada por los estados de fatiga.

Los tiempos de respuesta prolongados pueden significar que las situaciones complejas, como es el caso en situaciones de fatiga, requieren un procesamiento controlado de la información, necesario para la estimación de movimiento y ejecución de decisiones y maniobras, tal como se consideran las tareas de primer y segundo nivel. Sin embargo habría que matizar esta interpretación ya que se han encontrado casos de personas con alta capacidad que pueden controlar de forma simultánea varias tareas sin ninguna reducción en la ejecución de ambas. Por tanto es posible que algunos operarios ejecuten correctamente múltiples tareas en situaciones muy complejas incluyendo aquellas bajo fatiga y no siendo un condicionante relativo a la capacidad de respuesta y activación postural.

4

Elementos perceptivo-atencionales en tareas estímulo-respuesta



4. COMPLEJIDAD DE LA TAREA Y TIEMPOS DE REACCIÓN O RESPUESTA

4.1. Tareas simultáneas

Es frecuente que en el trabajo habitual las personas realicen múltiples tareas de forma simultánea. En estos casos los condicionantes perceptivo-atencionales y de procesamiento central son clave en lo relativo a la capacidad de reacción y activación postural. Uno de los hallazgos más potentes en ciencias cognitivas es el hecho de que la atención parece tener una capacidad ilimitada. Hay una asociación muy bien establecida entre atención y ejecución, de tal manera que dirigiendo más atención a una tarea mejora su ejecución a no ser que efectos suelo o efectos techo enmascaren la relación. En ningún lugar se encuentran estas limitaciones de forma más evidente que en situaciones en las que las personas, bajo condiciones de esfuerzo y fatiga, intentan realizar dos o más tareas que demanden atención de forma concurrente. En estas situaciones aparece un patrón recíproco, de tal manera que la ejecución óptima en una tarea ocurre a expensas de la otra. El sentido común sugiere que las personas no pueden realizar trabajos con múltiples tareas o compartir tiempo sin reducciones en la ejecución en una o más de las tareas constituyentes y esto puede deberse, al menos en parte, a la existencia de cuellos de botella a diferentes niveles. Bien en competición de respuesta en ambas tareas, en la superposición en la utilización de recursos o en el procesamiento central. Aún es más, en estudios controlados utilizando el paradigma del periodo refractario psicológico se ha encontrado la ausencia de pruebas de compartir tiempo de forma perfecta.

Un fenómeno especial en lo relativo a tareas complejas es el consecutivo a la ceguera atencional, de frecuente observación actual en el uso simultáneo de teléfonos móviles junto a otra tarea laboral. Una forma frecuente de multitarea implica el uso concurrente de un teléfono móvil mientras se conduce. El Consejo de Seguridad Nacional de Estados Unidos (2010) ha estimado que el 28% de accidentes y fallecimientos en las autopistas americanas son causados por conductores que utilizan teléfonos móviles. De esta manera aunque existe un gran número de pruebas que muestran que la ejecución de varias tareas a la vez dificulta la conducción, grandes segmentos de la población realizan con regularidad este tipo de actividades. Con alta frecuencia se oye a personas que dicen que no encuentran dificultades en hablar por teléfono mientras conducen, aunque admitan que otras personas conducen de forma errónea cuando utilizan sus teléfonos móviles. Se ha sugerido que la ceguera atencional asociada con las conversaciones con teléfonos móviles hace a estos conductores inconscientes de sus propios trastornos en la conducción. También es posible que estas aseveraciones se originen en parte por la tendencia general de muchos

a considerar que su capacidad de conducción se encuentra sobre la del promedio. Se estima que más del diez por ciento de los conductores en Estados Unidos se encuentran hablando por teléfono mientras conducen. De manera consistente con la literatura en temas atencionales, las investigaciones han demostrado que la ejecución de la conducción se encuentra degradada de forma significativa por el uso de teléfonos móviles. Por ejemplo cuando los conductores hablan, bien con un teléfono de mano o un sistema sin manos, los tiempos de reacción de frenado se encuentran retrasados, la detección de objetos se halla alterada, los potenciales cerebrales con el contexto de tráfico se encuentran suprimidos e incluso aumentan las tasas de accidentes. Por ello en los trabajos que implican conducción de vehículos ésta otra actividad es un condicionante real y relevante que delimita la capacidad de reacción y el establecimiento de patrones musculares apropiados. En diversos contextos se ha demostrado que existe una fatiga mental en estas tareas múltiples ya que las conversaciones con teléfonos móviles conducen a una forma peculiar de ceguera con falta de atención, originando que los conductores no sean capaces de ver hasta la mitad de la información en el entorno de conducción que ellos podrían haber detectado si no estuvieran hablando por el teléfono.

Los condicionantes relativos a capacidad de reacción y activación postural vienen muy determinados por la carga mental y esto se ve maximizado cuando la situación es compleja. En el caso de tareas simultáneas es de especial interés una adecuada valoración de la carga de trabajo mental. Su análisis es necesario para poder sopesar los patrones musculares y gestos resultantes y la estimación de movimiento en situaciones de fatiga por exceso de tareas. La carga de trabajo mental puede correlacionarse con modificaciones fisiológicas debidas a la interacción de las demandas de la tarea, las circunstancias bajo las que se ejecuta, así como las destrezas utilizadas, comportamiento y percepciones del individuo. De esta forma los indicadores fisiológicos, máxime en situaciones de fatiga, se utilizan con frecuencia como una medida objetiva de la carga de trabajo mental. La ejecución de una tarea secundaria, como es frecuente en el caso de conductores (p.ej. los conductores de autobús que han de expender billetes), ha de tenerse también en cuenta para una valoración objetiva de la carga de trabajo mental. Diferentes estudios han analizado los efectos de la complejidad de la situación en la carga de trabajo mental objetiva y en la capacidad de ejecución. El registro usado con mayor frecuencia es la medición de función cardiaca. En los últimos años se ha comprobado que la complejidad de la situación tiene un efecto en la carga de trabajo mental objetiva con un aumento tanto de la frecuencia cardiaca promedio, como por un incremento de la frecuencia cardiaca cuando la complejidad aumenta de una tarea única a una tarea doble. La mayoría de estas situaciones complejas estudiadas lo fueron en contextos de conducción. Se comprobó que lo complejo de una situación dificultó la ejecución de la conducción con un aumento de la desviación estándar de la direccionalidad lateral, entendiéndose del

vehículo y un aumento de la desviación estándar del ángulo del volante incluso cuando se adoptaba una estrategia compensatoria como es la reducción de velocidad. En las situaciones complejas, el procesamiento prolongado y seriado de la información probablemente ha alterado los patrones musculares y con ello, en el caso estudiado, la actividad de conducción con una pérdida de control del vehículo, esto es, un aumento de la desviación estándar de la posición lateral y un aumento de la del volante. De forma concurrente al aumento de la frecuencia cardiaca promedio, los trastornos en la ejecución de la tarea doble se observaron conjuntamente a una reducción de las tasas de respuesta correcta a la tarea secundaria y con unos tiempos de reacción más prolongados para la tarea dual que para la tarea individual.

A la vista de estos hallazgos de demanda de las tareas, capacidad de acción y distracción en el trabajo, podría parecer que las reglas generales de la atención deberían de aplicarse a todas las personas y situaciones. Sin embargo hay que reconocer que existen diferencias individuales entre las personas y que por ello es de interés el examinar los perfiles que pueden aparecer en individuos concretos y tareas puntuales. Podría ser posible que un grupo pequeño de población fuera capaz de realizar múltiples tareas complejas con muy poco coste o un coste nulo en lo relativo a semejanzas de patrones musculares y debido a los condicionantes relativos a la capacidad de reacción. La idea de que haya personas que tengan capacidades multitarea excepcionales no parece lejana de la realidad si consideramos que existen casos bien documentados de personas que demuestran capacidades de memoria extraordinaria. La duda que surge es si existen personas en nuestro entorno que sean capaces de realizar varias tareas sin coste y de forma especial en situaciones de fatiga y en concreto el saber si son por ejemplo capaces de hablar por teléfono mientras conducen sin una gran merma en ambas actividades. En su caso interesa saber cómo son capaces de ejecutar ambas tareas yendo contra las normas consideradas como usuales en relación con los sistemas atencionales como condicionantes relativos a una capacidad de reacción adecuada en multitarea.

Existe una pregunta que subyace a estos hallazgos y es el saber por qué no todas las personas son capaces de ejecutar varias tareas sin la existencia de coste. Se pueden considerar dos posibilidades. Primero que exista algún tipo de coste asociado, pero no detectado, en ser una persona capaz de ejecutar varias tareas a la vez. Es posible que al igual que existen pacientes que asociado a su defecto tienen grandes capacidades, existan personas que incurran en un coste para poder ejecutar varias tareas sin coste en las mismas. Es decir que otras capacidades de procesamiento tuvieran que asumir este coste pero que no se detectaran en la estimación de movimientos determinados, no evaluados, ni en situaciones de fatiga. Por otra parte hay que destacar que ha sido en los últimos años cuando se han desarrollado múltiples tecnologías que permiten detectar a estas personas y a sus capacidades,

quizá debido en parte al alto valor que actualmente se da a realizar varias tareas de forma simultánea. Un tema todavía no resuelto es saber si en estados de fatiga estas personas realizan con una alta semejanza los patrones musculares y gestos requeridos para cumplimentar las tareas.

4.2. Tareas sucesivas

En la valoración de la capacidad laboral en tareas estímulo-respuesta hay que considerar también los tiempos de reacción en tareas en las que el sujeto tenga que realizar sucesivas respuestas motoras. Si se da el caso de un conductor que tiene que reaccionar hacia un lado, y rápidamente tiene que reaccionar hacia otro, el haber reaccionado al primer movimiento enlentece la reacción para el segundo. Por ejemplo en una cadena de ensamblaje un operario puede ser requerido para encajar piezas y acto seguido recolocarlas con precisión en una estructura determinada. De la misma forma se describe en psicofísica el retraso que existe en responder a un estímulo de una localización determinada si se ha respondido anteriormente a otro estímulo en la misma localización (fenómeno de inhibición de retorno). En tareas prolongadas, el contexto determina los condicionantes de respuesta a demanda, como en el caso de la conducción prolongada. En este enfoque una situación de conducción se puede definir como el entorno del sistema hombre-máquina desde el punto de vista del conductor. Este contexto se representa de una forma delimitada y finaliza con un cambio en el entorno, esto es la conducción libre con cambio de condicionantes que se siguen unos a otros en lo que podría denominarse por algunos autores como un seguimiento. La complejidad de una situación de conducción, como modelo de otros trabajos, depende de varios elementos que conforman el entorno tales como el diseño de las calzadas –autopistas, caminos rurales o calles de ciudad-, características de la calzada –rectas, curvas, inclinaciones, presencia/ausencia de intersecciones -, influjo del tráfico –alta/baja densidad- y otros factores. En general esta taxonomía de complejidad de situación va a condicionar los patrones musculares y gestos de respuesta en un trabajo concreto. Por tanto las estimaciones de movimiento más complejas se podrían plantear, en el ejemplo considerado, categorizando una situación de conducción como muy compleja, como aquella de una calzada urbana, con curvas e intersecciones y con una alta densidad de tráfico.

