

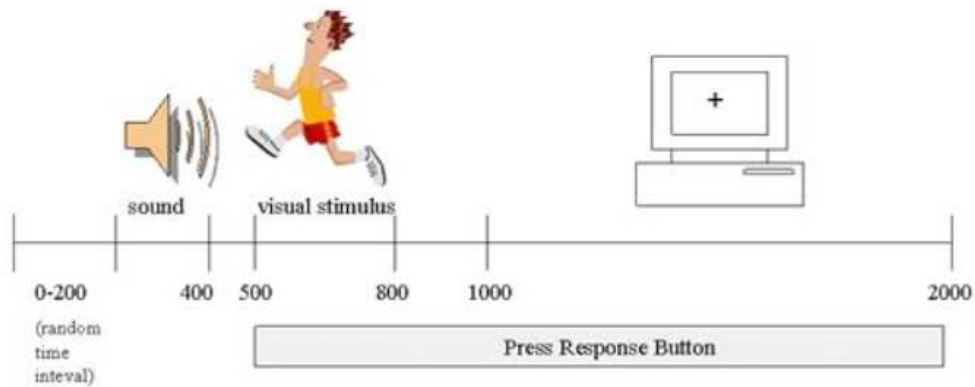


Universidad de Granada

**Departamento de Fisiología**

**Facultad de Medicina**

**Universidad de Granada**



**VALORACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN SIMPLE Y  
DISCRIMINATIVO COMO DETERMINANTE DE LA  
RESPUESTA NEUROMOTRIZ.**

**ANDRÉS ORELLANA URIBE**

**GRANADA, SEPTIEMBRE 2009**

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: Andrés Orellana Uribe  
D.L.: GR 3857-2009  
ISBN: 978-84-692-7845-1

# ÍNDICE

---

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	.....	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	.....	<b>4</b>
<b>ABREVIATURAS</b>	.....	<b>5</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	.....	<b>6</b>
<i>Los Tiempos de Reacción (TR)</i>	.....	<b>6</b>
<i>Tipos e Intensidad de Estímulos</i>	.....	<b>10</b>
<i>Factores que influyen en los TR</i>	.....	<b>11</b>
<i>Tiempo de Reacción Y Ejercicio</i>	.....	<b>15</b>
<i>Tiempo de Reacción y efecto de los Distractores</i>	.....	<b>18</b>
<b>OBJETIVOS</b>	.....	<b>21</b>
General	.....	<b>21</b>
Específicos	.....	<b>22</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	.....	<b>23</b>
<b>TRABAJOS ORIGINALES</b>		
1° : <i>Efecto del uso del teléfono celular sobre la capacidad de reacción y su comparación con la tasa de alcoholemia.</i>	.....	<b>36</b>
2° : <i>Efecto del teléfono celular, modalidad manos libres, en los Tiempos de Reacción comparado con los niveles de alcohol en el aire espirado de conductores.</i>	.....	<b>47</b>
3° : <i>Efecto de la conversación presencial y una conversación con celular modalidad manos libres sobre el Tiempo de Reacción.</i>	.....	<b>58</b>
4° : <i>Comparación del Tiempo de Reacción Simple y Discriminativo entre estudiantes deportistas y sedentarios de la Universidad de Valparaíso.</i>	.....	<b>68</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	.....	<b>77</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

Con especial aprecio agradezco a los responsables de este proceso de formación de tercer ciclo, los doctores Ángel Gutiérrez y Manuel Castillo, quienes con su apoyo y acogida permitieron cumplir con esta importante etapa de crecimiento profesional.

A mis compañeros de EFFECTS-262, por su alegría, compañerismo y ayuda.

A Sandra, Catalina y Mateo, por su apoyo incondicional.