En otras circunstancias no se requiere a las personas el cambiar entre fases de una misma tarea, sino que se les requiere el cambio total de tarea. Sería por ejemplo el caso de reponedores de supermercado que cambian a actividad de caja. En este paradigma los participantes han de cambiar entre dos o más tareas, con un coste en el tiempo para su ejecución. Este coste se observa en aquellas situaciones que requieren un cambio de tarea en comparación con aquellas en las que no se requiere el cambio, es decir lo que se calcula es el coste del cambio de tarea. Es

importante valorar que el paradigma de cambio de tarea no requiere tan sólo recursos en lo relativo al cambio de la misma sino que también en términos de la mejora de la memoria de trabajo procedimental por lo que se valoran como relevantes las funciones superiores de esta índole. Sería el caso de un operario que p. ej. tras el transporte manual de una mercancía durante un recorrido prolongado requiere cambiar a la tarea de depositar los objetos transportados en estantes de almacén. Se ha comentado que el cambio de tarea requiere una recuperación de reglas de acción, esto es reglas estímulo-respuesta de la tarea a ejecutar dentro de la memoria de trabajo. Por tanto un aspecto importante del cambio de tarea, y con ello del uso de recursos que pueden estar al límite de la fatiga, incluye la capacidad de mantener, actualizar y proteger las reglas de la tarea dentro de la memoria de trabajo.

5

Determinantes de los recursos metodológicos, recomendaciones y propuestas de estudio



5. DETERMINANTES DE LOS RECURSOS METODOLÓGICOS, RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS DE ESTUDIO

5.1. Diferencias individuales

En el mundo laboral se valora el rendimiento individual. Sin embargo las teorías actuales en ciencias cognitivas sobre la atención suelen dirigirse a caracterizar comportamientos de grupo y en muchas ocasiones niegan las diferencias entre individuos. De una forma consistente con análisis previos se puede sugerir que como metodología a seguir en estudios, el incorporar un apartado de diferencias individuales mejoraría de forma significativa nuestra comprensión de la atención y la ejecución de patrones musculares y gestos en situaciones de fatiga tanto en laboratorios tradicionales como en contextos aplicados. De una forma especial aquellas personas que realizan una tarea dual de una forma significativamente mejor, o significativamente peor, que el promedio del grupo pueden ayudar a dar cierta luz en lo relativo a los mecanismos de control atencional y cognitivo de una forma similar a como los fallos en percepción y memoria nos ayudan a comprender las reglas que dirigen la percepción y la memoria normales. Los resultados encontrados hasta el momento sugieren que la mayoría de las personas tienen una dificultad significativa y bidireccional en tareas duales (p. ej. utilizar teléfonos móviles mientras están conduciendo). Pero por otra parte se comprueba que existen personas con capacidad extraordinaria para la ejecución de tareas múltiples. El hallazgo de estas diferencias individuales es importante en tanto en cuanto permite reevaluar las teorías actuales que postulan la existencia de cuellos de botella en la ejecución de tareas múltiples.

Es de interés en la valoración de semejanzas de patrones y gestos en estados de fatiga el identificar estas personas con capacidad de multitarea. Para identificar aquellas con capacidad de multitarea extraordinaria se ha utilizado recientemente como sistema un simulador de conducción de alta fidelidad para emparejar la tarea de conducción a una tarea tipo siendo una versión auditiva de la tarea de memoria de trabajo referida (Operation Span Task OSPAN). Los sujetos realizaron la conducción y la tarea OSPAN tanto en combinación como también las realizaron de forma individual. Se podría considerar que la mayoría de los sujetos mostrarían una reducción en la capacidad de conducción y de la tarea OSPAN cuando se realizaran de forma conjunta en comparación a cuando se realizaran de forma individual. Si el patrón fuera así mostraría el papel que la atención ejecutiva realiza en la conducción y daría pruebas del hecho de que la interferencia en una tarea doble puede ser bidireccional, esto es que existen costes para ambas tareas conducción (como patrón y gesto motor) y tarea OSPAN. Pero si existieran personas con una

capacidad de multitarea excepcional podrían ser capaces de ejecutar estas dos tareas en combinación sin ninguna limitación. El estudio ha permitido demostrar que existen personas con una capacidad extraordinaria para hacer varias tareas a un nivel que la mayoría de la población sería incapaz de ejecutar sin caer en la presencia de costes. Las características comportamentales de estas personas parecen ser relevantes en otras actividades que requieren la coordinación de diferentes tareas concurrentes, como es el caso de tareas manipulativas en cirugía o el pilotaje de naves aéreas especiales donde se requieren unos patrones motores y gestos específicos incluso en situaciones de fatiga.

En relación con la tarea utilizada en estudios experimentales, la tarea OSPAN, podría decirse que no es una tarea idéntica a la frecuentemente estudiada de mantenimiento simultáneo de conversación con teléfono móvil. Sin embargo el elemento racional en utilizar la tarea OSPAN se basa en la unión que existe en el uso de atención ejecutiva en un contexto multitarea. De forma añadida las directrices para valorar la ejecución de la tarea OSPAN son objetivas y fácilmente cuantificables y por ello la combinación en una tarea dual permite una demostración de la interferencia bidireccional. Utilizando la lógica de tarea dual desarrollada ya en los años 70 y de uso actual, la reducción en las puntuaciones OSPAN para la mayoría de las personas implica que llevar un vehículo a motor origina también necesidades de control cognitivo en relación con la atención ejecutiva. El estudio mencionado no refleja meramente datos estadísticos. La ejecución en una única tarea por las personas con estas funciones excepcionales era también alta. Hay que recordar que la ejecución excepcional en una tarea múltiple es bastante más que ser bueno en la ejecución en tareas individuales. Aunque las personas excepcionales ejecutaron bien en tareas únicas, lo hicieron de forma excepcional en la multitarea.

5.2. Diferencias por edad

Otro elemento que puede dificultar una correcta reacción en el tiempo es la edad. Se considera que con la edad los tiempos de reacción se retrasan. Sin embargo, el hecho de que las personas con cierta edad han podido tener experiencia en la tarea (memoria situacional), hace que en muchas ocasiones sean capaces de responder con igual o menor latencia por el hecho de ser experimentados en la misma (aunque hay que recordar que la memoria situacional tiene sus límites). En relación con las situaciones de sobrecarga y fatiga otros autores consideran que toda la información no puede ser tenida simultáneamente en consideración, teniendo en cuenta que la capacidad de memoria de trabajo de las personas se caracteriza por una capacidad limitada. Existe un modelo de carga de

trabajo mental denominado de recurso único que indica que cada sujeto tiene una capacidad limitada de procesamiento, ya que las actividades mentales comparten los mismos recursos. De acuerdo con este modelo cuando aumentan las demandas de la tarea, el sistema nervioso central aumenta los recursos necesarios para ejecutar la misma. La consecuencia sería que los patrones musculares y gestos preparados cambiaran en parte por el exceso de carga mental.

Se considera que las secuencias de patrones musculares y gestos para mantener una tarea aprendida son principalmente de tipo automático, como es el caso en el mantenimiento de un vehículo en su trazada. Sin embargo esta automatización de rutinas se adquiere sólo con la experiencia de la conducción, lo que podría dar una explicación a la representación excesiva de conductores noveles jóvenes en los accidentes de carretera. Por tanto la complejidad de la situación y la experiencia de la conducción deberían influir en el modo de procesamiento y ejecución de patrones musculares y gestos en situaciones normales y de fatiga lo que implica diferentes niveles de carga de trabajo mental, con un procesamiento de control bastante más costoso que uno automático. Estos van a ser condicionantes relevantes relativos a la capacidad de reacción y activación postural. Este tema es de particular importancia en el contexto de la conducción en relación con los errores humanos en situaciones de fatiga, y con mayor precisión en lo relativo a los problemas vinculados a la carga de trabajo mental, de forma extendida a otros trabajos, siendo estos errores responsables de la mayoría de los accidentes de carretera.

Por tanto en relación con la comparación de patrones musculares y gestos en situaciones de fatiga tanto en tareas monótonas como en situaciones complejas, la carga de trabajo mental puede llegar a ser muy alta para poder corregir la ejecución de la tarea en cuestión. Estas situaciones así como la estimación de movimiento requerido pueden modificarse por el nivel de experiencia del operario.

La capacidad en el trabajo de poder tener control sobre los patrones musculares y gestos tiene una amplia relevancia en situaciones extremas de fatiga y en contextos tales como el desarrollo cognitivo, el envejecimiento, los trastornos de la atención y la inteligencia. Por todo ello la posibilidad de mejorar estos procesos de control podría ser de un gran impacto en el establecimiento de patrones musculares y gestos adecuados al requerimiento laboral.

En relación con futuros estudios, para la estimación y programación de movimientos necesarios se considera valorar segregada la situación entre operarios experimentados y noveles que viene dada por su diferencia de aprendizaje. En situaciones sencillas y monótonas, el procesamiento automático inducido por la tarea debería de

ser observado con mayor detenimiento en operarios experimentados que en noveles. Y a la inversa, en situaciones complejas, el procesamiento controlado inducido por las estrategias y maniobras debería de observarse detalladamente en operarios noveles más que en experimentados.

La ejecución de patrones musculares y gestos de forma repetida facilita su aprendizaje a nivel mental. De esta forma la carga de trabajo mental necesaria para estimar ulteriores movimientos necesarios y ejecutar las tareas laborales está relativamente relacionada con el proceso de aprendizaje previo y la adquisición de experiencia. Aún es más, el nivel de experiencia puede modular la influencia de las tareas en el modo de procesamiento de información, esto es controlado versus automático. Los operarios noveles tienen un nivel bajo de automatización de tareas ya que el proceso de creación de patrones musculares y automatización se adquiere progresivamente con la práctica. De forma añadida el modelo de adquisiciones de destrezas indica una sucesión de pasos para adquirir un comportamiento controlado, esto es no automático. Por tanto en las actividades laborales repetidas y con alta carga de fatiga, la actividad laboral induce un alto nivel de carga de trabajo mental preparatoria del gesto en el caso de los operarios noveles. Y a la inversa las destrezas cognitivas y motoras adquiridas con la práctica requieren un nivel inferior de carga mental, estando éste muy bajo para operarios experimentados.

5.3. Metodología y análisis de tiempos de reacción

Las características de las reacciones humanas a las entradas sensoriales y su ulterior análisis dependen en parte del tipo de estímulo que induce la sensación. Un elemento central en estudios estímulo-respuesta en actividades laborales es determinar las relaciones entre la calidad de un estímulo y la respuesta voluntaria, pudiendo valorarse utilizando paradigmas de tiempo de reacción a señales imperativas. Los tiempos de reacción cambian con el estado atencional, grado de vigilancia de expectativas del sujeto, pero se asume normalmente que es un proceso voluntario que implica una cierta forma de percepción consciente de la señal imperativa y del uso del libre albedrío para la reacción resultante.

Una demostración de las situaciones de manejo de datos en histograma de frecuencias (cola izquierda principalmente) puede comprobarse en el campo de estudio de los tiempos de reacción, cuando el estudio incluye intensidades variadas del estímulo y en ocasiones efectos resultantes de sobresalto principalmente a altas intensidades. Un estímulo que se ofrece con alta intensidad puede reducir el tiempo de reacción de un sujeto, e incluso diferentes combinaciones de modalidades de estímulos pueden participar en acelerar las respuestas. En ciertas circunstan-

cias, un estímulo de alta intensidad también puede provocar una reacción de sobresalto, que por su parte puede modificar la respuesta motora preparada por el sujeto, en dependencia del nivel de preparación de respuesta del mismo (Figura 13). Este efecto se ha denominado StartReact.

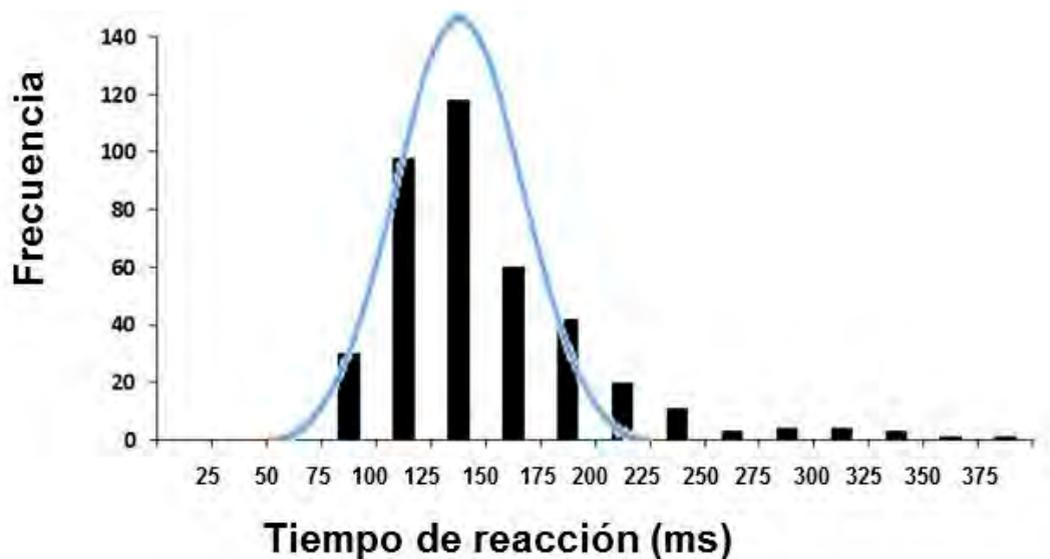


Figura 13. Distribución de frecuencia de respuestas motoras. Aquellas debidas a sobresalto se hallan en la cola izquierda.

La modulación de la latencia de las respuestas motoras debida a la intensidad o un sobresalto es de interés en el contexto de valoración de respuestas en diferentes ámbitos laborales:

- puede requerirse una respuesta acelerada en ciertas situaciones, por ejemplo la reacción rápida de un conductor a una situación angustiosa, mediante la aplicación del freno, o en el caso de trabajadores que utilizan controles manuales en la maquinaria y necesitan reaccionar rápido cuando aparece un estímulo inesperado.

- una reacción de sobresalto puede alterar de forma significativa la reacción voluntaria. Por ello los estímulos que evocan una respuesta de sobresalto deberían de estar excluidos ocasionalmente en la medida de lo posible de los contextos laborales con el fin de evitar daño. En otras situaciones como las lesiones por gatillazo cervical tras colisiones posteriores en vehículos, una respuesta de sobresalto podría ser protectora, siendo un elemento de reciente interés.

Aparte de las características personales y experiencias de los sujetos, el punto de corte para determinar los tiempos de reacción depende del retraso desde el estímulo, pero por otra parte la duración del estímulo también determina el tiempo de percepción y el tiempo de reacción. Para un estímulo de duración breve como un estímulo auditivo (0.1 - 0.2 ms) el tiempo del estímulo se considera como su comienzo. Los estímulos visuales pueden ser de larga duración tal como ocurre con algunos monitores, que van hasta los 16 ms.

Los valores bajos o altos, esto es tiempos de reacción rápidos o lentos, pueden separarse o eliminarse utilizando un determinado valor de corte en milisegundos (Figura 14). Este punto de corte dependerá del tipo de condición experimental y del tipo de estímulo utilizado. No parece igualmente razonable aplicar el mismo punto de corte para tiempos de reacción que implican movimientos de sacada ocular que para respuestas registradas en los músculos del pie, ya que las distancias recorridas por los impulsos eferentes van a ser diferentes y las conexiones nerviosas que participan en el resultado tendrán características variadas. Diferentes mecanismos pueden encontrarse como causa de tiempos de reacción lentos, tales como la fatiga y la atención reducida. Otros factores inherentes a los protocolos de estudio pueden incluir los efectos secuenciales del proceso experimental o las curvas de aprendizaje durante diferentes sesiones.

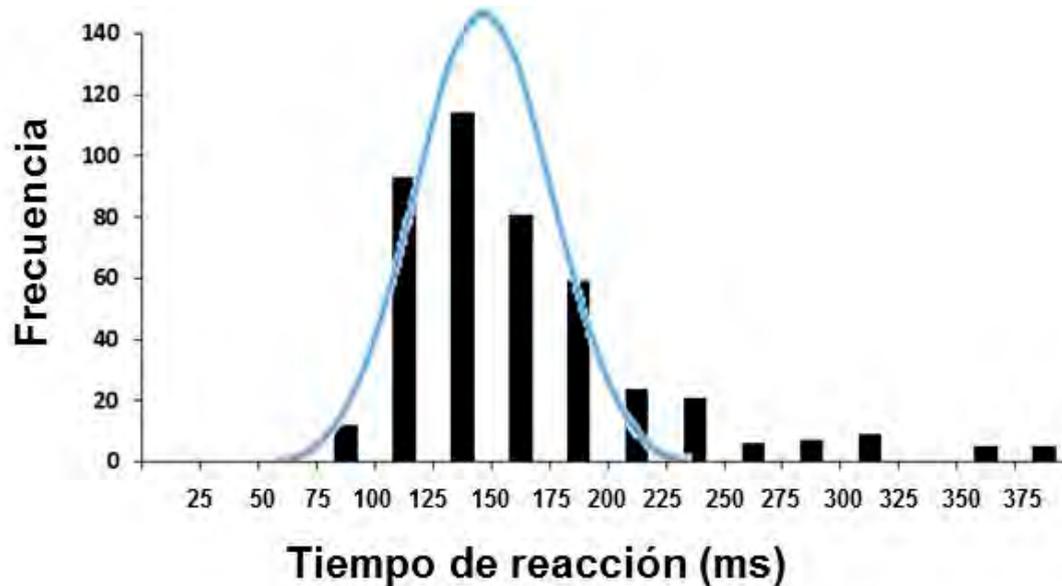


Figura 14. Distribución de frecuencia de respuestas motoras. Aquellos datos extremadamente bajos o altos se observan respectivamente en ambas colas; p.ej. datos inferiores a 60ms o superiores a 300ms pueden considerarse como fuera de valoración.

En algunos trabajos los estímulos somatosensoriales determinan la respuesta del sujeto, tales como las vibraciones en el trabajo con percutores, el tacto háptico en la industria del despiece de pollos o el calor por contacto en la limpieza de los hornos tandoori. Existen escasos datos en lo relativo a la influencia de la intensidad del estímulo somatosensorial tanto en su percepción como en lo relativo a las respuestas motoras que aparecen, así como en cómo los respectivos tiempos de reacción deberían determinarse y manejarse desde un punto de vista estadístico. A efectos exploratorios, un estímulo somatosensorial de breve duración puede permitir valorar las respuestas de tiempos de reacción y el manejo de los datos incluyendo las decisiones relativas a cómo utilizar el conjunto de los datos, manejo de colas, posibles datos extraños, y valoración e interpretación de resultados.

Por tanto es de especial relevancia la diferenciación de respuestas en base a intensidades de estímulo y a la posibilidad de anticipaciones de respuesta por sobresalto añadido. Y en especial la separación de las mismas por el hecho de que la distribución de respuestas no suele tener una distribución normal. En el análisis de tiempos de reacción y tiempos de respuesta hay que tener en consideración especial el tipo de distribución de datos.

Inicialmente y a los efectos demostrativos para comprender la distribución de los datos en su conjunto una estrategia es agrupar los datos por cada caso (cada sujeto puede tener diferentes umbrales) e intensidad de estímulo. Un siguiente paso puede incluir la elaboración de histogramas de distribución de datos, incluyendo la expresión de datos de resultados iniciales así como datos transformados por logaritmos al no ser habitualmente normal la distribución (Figura 15). La distribución de datos se puede mostrar en relación con las intensidades de estímulo aplicadas, es decir se agrupan los datos según los múltiplos de la intensidad del estímulo, así como por la presencia o ausencia de signos de sobresalto. Debido a las características de los datos y para una valoración comparativa se pueden utilizar medios no paramétricos entre todos los grupos, esto es la combinación de intensidad de las condiciones y el efecto de sobresalto (si existe).