## RESUMEN

Los seres humanos nos movemos y a la vez nos relacionamos con una diversidad de elementos móviles, situación que en nuestros tiempos cobra mayor relevancia al interactuar con objetos y situaciones que cambian de posición rápidamente y en todo momento. Esta interacción requiere procesar información con el fin de evaluar el escenario que se tiene a fin de tomar una decisión que en definitiva desencadenará una respuesta. El tiempo que se requiere para concretar la respuesta posee un componente sensorial que corresponde al procesamiento de la información que proviene de estímulos, por otro lado existe un componente decisional que se relaciona con el criterio de respuesta de cada persona.

La utilización de los *Tiempos de Reacción* (tiempo que tardamos los humanos en emitir una respuesta) como metodología de estudio de los sistemas sensoriales, permite conocer la capacidad de procesamiento central frente a variados estímulos y al efecto que pudiesen tener ciertos distractores, considerando, eso sí, que los tiempos de reacción se encuentran influidos por una gran cantidad de factores (fisiológicos, psicológicos, orgánicos, ambientales, entre otros.).

El presente estudio muestra una línea de investigación cuya metodología pretende estudiar la variabilidad de los *Tiempos de Reacción simple y discriminativo* frente a estímulos fundamentalmente visuales y auditivos, considerando para tales efectos elementos distractores de nuestra época moderna, como es el uso de la telefonía celular, la ingesta de alcohol, la conducción, además de la conversación presencial en conductores y el efecto de la práctica deportiva en la generación de la respuesta motriz.

Los resultados plasmados en esta tesis son concordantes con otros estudios de la misma línea, por un lado suma evidencia al efecto positivo de la práctica periódica de la actividad física en la adquisición de respuestas rápidas frente a diversos estímulos y, por otra parte, plantea la preocupación que se debe tener frente al hecho del deterioro de los tiempos de reacción por uso de nuevas tecnologías de comunicación (telefonía celular), en especial cuando puede convertirse en un problema de salud pública (telefonía celular-conducción).

## ABREVIATURAS

<b>ANOVA</b>	: Análisis de varianza
<b>CAM</b>	: Capacidad aeróbica máxima
<b>EMG</b>	: Electromiografía
<b>ms</b>	: milisegundos
<b>Seg</b>	: segundos
<b>TIC</b>	: Tecnologías de comunicación e información
<b>TR</b>	: Tiempo de Reacción
<b>TRe</b>	: Tiempo de reacción de elección
<b>TRs</b>	: Tiempo de reacción simple
<b>TRd</b>	: Tiempo de reacción discriminativo
<b>TRm</b>	: Tiempo de reacción múltiple
<b>TRc</b>	: Tiempo de reacción complejo
<b>TM</b>	: Tiempo motor
<b>VTS</b>	: Vienna Test System

# INTRODUCCIÓN

## 1.- Los Tiempos de Reacción

Los procesos humanos, tanto biológicos como síquicos requieren para su desarrollo características especiales, uno de ellos es el tiempo que necesitan para poder manifestarse, constituyéndose en una característica fundamental para comprender el funcionamiento de los mismos. Al tiempo que los humanos tardamos en emitir una respuesta desde la presentación de un estímulo se le denomina “Tiempo de Reacción” (TR) y ha sido la variable dependiente natural en muchos de los experimentos llevados a cabo por las ciencias de la psicología y la neurofisiología desde el siglo XIX.

El estudio pionero del TR fue desarrollado por el fisiólogo holandés Donders (1868/ 1969), describió las etapas del tratamiento en el TR, aunque su trabajo no fue conocido hasta un siglo después en que se tradujo su obra al inglés. Así también Helmholtz (1850), un fisiólogo que mediante sus estudios de conducción nerviosa, se introdujo intensamente en la experiencia del estudio de los TR. Lo cierto es que Helmholtz y Donders han dejado sólidos fundamentos para el uso del TR en el estudio de los procesos psicofisiológicos.

Donders aplicó un impulso eléctrico al pie izquierdo y al derecho del sujeto y midió el tiempo que éste tardaba en presionar una tecla que indicara cual había sido el pie que había recibido el impulso. En una de las condiciones experimentales, el sujeto tenía conocimiento previo sobre cuál de sus dos pies sería estimulado, mientras que en la otra no disponía de este conocimiento antes de la aplicación del impulso eléctrico. Donders encuentra que la diferencia entre ambas condiciones experimentales es de 1/15seg.