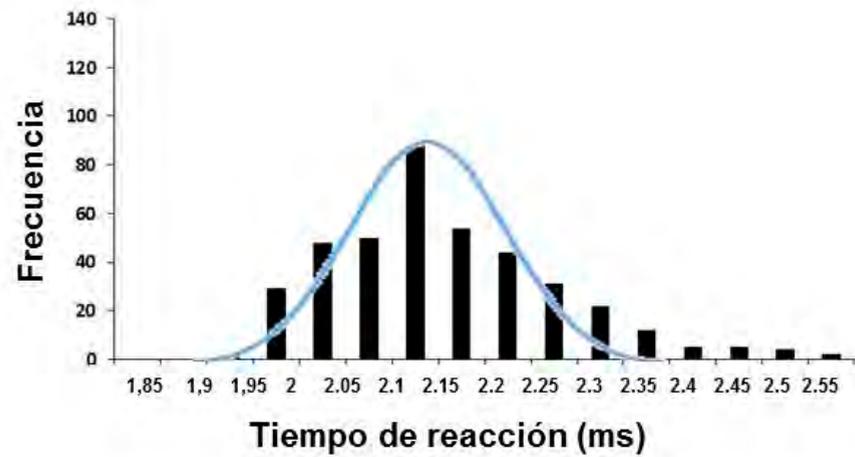
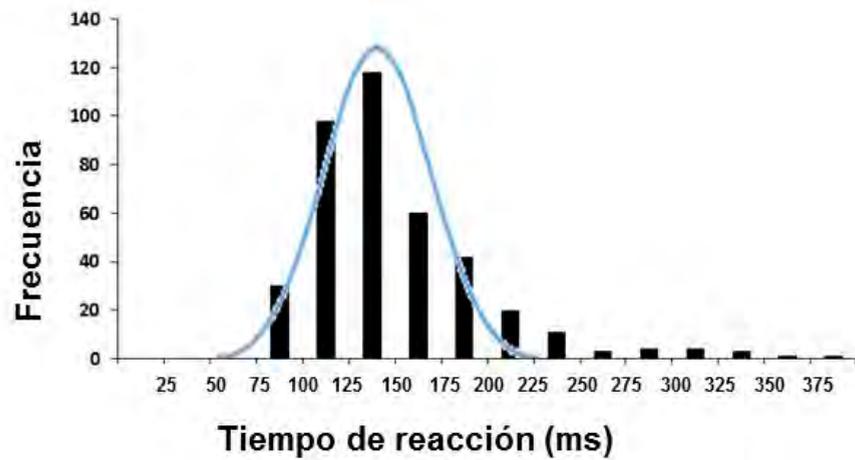


Figura 15. Datos originales (figura superior) y bajo transformación logarítmica (figura inferior). Obsérvese la mejor normalización en el segundo caso.

Como es sabido no hay una forma única de manejar los datos de tiempos de reacción y la distribución de los datos originales se encuentra normalmente sesgada. Una transformación por logaritmos puede permitir alcanzar una distribución casi normal de los datos sesgados. Si los datos se transforman logarítmicamente (\log_{10}) se comprueba que se reduce la variabilidad de valores grandes. Los fines determinados que tenga un estudio tienen que dirigir a ayudar en ajustar los puntos de corte tanto en la cola derecha, como en la izquierda, de los tiempos de reacción. El hecho de que algunos datos se encuentren alejados en la cola derecha, menos frecuentemente en la cola izquierda, puede tener múltiples causas y la decisión de excluir o incluir estos datos va a determinar los resultados, siendo siempre un compromiso entre minimizar la exclusión de datos relevantes y maximizar la exclusión de aquellos irrelevantes. En lo relativo a la cola izquierda, las características personales pueden estar bajo la causa de estas diferencias, esto es la existencia de personas respondedoras rápidas y respondedoras lentas. En lo relativo a la cola derecha, la atención reducida, la fatiga, o posibles daños puede ser en ocasiones razón suficiente. Cuando un conjunto de datos incluye un amplio rango de los mismos con pocos valores grandes, una solución razonable, aunque no utilizada frecuentemente, es la transformación logarítmica de los mismos ya mencionada o bien el uso de la inversa del tiempo de reacción (Figura 16). La transformación de los datos de acuerdo con su resultado logarítmico conlleva una reducción de la cola derecha dando lugar a una distribución más cercana a una campana, o distribución normal. Sin embargo esta transformación puede limitar la interpretación correcta de datos, cuando una pregunta de investigación, como por ejemplo los tiempos de reacción lentos de conductores para frenar, dirige el estudio de la cola derecha.

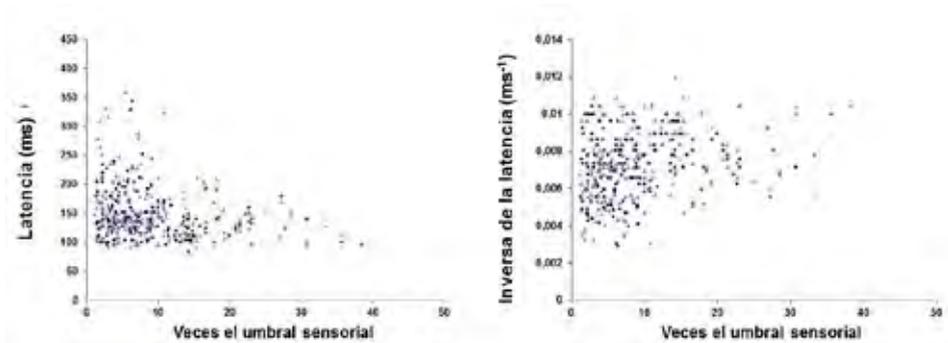


Figura 16. Cuando se calcula la inversa de la latencia del tiempo de reacción se obtiene en muchas ocasiones una distribución más normalizada (tomando como base el eje de la variable dependiente). Datos de latencia a estímulo acústico.

Se comprueba que en el estudio de tiempos de reacción existe un límite suelo. Aunque de acuerdo con los efectos de intensidad se espera que existan bajos tiempos de reacción sólo con altas intensidades, también se comprueba que pueden existir valores bajos de tiempos de reacción con bajas intensidades, lo cual sugiere la posibilidad de un efecto de sobresalto inesperado en algunos de los ensayos (Figura 17). El límite superior, en bajas intensidades, se encuentra mucho más alejado de una distribución normal usando datos iniciales que cuando se valoran los datos de una distribución logarítmica, siendo ésta la transformación de mayor interés para el análisis en gran parte de ocasiones.

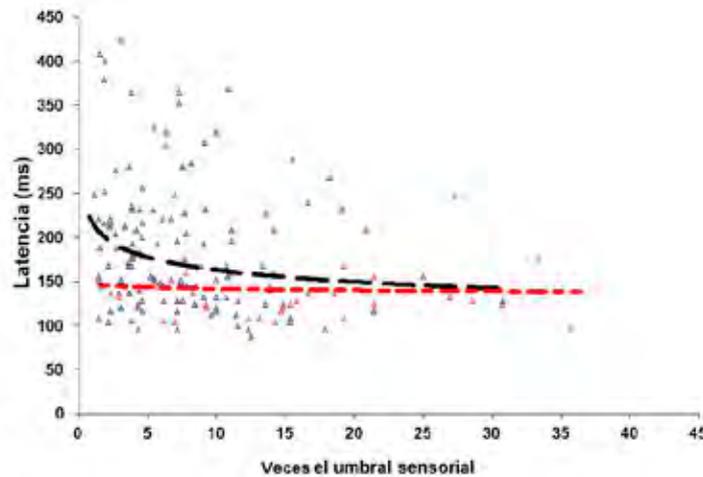


Figura 17. Latencias de respuesta a estímulo auditivo. La línea negra indica respuestas según intensidad de estímulo en condiciones normales. La línea roja indica respuestas cuando se produce un sobresalto por el estímulo; pueden existir valores bajos de tiempos de reacción con bajas intensidades, lo cual sugiere la posibilidad de un efecto de sobresalto inesperado.

Además de los diferentes tipos de transformación de escalas de datos, existen diferentes procedimientos que pueden aplicarse para remarcar la tendencia central o la dispersión de los mismos. Algunos investigadores en tiempos de reacción deciden la utilización de valores de mediana y de rangos intercuartílicos, frecuentemente la diferencia entre los cuartiles superior e inferior, como medida robusta en lo relativo a la tendencia central o dispersión de datos. Otros autores deciden la utilización de la media aritmética y la desviación estándar o el error estándar de las medias. La media es sensible a los valores extraños, que en el caso estudios de tiempos de reacción se concentran principalmente en la cola derecha, mientras que la mediana muestra un resumen de las medidas de tendencia central. En el caso de que el estímulo considerado pueda tener efectos de sobresalto, hay que considerar que puede haber casos que tengan una respuesta de sobresalto a bajas intensidades, y otros que muestren ausencia de respuesta de sobresalto a altas intensidades. Por ello se aconseja una separación de ensayos en grupos de acuerdo a la intensidad y a la presencia o ausencia de sobresalto. De esta manera se pueden diferenciar las colas, en especial la izquierda que corresponde a reacciones rápidas.

Cuando el fin del estudio se encuentra mediado por efectos de sobresalto (como puede ocurrir ante estímulos inesperados en una tarea tal como el ejemplo del peatón inesperado que cruza fuera de lugar) se ha mostrado la necesidad de considerar los datos de tiempos de reacción claramente agrupados en dos poblaciones separadas, ya que el efecto de sobresalto sobre la respuesta motora preparada parece ser un efecto de todo o nada. Se ha comprobado claramente en condiciones de sobresalto en estudios con prepulso e incluso en movimientos autoiniciados. Esto es de especial interés ya que las respuestas motoras voluntarias bajo sobresalto son tan rápidas que podrían ser consideradas de forma errónea como un error de la medición, siendo en realidad una respuesta verdadera. Como resultado del agrupamiento de datos resulta una distribución bífida de los mismos (Figura 18).

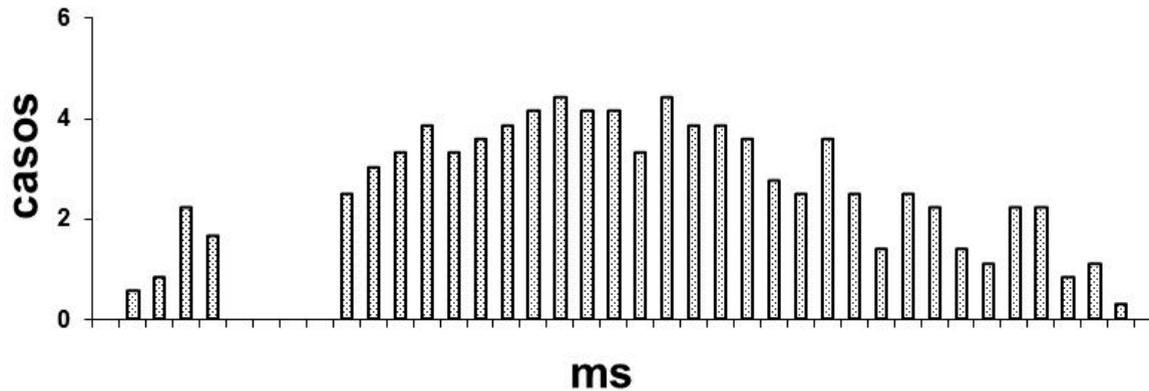


Figura 18. Distribución bífida de número de respuestas según latencias ante un estímulo que en ocasiones ha provocado sobresalto (startle), correspondiendo a las primeras cuatro barras la respuesta anticipada.

Hay que tener un cuidado especial cuando se muestran datos originales o transformados de una forma descriptiva gráfica, ya que la forma en cómo los datos se expresen puede influir en la percepción en su conjunto, así como en la decodificación visual ejecutada por el lector. A estos efectos en el caso de los estudios de tiempo de reacción con algunas respuestas con sobresalto hay que tener mucho cuidado en la construcción de gráficas ya que si la anchura de los segmentos considerados es amplia, las respuestas de sobresalto pueden estar incluidas con el resto de respuestas rápidas relativas y no ser consideradas como respuestas diferentes.