Un modelo de *procesamiento de la información* comienza con la llegada de uno o varios estímulos o entradas (inputs) de información, a uno o más órganos sensoriales, a partir de entonces comienza su procesamiento, que termina con la emisión de una respuesta motora o salida (output).

La referencia a *procesamiento* en el ámbito motor involucra: a) *codificación* de información recibida, como ejemplo en un jugador de fútbol es la identificación de la distancia del arco contrario, o de los rivales; b) *búsqueda en memoria de experiencias anteriores*, lo que permite guardar las decisiones tomadas para aplicar en nuevas circunstancias de juego ; c) *combinación* de una información con otra para preparar un programa motor que diga al sistema neuromuscular qué respuesta realizar; d) *forma de control* de la acción mientras se está ejecutando el programa motor a través del sistema neuromuscular, lo que permite, entre otras cosas, la rectificación por acciones imprevistas.

Donders estableció que los estadios de procesamiento cerebral de la información sensorial permitían definir tres tipos de TR : a) TRs (simple), un solo estímulo con una respuesta asignada,; b) TRd (discriminativa), varios estímulos con una respuesta asignada a sólo uno de ellos ; c) TRe (elección), varios estímulos con respuestas asignadas para cada uno. Su asunción fundamental es que la complejidad del procesamiento aumenta el TR, es decir que cuanto más compleja es una tarea de discriminación, más tiempo se necesita para emitir una respuesta (Link y Bonn, 1998). Donders era consciente de la importancia de su descubrimiento ya que escribió: "*This was the first determination of the duration of a well-defined mental process. It concerned the decision in a choice and an action of the will in response to that decision*" (Donders, 1868/1969). Hoy en día existe una mayor uniformidad en las definiciones que se asemejan en incluir estas *características* del TR: es un periodo de tiempo, comienza en el inicio del estímulo y termina en el inicio de la respuesta correspondiente a este estímulo. Chocholle (1972) resume los diferentes aspectos que debemos considerar al hablar de Tiempo de Reacción. Para éste autor, el TR es "*la demora más breve entre una respuesta simple que presenta caracteres de una respuesta habitualmente voluntaria y una incitación inicial que, casi siempre, adquiere la forma de un estímulo, estando ambas determinadas y fijadas por el operador y sin que existan entre ellas relaciones naturales algunas*" .



También se puede observar cómo hay autores que utilizan algunos términos como sinónimos de tiempo de reacción: latencia de respuesta y tiempo fisiológico. Karpovitch, en Drouin y Larivière (1974) *“es el tiempo que transcurre entre el momento de aplicación o de presentación de un estímulo y el comienzo de una respuesta”*. Oxendine, en Drouin y Larivière (1974): *“periodo de tiempo que se extiende desde la presentación del estímulo y el inicio de la respuesta”*. Drouin y Larivière (1974) *“el tiempo de reacción identifica el tiempo que transcurre desde la presentación del estímulo hasta el inicio del movimiento”*. Bernia (1981): *“el ‘Tiempo de Reacción’ es el tiempo que transcurre entre la estimulación de un órgano sensorial y el inicio de una respuesta o reacción manifiesta; se llama también ‘Latencia de Respuesta’”*.