Por tanto, en los estudios de tiempo de reacción que incluyen diferentes intensidades de estímulo somatosensorial y posible respuesta de sobresalto se recomienda realizar una primera aproximación mediante un análisis exploratorio de los datos como la ejecutada. Y subsecuentemente y de acuerdo con los resultados descriptivos, con el conocimiento del tema de investigación y de la hipótesis que se valore, deben de considerarse diferentes rutas analíticas para un manejo adecuado de los datos.

Por tanto se considera que las características de las reacciones humanas a los estímulos somatosensoriales dependen en gran parte del tipo de estímulos que inducen la sensación y por ello hay que contemplarlo en la ejecución de estudios laborales del tipo percepción-acción. En ciertos contextos laborales las respuestas motoras rápidas a determinados estímulos somatosensoriales pueden probarse de forma experimental mediante paradigmas de tiempo de reacción. Existen muy pocos datos en lo relativo a cómo los estímulos somatosensoriales modulan las respuestas motoras en dependencia de su intensidad. Aún es más, se comprueba por lo dicho que el manejo de los datos de tiempo de reacción requiere una atención especial en el caso de que los estímulos puedan provocar una reacción de sobresalto o no.

5.4. Metodología, medición y complejidad de la tarea

Las respuestas motoras a estímulos tienen una alta dependencia de lo complejo de la tarea y de la repetición de ésta en el tiempo. Se considera que hay estudios que confirman la relación positiva entre la complejidad de la situación y las medidas fisiológicas que se correlacionan con la carga de trabajo. Sin embargo esta relación solo es observada en relación con la frecuencia cardiaca promedio y la frecuencia cardiaca incrementada. El hecho de la complejidad de la situación, incluyendo la fatiga, también lleva a degradaciones en la ejecución y con ello a diferencias en los patrones musculares y gestos resultantes. En relación con el uso de metodologías o parámetros indicadores de fatiga y variabilidad de patrones musculares y gestos hay que indicar que la complejidad de la tarea en lo relativo a valoraciones fisiológicas, esto es en el contexto frecuente de mediciones relativas a la frecuencia cardiaca, afecta de forma diferencial a la variabilidad de la frecuencia y a su componente de 0.10 Hz. Estas no se encuentran moduladas de forma similar a los incrementos de frecuencia cardiaca referidos. Se ha comprobado recientemente que la complejidad de la situación no ha tenido ningún efecto en la variabilidad de frecuencia cardiaca o sólo la aumentó en periodos de trabajo en comparación con periodos de descanso, revelando un aumento en la carga de trabajo objetiva sólo para grandes periodos de complejidad. Esto es así ya que la variabilidad de la frecuencia cardiaca no es lo suficientemente sensitiva para bajas diferencias en los niveles de dificultad de la tarea. Aún es más, el componente de 0.10 Hz de la variabilidad de la frecuencia cardiaca no siempre varía entre los diferentes tipos de tarea e incluso en ocasiones muestra una reducción del esfuerzo en el paso de tarea única a tarea dual.

Las mediciones en la ejecución de tareas se basan en muchas ocasiones en el componente de un ciclo ejecutado. A través de ellas puede obtenerse una información de interés acerca de cómo se programan los gestos, su preci-

sión y automatización y cómo la fatiga puede influir en ellos. Se considera que la unidad básica en un gesto repetido es el ciclo ejecutado: en el caso de la deambulación es la zancada y en el caso del manejo de un objeto –como es el caso en cintas transportadoras- puede considerarse desde que se captura, se transporta y se deposita hasta que se vuelve a capturar el siguiente objeto. Por estudios previos sobre la deambulación en humanos –siendo el fenómeno más estudiado- se sabe que cuando ésta se realiza a una velocidad cómoda, los tiempos de paso tienen una alta correlación entre sí dándose el caso de que cada paso se correlaciona con todos los anteriores, cayendo las correlaciones en una forma similar a fractales en escala libre. Se ha propuesto que estas altas correlaciones definen a un sistema sano y sin fatiga. Cuando el sistema se deteriora, y la actividad pierde precisión y automatización, las fluctuaciones de series temporales están menos correlacionadas. Para la deambulación –como tarea más estudiada- esto se ha observado en ancianos y pacientes con diversas enfermedades. De mayor importancia en el campo de la salud laboral, se ha comprobado que la precisión y la automatización cambian con factores externos como son los cambios en velocidad de la marcha o la necesidad de seguir una cadencia concreta. Por tanto, las correlaciones a largo plazo de un movimiento repetido, son modificables voluntariamente por el sistema nervioso central ante diferentes limitaciones externas o internas.

Con estos fundamentos, se ha indicado que las correlaciones a largo plazo en tareas repetitivas se regulan en el sistema nervioso central. Las explicaciones a estas correlaciones se han basado en la idea de que los patrones repetidos pueden ser regulados mediante redes oscilatorias de neuronas en la médula espinal, conocidos como Patrones Generadores Centrales (PGC). Por otra parte, se ha comprobado la existencia de correlaciones de largo alcance incluso en situaciones de ausencia completa de control de retroalimentación (considerado como “ruido” en la ejecución motora) del sistema nervioso central, sistema nervioso periférico o sistema muscular. Puede suponerse que en los patrones repetidos donde se requieren respuestas rápidas, como acontece en las tareas laborales en cadenas de producción, se halla una estabilidad de largo alcance en el mismo sin participación de sistemas complejos dependientes del sistema nervioso central.

Como consideraciones metodológicas para estudios prospectivos, dentro de las mediciones a considerar se puede obtener información de gran relevancia de los componentes perceptivos. Los requerimientos de una tarea laboral que implica tiempos de reacción se comprenden mejor si se tiene una mayor comprensión de cómo ejecutamos las tareas y de cómo nuestro sistema perceptivo colabora en el reconocimiento rápido de cambios en las condiciones de ejecución –fatiga, atención, discriminación- para así adaptar el patrón automatizado a las nuevas condiciones. En la preparación de estudios ha de valorarse que la fatiga o las alteraciones atencionales pueden conllevar fallos

en la tarea, por lo que puede ser de interés incluirlos ya que pueden asemejarse a situaciones reales que es donde la expresión de fatiga y alteraciones atencionales llevan a accidentes laborales. En el caso de la fatiga física, la prevención de dichos estados de fatiga es primordial, a los efectos de regular la cantidad de actividad a realizar en un trabajo, así como la adecuación de pausas de reposo oportunas. Por esto último la inclusión de periodos de descanso en los considerandos metodológicos es también de interés. La fatiga, al igual que otros factores, interfiere la ejecución de la actividad.

También es de interés el considerar las interferencias en la actividad laboral como parte de los protocolos de estudio. Existen diferentes sistemas para medir la interferencia en una actividad y en el caso de actividades rápidas que conllevan movimientos repetidos, como en cadenas de montaje, el análisis de la estabilidad del gesto es una herramienta de gran utilidad, que, hasta el momento no ha sido lo suficientemente explotada. Los métodos dinámicos no lineales para determinar la estabilidad local cinemática son una herramienta potente en el análisis de movimientos, siendo de interés su aplicación en el estudio del movimiento humano, especialmente al estudio de movimientos cuasi-cíclicos. La dinámica durante movimientos repetidos puede representarse geoméricamente en un estado espacial de dimensión- n , donde n es el número de variables de estado. Típicamente los datos obtenidos exhiben una estructura delimitada por un subespacio del estado n -dimensional en el que diferentes trayectorias vecinas convergen. Las variables biomecánicas medibles incluyen típicamente desplazamientos lineales, angulares, velocidades y aceleraciones. Ya que las divergencias en una dimensión pueden compensarse por la contracción en otra, el análisis de un único parámetro o trayectoria puede que no represente adecuadamente el movimiento. En el caso de considerar estos enfoques de medición, hay diversas vías de análisis que incluyen tanto el análisis de ángulos de Euler articulares como el analizar todos los ángulos y velocidades de una articulación, aunque esto último puede llevar a obtener información redundante y dificultar la interpretación de resultados. Se ha intentado reducir dicha redundancia mediante análisis de componentes principales. Hasta la fecha, no se han explorado cómo estos estados espaciales y sus resultados afectan a medidas de estabilidad local, algo relevante en tareas rápidas que puedan llevar a sobrecarga muscular o articular. Como modelo de actividad humana repetida, se ha usado en múltiples ocasiones la locomoción, aunque no reproduzca los gestos que pueda llevar a cabo la complejidad que presenta el miembro superior, de alto interés a nivel laboral. Recientemente dos sistemas se han aplicado para analizar la deambulación humana, sistemas de estabilidad local y de estabilidad orbital. Los primeros se basan en coeficientes de divergencia mencionados y los últimos cuantifican la respuesta del sistema de forma discreta, de un ciclo al siguiente. Ambos sistemas pueden ser aplicados en el estudio de la actividad laboral pudiendo dar información relevante de cómo el sujeto controla

la actividad. Dentro de esta línea de análisis se encuentra el realizado por procedimientos de cálculos de “vecino más próximo”, como los procedimientos de ciclo límite. Si el enfoque de medición relativo a tiempos de reacción y ciclos es biomecánico, para establecer los parámetros en una tarea repetitiva, con componentes de respuesta, tanto de miembro superior como inferior, los estados espaciales biomecánicos construidos partiendo de posiciones y velocidades son esenciales, dando información de mayor relevancia que la que ofrecen componentes principales. De forma añadida se evita la obtención de información redundante.

5.5. Consideraciones relativas a entrenabilidad y cambio de tarea

El paradigma mencionado de cambio de tarea es de interés metodológico. También se considera de alto requerimiento en lo relativo a los sistemas de inhibición. Primero, en este paradigma el estímulo para un objetivo determinado incluye información de múltiples tareas. De esta manera, si por ejemplo, en una persona que ha requerido usar su sistema cognitivo para hacer la tarea A (que podría ser realizar un adelantamiento al final de una jornada larga), este sistema cognitivo puede necesitar bloquearse en lo relativo a responder a información relevante para la tarea B (controlar al detalle un tercer vehículo cercano) que puede también estar incluida por el estímulo mencionado (ambos quieren hacer adelantamiento). Cuando las respuestas para la tarea A y para la tarea B no coinciden (concentrarse con la musculatura visual y de miembro superior en A vs. vigilar las acciones del tercer vehículo en B), se observa un coste, esto es un defecto de incongruencia de la regla de la tarea pudiendo limitar los tiempos de reacción. De una forma adicional hay que entender que además el cambio de tarea parece ser que requiere la capacidad de inhibir la tarea previa.

Se puede reseñar como modelo para nuevos estudios laborales un estudio reciente relativo a entrenabilidad en el que el paradigma de cambio de tarea ha servido a efectos entrenamiento. Estos autores dieron a tres grupos de edad, niños, jóvenes adultos y adultos mayores, o bien un entrenamiento de cambio de tarea o un entrenamiento control durante varias sesiones. Tanto el grupo de entrenamiento como el grupo control realizaron una tarea de tiempo de reacción con doble elección, requiriendo los participantes realizar juicios perceptivos sencillos. El grupo control realizó cada una de las tareas de forma separada, en bloques únicos, y el grupo de entrenamiento realizó bloques mixtos, requiriéndose el cambio de tarea. Los autores encontraron unos efectos de transferencia beneficiosos en las tareas de cambio, demostrando el grupo de entrenamiento unas mejores capacidades en el cambio. De forma añadida los resultados demostraron un efecto de transferencia para las mediciones de memoria de trabajo,

inhibición e inteligencia. En un segundo estudio que examinó un entrenamiento similar los autores encontraron mejoras similares aunque sin transferencia en las medidas de inteligencia.

En cierta medida se puede decir que los estudios realizados en el entrenamiento en cambiar tareas se caracterizan por unos niveles relativamente fijos de demandas de tarea. Aunque parece ser que existen unos efectos de transferencia a corto plazo, las transferencias a largo plazo no son tan evidentes.

Durante los últimos años se han utilizado medios de simulación para mejorar la entrenabilidad y reacción rápida de las personas en determinadas operaciones. En el caso especial del entrenamiento en los procesos de control y de cambio de tarea se han usado estudios de videojuegos dedicados al análisis de la acción. Habitualmente los juegos exigen al jugador un aprendizaje y una reacción en consonancia con un complejo grupo de reglas y procedimientos. De esta forma los videojuegos de acción se convierten en una aproximación posible a actividades concretas de la vida laboral real en lo relativo a los procesos de control de la acción tal como se observan en paradigmas explorados a nivel de laboratorio. Diferentes estudios correlacionados han demostrado que los jugadores experimentados en videojuegos tienen unos costes menores en el cambio de tarea, en lo relativo a tiempo y resultado, que los jugadores noveles. Dada la naturaleza de correlación de estos estudios, no se puede descartar la posibilidad de que las personas que deciden dedicar tiempo a jugar con videojuegos puedan tener menores tiempos de reacción y una mayor capacidad de cambio de tareas. Sin embargo esta interpretación puede descartarse ya que con diseños diversos de estudio experimentales se han encontrado hallazgos similares.

Los elementos que caracterizan una situación y su contexto tienen que tenerse en consideración al realizar un estudio de reacciones y respuestas motoras a nivel laboral en tareas concretas y en el subsiguiente análisis de patrones musculares de respuesta y estimación de movimiento ante demandas externas. Tal es el caso cuando el operario tiene que activar unos patrones musculares determinados y detener la tarea. Por ello las unidades de secuencia de tareas se corresponden a situaciones parciales, es decir en relación con secciones de la tarea. Por tanto las semejanzas y diferencias de patrones musculares y gestos en un trabajo vendrán muy delimitadas por el entorno donde el operario deba de actuar.

El establecimiento de unos patrones musculares y gestos apropiados en el tiempo (reacciones rápidas y eficientes) también puede requerir el entrenamiento en memoria de trabajo declarativa. Durante la última década se ha dedicado mucho interés al estudio del entrenamiento no sólo motor sino cognitivo explorando los mecanismos que

pueden permitir la mejora de los procesos cognitivos utilizando tareas de entrenamiento a través de ordenador. Actualmente hay un gran volumen de estudios de entrenamiento dirigidos a la memoria de trabajo, basados predominantemente en tareas que se centran en la memoria de trabajo declarativa. En contraste, existe solo un número limitado de estudios que han estudiado directamente la capacidad de entrenamiento de los procesos de control de la acción. Los pocos estudios que han explorado los efectos del entrenamiento del control de la acción han hecho uso del paradigma de cambio de tarea como tarea de entrenamiento. Este paradigma es de alto interés en el estudio de modelos de tareas laborales repetitivas, susceptibles de fatiga, ya que con mucha frecuencia requieren del trabajador un cambio de la misma. El paradigma de cambio de tarea se ha utilizado de forma extensa para explorar los procesos de control de la acción, específicamente la capacidad de organizar y seguir las reglas de trabajo complejas, por lo que ha de valorarse en estudios prospectivos.

5.6. Consideraciones en tiempos de respuesta electiva

Se da el caso de que en muchas ocasiones para ejecutar una respuesta rápida y eficiente no tan sólo se requiere tiempo para discriminar el estímulo, sino que se requiere un cierto tiempo para decidir el tipo de respuesta que se va a efectuar. Esta es la situación cuando por ejemplo ante un evento novedoso un conductor de ambulancia tiene que interpretar el contexto y decidir si es el momento adecuado para pisar el freno o bien para cambiar la dirección del vehículo. En este caso el elemento electivo o variable no es tanto el estímulo como el tipo de respuesta (modelos de estudio ocupacional de respuesta múltiple). En otras circunstancias ante un estímulo inesperado, como puede ser un peatón que parece que está cruzando una carretera sin darse cuenta del riesgo, el conductor que se aproxima incluso valora la posibilidad de que el estímulo, en este caso el sujeto, realice modificaciones o correcciones, por lo que se plantea permanecer en una situación de espera. Todo esto aún retrasa más la capacidad de ejecución, en caso de que al final el conductor deba intervenir, estando el retraso en la reacción magnificado en situaciones de fatiga. Otros elementos añadidos a considerar en metodologías de estudio implican que la respuesta del sujeto deba de realizarse en un contexto que no sea tampoco muy adecuado como puede ser el tener que dirigir el vehículo por necesidad de la situación hacia una localización donde la posibilidad de accidente también exista. En todas las situaciones en que existe una situación de emergencia el conductor ha de realizar su decisión en base a una situación que no puede valorarse con la suficiente tranquilidad, por lo que las respuestas alternativas no tienen todas ellas un claro valor de utilidad y han de considerarse así en un análisis de datos.

5.7. Consideraciones acerca de la objetividad en los estudios de reacciones y respuestas

Dentro del contexto de estudio de funciones superiores y su influencia como condicionantes relativos a la capacidad de respuesta, reacción y activación postural no hay que olvidar una controversia presente en las ciencias relativas al estudio de los factores humanos en lo relativo a si constructos tales como carga de trabajo o consciencia situacional tienen una credibilidad científica. En diferentes artículos se detalla que los constructos en factores humanos no se originan de las ciencias naturales y por tanto no reflejan, sino que crean un mundo empírico particular que no existiría sin estos constructos.

La carga de trabajo y la fatiga en una tarea rápida y repetitiva se observan como un coste como consecuencia de un trabajo mental del individuo mientras realiza una tarea. Para la identificación y valoración de la carga y así realizar un adecuado análisis de los patrones musculares y gestos resultantes en lo relativo a una tarea laboral concreta pueden valorarse cuestionarios que reflejan de forma más adecuada los niveles subjetivos de carga de trabajo. Por tanto, las medidas subjetivas pueden incluirse en los estudios donde las valoraciones objetivas tengan ciertos límites o generen incertidumbre. Por otra parte hay que reseñar que en la estimación de carga de trabajo la complejidad de la situación del trabajo a valorar y la experiencia en la tarea influyen en el nivel subjetivo de aquella.

5.8. Consideraciones y recomendaciones finales en prevención laboral

En trabajos que incluyan tareas repetitivas de reacción o respuesta (con los condicionantes de fatiga) hay que considerar diferentes elementos de interés en prevención laboral:

El tiempo de reacción es un constructo complicado afectado por un gran número de variables y es de interés en fenómenos como la prevención y reconstrucción de accidentes.

En estas tareas los trabajadores están expuestos a lesiones debidas al sobreesfuerzo biomecánico principalmente en miembros superiores.

Cuando estas tareas incluyen sistemas mecanizados:

- la interacción del operario con el sistema es un tema de difícil valoración debido a la complejidad de la misma.
- hay un riesgo sobreañadido de lesión por maquinaria en movimiento siendo objeto de prevención.
- es de interés prever la capacidad de realizar múltiples tareas de forma simultánea o sucesiva sin riesgo sobreañadido.
- si se requieren tareas de clasificación manual, no hay que olvidar valorar la percepción visual y prever la fatiga oculomotora.

En estas tareas el estado cognitivo del trabajador debe valorarse ya que:

- la fatiga o las alteraciones atencionales pueden conllevar fallos en la tarea y dirigir a accidentes laborales.
- se requiere estimar la percepción de riesgos y prever la posibilidad de accidente.
- el procesamiento de un estímulo inesperado condiciona un adelanto o retraso en la respuesta según el grado de sorpresa creado.
- debe preverse una limitación en la atención a varios estímulos (ceguera funcional) que es un riesgo y provocar accidentes.
- una limitación en mantener la información relevante a la acción y resistir la interferencia de pistas irrelevantes del entorno puede ser un riesgo y posibilidad de accidente laboral.
- la capacidad interpretativa del estímulo condiciona la temporalidad de la respuesta.
- la capacidad para procesamiento automático del estímulo modula la ejecución simultánea de varias tareas.

En estas tareas deben valorarse las funciones superiores del trabajador ya que están expuestos a tareas repetitivas complejas y es de interés prever fallos en los elementos procedimentales y declarativos. En especial valorar el aprendizaje con la edad y su relación con la complejidad de la tarea. Puede ser oportuno valorar de manera diferenciada la situación entre operarios experimentados y noveles en relación con situaciones sencillas/monótonas o complejas. Prever su capacidad de estrategias y maniobras en evitación de riesgos.

En estas tareas y en evitación de riesgos innecesarios debe valorarse la relación entre tiempos de reacción y:

- la intensidad de la señal y su unicidad o multiplicidad. Su duración y relación con el grado de generación de sensación de riesgo (sobresalto).
- el reconocimiento del significado de la sensación (características semánticas).
- la consciencia situacional.
- la selección de la respuesta (respuestas múltiples) y su programación.
- el requerir dejar de ejecutar una tarea para realizar otra. El cambio de tarea requiere memoria de trabajo y una recuperación de reglas de acción.
- el grado de vigilancia atencional, carga de trabajo mental, recursos disponibles y capacidad de reproducir patrones musculares.
- el sobreañadido debido al tiempo de actuación de dispositivos mecánicos de respuesta.

Mención especial requiere delimitar y prever capacidades en actividades multitarea:

- debe valorarse la posibilidad de estar ante personas con capacidades multitarea. Se requiere valorar semejanzas de patrones y gestos en estados de fatiga, para su identificación.
- la detección de capacidades multitarea puede permitir valorar la adecuación a otras tareas que requieren la coordinación muscular en diferentes tareas concurrentes.

Un punto especial se establece en trabajos en los que priman tareas de respuesta sin reacción a estímulo externo, tareas en las que se determina el denominado tiempo de colisión y se ha de prever y valorar la capacidad del sujeto en anticipación de patrones motores, en especial en estados de fatiga.