Donders llamaba *“tiempo fisiológico’ al lapso entre la asimilación o recepción periférica del estímulo y la producción de la respuesta”*. Roca (1983) *“el que transcurre desde el inicio de un estímulo excitador y el inicio de la respuesta del sujeto”*, además diferencia dos partes en el TR: la *fase premotora*, que transcurre desde *“el inicio del estímulo excitador y el inicio de la respuesta miográfica que informa de la estimulación del músculo”*, y la *fase motora*, *“desde el inicio de la respuesta miográfica hasta el acto de, por ejemplo, apretar el botón que detiene el cronómetro”*. Tudela (1989) *“TR como la cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente”*. Marzilli y Hutcherson (2002), señalan textualmente: *“Con el registro de la actividad electromiográfica (EMG) es posible inferir dos componentes del TR global: tiempo premotor (componente cognitivo) y tiempo motor (componente motor). Tiempo premotor es la latencia entre la identificación del impulso y el inicio de la activación del músculo, y el tiempo motor es medido desde la activación inicial del músculo hasta la respuesta visible. El tiempo premotor representa los procesos que intervienen en la identificación del estímulo, selección de la respuesta apropiada y la siguiente programación de la respuesta motriz; mientras que el tiempo motor representa el tiempo requerido para activar los mecanismos que intervienen en la contracción de los músculos periféricos”*. Vinuesa y Coll (1987) utilizan una nomenclatura diferente pero que también debemos conocer.

Para ellos la velocidad de reacción se divide en el periodo latente y el periodo de reacción. El periodo latente es “*el tiempo que transcurre entre que se recibe la señal (disparo de salida, por ejemplo) hasta que el impulso llega a través de la placa motriz del músculo*”. El periodo de reacción tiene lugar “*entre la inervación muscular y la manifestación externa del movimiento*”. Como se puede observar, existe un gran paralelismo entre estos conceptos y los presentados por otros autores.

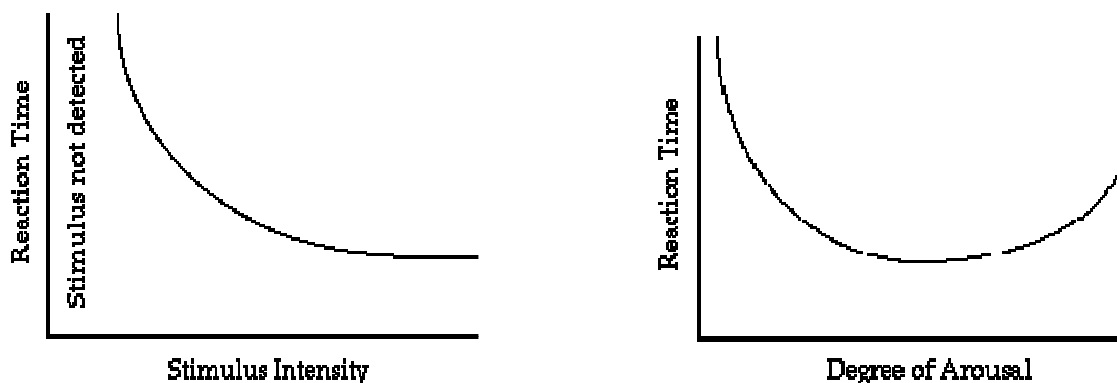
La valoración del TR ante una respuesta simboliza la sumatoria de latencias, es decir otros TRs, así también es necesario considerar que los TR se encuentran influidos por una gran cantidad de factores, entre ellos psicológicos, fisiológicos, orgánicos, experimentales, etc. por lo que su variación intra e inter sujetos es alta, de esta forma resulta atractivo poder discriminar entre las variaciones de TR provenientes de factores cognitivos y aquellas que responden a factores relacionados con la sensibilidad del sistema en cuestión .

Cattell (1902) plantea un principio en el estudio de los TR que incluso hoy tiene vigencia. Él sugiere que los estímulos que provocan la misma respuesta discriminativa, producirán iguales TR. Este principio, como señalan Link y Bonnet (1998), indica que el TR se incrementará a medida que la intensidad del estímulo disminuya y fue lo que permitió a Piéron (1914) proponer una función que representara la variación de TR en función de la intensidad del estímulo. En concreto, Piéron (1914) concluye que, para una misma modalidad sensorial, el TRs disminuye a medida que la intensidad del estímulo aumenta, y que esta variación puede ser descrita por una función hiperbólica que hoy, en su honor, se denomina “función de Piéron”.