Respecto a las metodologías y elementos de estudio usados en las pruebas actuales:

- las habituales son de laboratorio y exigen a los participantes hacer respuestas motoras limitadas ante riesgos potenciales principalmente con sistemas de videos o realidad virtual.
- el paradigma de cambio de tarea y valoración de costes debería de incluirse en nuevos estudios.

- la fatiga o las alteraciones atencionales son de interés para su inclusión en estudios ya que remedan situaciones reales que es donde la expresión de fatiga y alteraciones atencionales producen fallos y ponen en riesgo al operario.
- la inclusión de periodos de descanso y de interferencias en la actividad laboral en los considerandos metodológicos debería de incluirse en nuevos estudios.
- debería incrementarse la inclusión de estudios que evalúen la capacidad de entrenamiento en procesos de control de la acción.

En el análisis de tiempos de reacción y tiempos de respuesta hay que tener en consideración especial el tipo de distribución de datos y con ello valorar que:

- los fines determinados que tenga un estudio laboral de tiempos de reacción o respuesta han de dirigir a ayudar en ajustar los puntos de corte en ambos extremos de la distribución (por fatiga u otra causa), minimizando la exclusión de datos relevantes y maximizando la exclusión de aquellos irrelevantes.
- hay que considerar que la transformación de datos puede limitar la interpretación correcta de los mismos. En ocasiones es de interés la utilización de valores de mediana y de rangos intercuartílicos.

6

Bibliografía



6. BIBLIOGRAFÍA

Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65–94.

Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon Press.

Brown, I. (1989). *How can we train safe driving?* Haren: Verkeerskundig Studiecentrum, Rijksuniversiteit Groningen.

Brown, I. D., & Groeger, J. A. (1988). Risk perception and decision taking during the transition between novice and experienced driver status. *Ergonomics*, 31(4), 585–597. <http://doi.org/10.1080/00140138808966701>

Cain, M. S., Landau, A. N., & Shimamura, A. P. (2012). Action video game experience reduces the cost of switching tasks. *Attention, Perception & Psychophysics*, 74(4), 641–647. <http://doi.org/10.3758/s13414-012-0284-1>

Cegarra, J., & van Wezel, W. (2012). Revisiting Decision Support Systems for Cognitive Readiness: A Contribution to Unstructured and Complex Scheduling Situations. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 6(3), 299–324. <http://doi.org/10.1177/1555343412448385>

Chapman, P. R., & Underwood, G. (1998). Visual search of driving situations: Danger and experience. *Perception*, 27(8), 951–964. <http://doi.org/10.1068/p270951>

Collet, C., Clarion, A., Morel, M., Chapon, A., & Petit, C. (2009). Physiological and behavioural changes associated to the management of secondary tasks while driving. *Applied Ergonomics*, 40(6), 1041–1046. <http://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.01.007>

Colzato, L. S., van den Wildenberg, W. P. M., Zmigrod, S., & Hommel, B. (2013). Action video gaming and cognitive control: playing first person shooter games is associated with improvement in working memory but not action inhibition. *Psychological Research*, 77(2), 234–239. <http://doi.org/10.1007/s00426-012-0415-2>

Crundall, D. E., & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41(4), 448–458. <http://doi.org/10.1080/001401398186937>

Crundall, D., Underwood, G., & Chapman, P. (1999). Driving experience and the functional field of view. *Perception*, 28(9), 1075–1087. <http://doi.org/10.1068/p2894>

de Craen, S., Twisk, D. A. M., Hagenzieker, M. P., Elffers, H., & Brookhuis, K. A. (2008). The development of a method to measure speed adaptation to traffic complexity: identifying novice, unsafe, and overconfident drivers. *Accident; Analysis and Prevention*, 40(4), 1524–1530. <http://doi.org/10.1016/j.aap.2008.03.018>

De Craen, S., Twisk, D. a. M., Hagenzieker, M. P., Elffers, H., & Brookhuis, K. A. (2011). Do young novice drivers overestimate their driving skills more than experienced drivers? Different methods lead to different conclusions. *Accident; Analysis and Prevention*, 43(5), 1660–1665. <http://doi.org/10.1016/j.aap.2011.03.024>

Dekker, S., & Hollnagel, E. (2004). Human factors and folk models. *Cognition, Technology & Work*, 6(2), 79–86. <http://doi.org/10.1007/s10111-003-0136-9>

Dekker, S. W. A., Nyce, J. M., van Winsen, R., & Henriqson, E. (2010). Epistemological Self-Confidence in Human Factors Research. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 4(1), 27–38. <http://doi.org/10.1518/155534310X495573>

Dekker, S. W. A., & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or Abracadabra? Progress on Human-Automation Co-ordination. *Cognition, Technology & Work*, 4(4), 240–244. <http://doi.org/10.1007/s101110200022>

Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>

DiDomenico, A., & Nussbaum, M. A. (2008). Interactive effects of physical and mental workload on subjective workload assessment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(11–12), 977–983. <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.01.012>

Dijksterhuis, C., Brookhuis, K. A., & De Waard, D. (2011). Effects of steering demand on lane keeping behaviour, self-reports, and physiology. A simulator study. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 1074–1081. <http://doi.org/10.1016/j.aap.2010.12.014>

Dimoska, A., Johnstone, S. J., Barry, R. J., & Clarke, A. R. (2003). Inhibitory motor control in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: event-related potentials in the stop-signal paradigm. *Biological Psychiatry*, 54(12), 1345–1354.

Dreisbach, G., & Wenke, D. (2011). The shielding function of task sets and its relaxation during task switching. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 37(6), 1540–1546. <http://doi.org/10.1037/a0024077>

Driving Simulation Conference, & Conférence simulation de conduite (Eds.). (2004). DSC 2004 Europe driving simulation conference: Paris, France, September 8-10, 2004. Paris: INRETS : Renault.

Duncan, J. (2010). The multiple-demand (MD) system of the primate brain: mental programs for intelligent behaviour. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(4), 172–179. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2010.01.004>

Duncan, J., Parr, A., Woolgar, A., Thompson, R., Bright, P., Cox, S., ... Nimmo-Smith, I. (2008). Goal neglect and Spearman's g: competing parts of a complex task. *Journal of Experimental Psychology. General*, 137(1), 131–148. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.137.1.131>

Duncan, J., Schramm, M., Thompson, R., & Dumontheil, I. (2012). Task rules, working memory, and fluid intelligence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 864–870. <http://doi.org/10.3758/s13423-012-0225-y>

Dureman, B. E. I., & Bodén, C. (1972). Fatigue in Simulated Car Driving. *Ergonomics*, 15(3), 299–308. <http://doi.org/10.1080/00140137208924432>

Engle, R. W. (2002). Working Memory Capacity as Executive Attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19–23. <http://doi.org/10.1111/1467-8721.00160>

Evans, L., & Schwing, R. C. (1986). *Human Behavior and Traffic Safety*. Boston, MA: Springer US. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4613-2173-6>

Falkmer, T., & Gregersen, N. P. (2001). Fixation patterns of learner drivers with and without cerebral palsy (CP) when driving in real traffic environments. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 4(3), 171–185. [http://doi.org/10.1016/S1369-8478\(01\)00021-3](http://doi.org/10.1016/S1369-8478(01)00021-3)

Fastenmeier, W. (Ed.). (1995). *Autofahrer und Verkehrssituation: neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme*. Köln: Verl. TÜV Rheinland [u.a.].

Fastenmeier, W., & Gstalter, H. (2007). Driving task analysis as a tool in traffic safety research and practice. *Safety Science*, 45(9), 952–979. <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.08.023>

Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., Defries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology. General*, 137(2), 201–225. <http://doi.org/10.1037/0096-3445.137.2.201>

Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>

Green, C. S., Sugarman, M. A., Medford, K., Klobusicky, E., & Daphne Bavelier, null. (2012). The effect of action video game experience on task-switching. *Computers in Human Behavior*, 28(3), 984–994. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2011.12.020>

Groeger, J. A., & Chapman, P. R. (1996). Judgement of Traffic Scenes: The Role of Danger and Difficulty. *Applied Cognitive Psychology*, 10(4), 349–364. [http://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0720\(199608\)10:4<349::AID-ACP388>3.0.CO;2-4](http://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0720(199608)10:4<349::AID-ACP388>3.0.CO;2-4)

Hadjmabrouk, A., Hadjmabrouk, H., & Dogui, M. (2001). Chronobiologie de la vigilance Approche d'application dans le domaine de la sécurité routière. *Recherche - Transports - Sécurité*, 73, 3–26. [http://doi.org/10.1016/S0761-8980\(01\)90035-4](http://doi.org/10.1016/S0761-8980(01)90035-4)

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In *Advances in Psychology* (Vol. 52, pp. 139–183). Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0166411508623869>

Heimstra, N. W. (1970). The Effects of “Stress Fatigue” on Performance in a Simulated Driving Situation. *Ergonomics*, 13(2), 209–218. <http://doi.org/10.1080/00140137008931134>

Horswill, M. S., Waylen, A. E., & Tofield, M. I. (2004). Drivers’ Ratings of Different Components of Their Own Driving Skill: A Greater Illusion of Superiority for Skills That Relate to Accident Involvement. *Journal of Applied Social Psychology*, 34, 177–195. <http://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2004.tb02543.x>

Hoyos, C. G. (1988). Mental load and risk in traffic behaviour. *Ergonomics*, 31(4), 571–584. <http://doi.org/10.1080/00140138808966700>

Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(19), 6829–6833. <http://doi.org/10.1073/pnas.0801268105>

Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 637–671. <http://doi.org/10.3758/BF03196323>

Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978–990. <http://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x>

Kiesel, A., Steinhauser, M., Wendt, M., Falkenstein, M., Jost, K., Philipp, A. M., & Koch, I. (2010). Control and interference in task switching--a review. *Psychological Bulletin*, 136(5), 849–874. <http://doi.org/10.1037/a0019842>

Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7), 317–324. <http://doi.org/10.1016/j.tics.2010.05.002>

Koch, I., Gade, M., Schuch, S., & Philipp, A. M. (2010). The role of inhibition in task switching: a review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(1), 1–14. <http://doi.org/10.3758/PBR.17.1.1>

Kray, J., Karbach, J., Haenig, S., & Freitag, C. (2011). Can task-switching training enhance executive control functioning in children with attention deficit/-hyperactivity disorder? *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 180. <http://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00180>

Lien, M.-C., Ruthruff, E., & Johnston, J. C. (2006). Attentional Limitations in Doing Two Tasks at Once. The Search for Exceptions. *Current Directions in Psychological Science*, 15(2), 89–93. <http://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2006.00413.x>

Lisper, H.-O., Dureman, I., Ericsson, S., & Karlsson, N. G. (1971). Effects of sleep deprivation and prolonged driving on a subsidiary auditory reaction time. *Accident Analysis & Prevention*, 2(4), 335–341. [http://doi.org/10.1016/0001-4575\(71\)90045-5](http://doi.org/10.1016/0001-4575(71)90045-5)

Liu, B.-S., & Lee, Y.-H. (2006). In-vehicle workload assessment: Effects of traffic situations and cellular telephone use. *Journal of Safety Research*, 37(1), 99–105. <http://doi.org/10.1016/j.jsr.2005.10.021>

Mayhew, D. R., Simpson, H. M., & Insurance Bureau of Canada (Eds.). (1995). The role of driving experience: implications for the training and licensing of new drivers. Toronto: Insurance Bureau of Canada = Bureau d'assurance du Canada.