Para efectos de estudio e investigación, hoy en día los TR son clasificados en dos tipos: TR simples (TRS) y TR complejo (TRc o discriminativo), éstos últimos responden a situaciones en donde el sujeto elige respuestas posibles ante un estímulo (*choice reaction time*), siendo , por tanto más elevados para una misma modalidad sensorial.

## 2.- Tipos e Intensidad de Estímulos

Muchas investigaciones han confirmado que la reacción al sonido es más rápida que a la luz, con un promedio en el TR auditivo de 140-160 ms y de 180-200 ms el TR visual (Galton, 1899; Woodworth and Schlosberg, 1954; Fieandt *et al.*, 1956; Welfvisord, 1980; Brebner and Welford, 1980). Tal vez esto se deba a que un estímulo auditivo toma solo 8-10 ms en alcanzar el cerebro (Kemp *et al.*, 1973), y el estímulo visual demora 20-40 ms (Marshall *et al.*, 1943). El TR táctil es intermedio, unos 155 ms (Robinson, 1934). Las diferencias en los TR persisten entre los distintos tipos de estímulos si un sujeto es llevado a realizar una respuesta simple o compleja (Sanders, 1998, p. 114). Froeberg (1907) encontró que estímulos visuales prolongados llevan a obtener TR más cortos, y Wells (1913) obtuvo los mismos resultados para estímulos auditivos. Piéron (1920) y Luce (1986) reportaron que mientras más débil sea el estímulo (por ejemplo una luz muy tenue), mayor será el TR, sin embargo a medida que aumenta la intensidad del estímulo, el TR llega a ser constante. Kohfeld (1971) encontró que la diferencia entre TR a la luz y el sonido podría ser eliminado siempre que se use un estímulo de alta intensidad.



### 3.- Factores que Influyen en los Tiempos de Reacción

En el tiempo de reacción influyen variados factores y circunstancias que se pueden agrupar en las características de la tarea a realizar y características del sujeto, distinguiendo entre físicas, psicológicas y psicofísicas. Uno de los primeros efectos estudiados en el campo de los TR fue el efecto de la duración del estímulo (Wells, 1913).

Si presentamos un estímulo durante un tiempo suficientemente largo, no se registrará variación en el TR que se pueda relacionar con el tiempo de presentación y, por tanto, éste variará fundamentalmente en función de la intensidad. Este efecto de la duración del estímulo sobre el TR constituye un factor puramente sensorial y, por consiguiente, las variaciones de TR provenientes de los cambios en la duración del estímulo afectan a la sensibilidad del sistema. Por otro lado, los efectos provenientes del nivel de preparación del sujeto ante la respuesta refieren a factores de decisión y no de la sensibilidad del sistema, por lo cual suelen estar relacionados con el criterio de respuesta de los sujetos.-

El TR disminuye si se advierte al sujeto antes de que aparezca el estímulo (Wundt, 1903), lo cual ha permitido la denominación de *período preparatorio* para referirnos al intervalo entre la señal y el estímulo. Para evitar los efectos de anticipación y de automatización de la respuesta es aconsejable variar aleatoriamente el intervalo entre señal y estímulo de una medición a otra (Klemmer, 1956).

Las variables que afectan al tiempo de reacción pueden ser modificadas para que un mismo sujeto tenga un tiempo de reacción diferente. De este modo una variable independiente es modificada en un grupo de sujetos con el fin de conocer sus efectos sobre TR.

En el TR se diferencian dos componentes básicos: un tiempo mínimo, irreductible, de respuesta, a nivel fisiológico alrededor de 100 ms. (entre 80 y 110 ms.) y un tiempo de respuesta ampliamente variable que depende de: el estímulo (intensidad, modalidad, complejidad), la respuesta (tipo y complejidad,

compatibilidad estímulo-respuesta), el periodo preparatorio (intervalo entre estímulos), las constantes procedimentales y secuenciales (instrucciones, curvas velocidad-precisión, complejidad de la tarea, características de la secuencia a estimular, resistencia a la fatiga, condiciones de registro, etc.) y las diferencias individuales (hábitos, edad, sexo, inteligencia, personalidad, etc.).

Con respecto al papel que juega la fatiga en las variaciones del TR, Bonnet y Link (1998) señalan que éstas vienen de tomas de decisiones y que eventualmente pueden alterar el criterio de respuesta en un momento dado. Ya Forbes, en 1945 señala que la fatiga produce aumento del TR. Los factores orgánicos que pueden influir en los TR es la hora del día en que se realizan las pruebas, así el ritmo circadiano individual podría estar relacionado con las variabilidad de los TR (Soler, Aparici, Maiche y Estaún, 2002).

Del punto de vista de la edad, el TRs es menor desde la infancia hasta los 20 años, luego se incrementa lentamente desde los 50 a los 60 años y luego se aumenta rápidamente a partir de los 70 años. (Welford, 1977; Jevan and Yan, 2001; Luchies *et al.*, 2002; Rose *et al.*, 2002; Der and Deary, 2006).

Luchies *et al.*(2002) reportaron que para estas edades los resultados de estudios eran más marcados en los TRd. Según Hulstsch *et al.*, 2002 los TR son también más variables con la edad y con la enfermedad de Alzheimer (Gorus *et al.*, 2008). MacDonald *et al.* (2008) encontró que la variabilidad del TR en los adultos mayores se asocia generalmente con los TR más lentos y peor reconocimiento de los estímulos, y sugirió que la variabilidad puede ser una medida útil en la evaluación de la integridad de los nervios en general. Welford (1980) especula sobre la razón de la desaceleración del TR con la edad. No serían simples factores mecánicos como la velocidad de conducción nerviosa. Puede ser la tendencia de las personas mayores a ser más cuidadosos y vigilar sus respuestas con más detención (Botwinick, 1966). Myerson *et al.* (2007) concluyó que los adultos mayores no tuvieron diferencias en asimilar información con respecto a gente joven, pero sí tardaron más en sus reacciones.

En uno de los estudios pioneros (Galton, 1899) reportó que adolescentes (15-19 años) tenían TR promedios de 187 ms para estímulo luminoso y 158 ms para estímulos auditivos. Jervas y Yan (2001) señalaron que el deterioro del TR relacionada a la edad fue el mismo para hombres que para mujeres.

Al momento del análisis de los TR considerando el factor *género*, es preciso señalar que en casi todos los grupos de edad, los varones tienen TR más bajos que las mujeres, y la desventaja femenina no se reduce con la práctica (Noble *et al.*, 1964; Welford, 1980; Adam *et al.*, 1999; Dane y Erzurumluoglu, 2003; Der y Deary, 2006). El último estudio es notable pues incluye 7400 sujetos. Engel (1972) concluye que el TR a estímulos auditivos en hombre son de 227 ms y de 242 ms en mujeres, sin embargo Silverman (2006) aportó pruebas que señalan que la ventaja del hombre en el TR visual es cada vez menor (especialmente fuera de USA), ello quizá debido a que más mujeres participan en la conducción y deportes en donde se requiere la rápida toma de decisiones. Los trabajos de Szinnai *et al.* (2005) dan a conocer que la deshidratación gradual (pérdida del 2,6 % del peso corporal en un período de siete días) tiende a alargar los TRd, mientras que en los hombres se acortan.

El estudio de Cheatham *et al.* (2009) destaca que dietas con limitación calórica no afectaron el TR o alguna otra medida cognitiva. Estos resultados comprueban los obtenidos en el trabajo de Gutiérrez *et al.* (2001) donde concluyen que tres días de ayuno no deteriora el TR, a pesar que se deteriora la capacidad de trabajo.