Mayr, U., & Kliegl, R. (2000). Task-set switching and long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(5), 1124–1140.

McBain, W. N. (1970). Arousal, monotony, and accidents in line driving. *Journal of Applied Psychology*, 54(6), 509–519. <http://doi.org/10.1037/h0030144>

McKenna, F. P. (1993). It won't happen to me: Unrealistic optimism or illusion of control? *British Journal of Psychology*, 84(1), 39–50. <http://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1993.tb02461.x>

Mehler, B., Reimer, B., and Wang, Y. (2011). A comparison of heart rate and heart rate variability indices in distinguishing single-task driving and driving under secondary cognitive workload. *PROCEEDINGS of the Sixth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*.

Meiran, N., Hsieh, S., & Dimov, E. (2010). Resolving task rule incongruence during task switching by competitor rule suppression. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 36(4), 992–1002. <http://doi.org/10.1037/a0019761>

Meiran, N., & Kessler, Y. (2008). The task rule congruency effect in task switching reflects activated long-term memory. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 34(1), 137–157. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.34.1.137>

Meister, D. (1985). *Behavioral Foundations of system development* (2. ed). Malabar, Fla: Krieger.

Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49(2), 270–291. <http://doi.org/10.1037/a0028228>

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <http://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>

Moray, N. (1967). Where is capacity limited? A survey and a model. *Acta Psychologica*, 27, 84–92. [http://doi.org/10.1016/0001-6918\(67\)90048-0](http://doi.org/10.1016/0001-6918(67)90048-0)

Morrison, A. B., & Chein, J. M. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(1), 46–60. <http://doi.org/10.3758/s13423-010-0034-0>

National Safety Council. (2010, January 12). NSC estimates 1.6 million crashes caused by cell phone use and texting. Retrieved from [www.nsc.org/pages/NSCestimates16millioncrashes causedbydriversusingcellphonesandtexting.aspx](http://www.nsc.org/pages/NSCestimates16millioncrashes%20causedbydriversusingcellphonesandtexting.aspx)

Navon, D. (1984). Resources--a theoretical soup stone? *Psychological Review*, 91(2), 216–234. <http://doi.org/10.1037/0033-295X.91.2.216>

Nickel, P., & Nachreiner, F. (2003). Sensitivity and Diagnosticity of the 0.1-Hz Component of Heart Rate Variability as an Indicator of Mental Workload. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 45(4), 575–590. <http://doi.org/10.1518/hfes.45.4.575.27094>

Nickel, P., and Nachreiner, F. (2000). Psychometric properties of the 0.1 Hz component of HRV as an indicator of mental strain. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.

Nickerson, R. S. (Ed.). (1980). *Attention and performance VIII: [proceedings of the Eighth International Symposium on Attention and Performance, Princeton, New Jersey, USA, August 20-25, 1978]*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7(1), 44–64. [http://doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90004-3](http://doi.org/10.1016/0010-0285(75)90004-3)

Oberauer, K. (2009). Chapter 2 Design for a Working Memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 51, pp. 45–100). Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S007974210951002X>

Oberauer, K., Souza, A. S., Druery, M. D., & Gade, M. (2013). Analogous mechanisms of selection and updating in declarative and procedural working memory: experiments and a computational model. *Cognitive Psychology*, 66(2), 157–211. <http://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.11.001>

Ophir, E., Nass, C., & Wagner, A. D. (2009). Cognitive control in media multitaskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15583–15587. <http://doi.org/10.1073/pnas.0903620106>

Pashler, H. (1992). Attentional Limitations in Doing Two Tasks at the Same Time. *Current Directions in Psychological Science*, 1(2), 44–48. <http://doi.org/10.1111/1467-8721.ep11509734>

Patten, C. J. D., Kircher, A., Östlund, J., Nilsson, L., & Svenson, O. (2006). Driver experience and cognitive workload in different traffic environments. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 887–894. <http://doi.org/10.1016/j.aap.2006.02.014>

Pelz, D. C., & Krupat, E. (1974). Caution profile and driving record of undergraduate males. *Accident Analysis & Prevention*, 6(1), 45–58. [http://doi.org/10.1016/0001-4575\(74\)90015-3](http://doi.org/10.1016/0001-4575(74)90015-3)

Price, J., & Davis, B. (2008). *The woman who can't forget: the extraordinary story of living with the most remarkable memory known to science : a memoir*. New York: Free Press.

Raggatt, P. T. F. (1991). Work stress among long-distance coach drivers: A survey and correlational study. *Journal of Organizational Behavior*, 12(7), 565–579. <http://doi.org/10.1002/job.4030120702>

Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction: an approach to cognitive engineering*. New York, N.Y.: North-Holland.

Recarte, M. A., & Nunes, L. M. (2000). Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(1), 31–43. <http://doi.org/10.1037/1076-898X.6.1.31>

Redick, T. S., Shipstead, Z., Harrison, T. L., Hicks, K. L., Fried, D. E., Hambrick, D. Z., ... Engle, R. W. (2013). No evidence of intelligence improvement after working memory training: a randomized, placebo-controlled study. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(2), 359–379. <http://doi.org/10.1037/a0029082>

Reimer, B., Fried, R., Mehler, B., Joshi, G., Bolfek, A., Godfrey, K. M., ... Biederman, J. (2013). Brief report: examining driving behavior in young adults with high functioning autism spectrum disorders: a pilot study using a driving simulation paradigm. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(9), 2211–2217. <http://doi.org/10.1007/s10803-013-1764-4>

Reimer, B., Mehler, B., & Coughlin, J. F. (2016). Reductions in self-reported stress and anticipatory heart rate with the use of a semi-automated parallel parking system. *Applied Ergonomics*, 52, 120–127. <http://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.07.008>

Reimer, B., Mehler, B., Coughlin, J. F., Roy, N., & Dusek, J. A. (2011). The impact of a naturalistic hands-free cellular phone task on heart rate and simulated driving performance in two age groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(1), 13–25. <http://doi.org/10.1016/j.trf.2010.09.002>

Robert J. Hockey, G. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1–3), 73–93. [http://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05223-4](http://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4)

Roediger III, H. L. (1996). Memory Illusions. *Journal of Memory and Language*, 35(2), 76–100. <http://doi.org/10.1006/jmla.1996.0005>

Ryu, K., & Myung, R. (2005). Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(11), 991–1009. <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.005>

Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Review*, 84(1), 1–66. <http://doi.org/10.1037/0033-295X.84.1.1>

Shinar, D., McDowell, E. D., & Rockwell, T. H. (1977). Eye movements in curve negotiation. *Human Factors*, 19(1), 63–71.

Shipstead, Z., Redick, T. S., & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, 138(4), 628–654. <http://doi.org/10.1037/a0027473>

Souza, A. da S., Oberauer, K., Gade, M., & Druey, M. D. (2012). Processing of representations in declarative and procedural working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology* (2006), 65(5), 1006–1033. <http://doi.org/10.1080/17470218.2011.640403>

Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2007). Cell-Phone-Induced Driver Distraction. *Current Directions in Psychological Science*, 16(3), 128–131. <http://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00489.x>

Strayer, D. L., Drews, F. A., & Johnston, W. A. (2003). Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 9(1), 23–32. <http://doi.org/10.1037/1076-898X.9.1.23>

Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to Distraction: Dual-Task Studies of Simulated Driving and Conversing on a Cellular Telephone. *Psychological Science*, 12(6), 462–466. <http://doi.org/10.1111/1467-9280.00386>

Strayer, D. L., Watson, J. M., & Drews, F. A. (2011). Cognitive Distraction While Multitasking in the Automobile. In *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 54, pp. 29–58). Elsevier. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123855275000024>

Strobach, T., Frensch, P. A., & Schubert, T. (2012). Video game practice optimizes executive control skills in dual-task and task switching situations. *Acta Psychologica*, 140(1), 13–24. <http://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.02.001>

Sweller, J. (1993). Some cognitive processes and their consequences for the organisation and presentation of information. *Australian Journal of Psychology*, 45(1), 1–8. <http://doi.org/10.1080/00049539308259112>

Tombu, M., & Jolicoeur, P. (2004). Virtually No Evidence for Virtually Perfect Time-Sharing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30(5), 795–810. <http://doi.org/10.1037/0096-1523.30.5.795>

Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., & Crundall, D. (2002). Visual search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(2), 87–97. [http://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00008-6](http://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00008-6)

Vandierendonck, A., Liefooghe, B., & Verbruggen, F. (2010). Task switching: interplay of reconfiguration and interference control. *Psychological Bulletin*, 136(4), 601–626. <http://doi.org/10.1037/a0019791>

Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 849–857.

Verwey, W. B. (2000). On-line driver workload estimation. Effects of road situation and age on secondary task measures. *Ergonomics*, 43(2), 187–209. <http://doi.org/10.1080/001401300184558>

Verwey, W. B., & Veltman, H. A. (1996). Detecting short periods of elevated workload: A comparison of nine workload assessment techniques. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(3), 270–285. <http://doi.org/10.1037/1076-898X.2.3.270>

Watson, J. M., & Strayer, D. L. (2010). Supertaskers: Profiles in extraordinary multitasking ability. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(4), 479–485. <http://doi.org/10.3758/PBR.17.4.479>

Wickens, C. D., & Hollands, J. G. (2000). *Engineering psychology and human performance* (3. ed). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Williams, A. F. (2003). Teenage drivers: patterns of risk. *Journal of Safety Research*, 34(1), 5–15. [http://doi.org/10.1016/S0022-4375\(02\)00075-0](http://doi.org/10.1016/S0022-4375(02)00075-0)

Yoss, R. E. (1969). The sleepy driver: a test to measure ability to maintain alertness. *Mayo Clinic Proceedings*, 44(11), 769–783.

Yurovsky, D., Fricker, D. C., Yu, C., & Smith, L. B. (2014). The role of partial knowledge in statistical word learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 21(1), 1–22. <http://doi.org/10.3758/s13423-013-0443-y>

Guía

Tareas Estímulo-Respuesta y Fatiga Física

Valoración neuromuscular y su interés laboral



**Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente
UGT-CEC**

Con la Financiación de: AI-0001/2015



FUNDACIÓN
PARA LA
PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES

ÚNETE
POR TUS DERECHOS