En definitiva, las circunstancias capaces de modificar el TR en los individuos, se pueden resumir en :

1. Condiciones del entorno: Un entorno estable, tranquilo y cálido favorece una respuesta más rápida.

2. Tipo de estímulos: Los auditivos son más rápidos que los visuales por basarse en una estimulación mecánica, pero también son más rápidos que los táctiles, al estar más cerca del cerebro, lo que recorta el recorrido del estímulo.
3. Intensidad del estímulo: La reacción visual es más lenta si aumenta la intensidad de la luz.
4. Número de alternativas: En la medida que haya que elegir entre un número mayor de respuestas, el tiempo de reacción aumenta, pues hay que sumar un tiempo para escoger la opción más adecuada. En la medida que sea más difícil diferenciar las señales, se tardará más en reaccionar.
5. Número de órganos estimulados: Cuantos más órganos se estimulen, más rápida es la respuesta.
- 6.- Con el entrenamiento y la experiencia se puede reducir este tiempo con una buena capacidad de anticipación. El TR en la persona sedentaria oscila entre 17 y 27 centésimas, en deportistas entre 10 y 15 centésimas.
- 7.- Efecto de la motivación y factores emocionales; A partir de la realización de experiencias en donde se recompensaba al sujeto por su desempeño en la tarea (Owen, 1959) quedó claro que la motivación de los sujetos para realizar el experimento era un elemento importante en la medición del TR.

#### 4.- Tiempo de Reacción y Ejercicio

Muchos deportes requieren que los participantes completen tareas físicas llevadas a cabo a intensidades moderadas y máximas y que al mismo tiempo realicen destrezas motoras perceptuales que deben realizarse de la manera más rápida y precisa posible (Chmura et al., 2002; Rendi et al., 2007). Los estudios orientados al deporte que investigan la influencia de las capacidades perceptuales-cognitivas vinculadas con el procesamiento visual, tales como la anticipación y el reconocimiento de patrones, pueden aportar pruebas valiosas para comprender mejor los atributos psicofisiológicos de los deportistas (Jackson et al., 2006; Williams et al., 2006). Williams y Ford (2008) proporcionaron una visión general detallada de las adaptaciones que pueden ocurrir en las capacidades perceptuales-cognitivas como resultado de la participación regular en la práctica y el entrenamiento deportivo. Dichos conceptos son reforzados por los estudios de Nakamoto y Mori (2008) quienes encontraron que estudiantes universitarios jugadores de basketball y baseball tuvieron TR más rápidos que estudiantes sedentarios.

En sus estudios, Collardeau *et al.* (2001) señalan no existir efectos pos-ejercicio en los TR de corredores, pero si mejoraron *durante* la ejecución de la actividad. Pesce *et al.* (2007), por su parte, dan cuenta de que no hubo mejoras en los TR de jugadores de fútbol estudiados.

Tomporowski (2003) presentó una descripción general detallada de estudios que examinaron los efectos del ejercicio sobre la función cognitiva. Su conclusión fue que el ejercicio submáximo mejora las actividades cognitivas tales como el TR y la memoria, mientras que, las actividades que incluyeron series de ejercicios que llevaban al agotamiento voluntario no dieron como resultado ninguna mejora significativa en el rendimiento cognitivo. De interés específico fue la sugerencia realizada por Tomporowski en donde establecía que las actividades de ejercicio máximo que requirieron de la capacidad de toma de decisión por lo general tuvieron como resultado tiempos de respuesta más rápido, pero sin cambios en los índices de error de los participantes.



En general las investigaciones están dirigidas a conocer la interacción entre la intensidad de estímulos visuales y el ejercicio, para determinar los factores que afectan los procesos sensoriales (S. Sternberg, 2001). Tanto los datos neurofisiológicos como de comportamiento indican que las señales visuales intensas afectan la etapa de pre-procesamiento (P. Lennie, 1998; P. Rihet, 1999). Primero, estímulos luminosos afectan la latencia de descarga de las células ganglionares de la retina (Lenni 1998). En segundo lugar, varios experimentos sugieren que el efecto de esta variable depende de la excentricidad de la retina, pero no se ve afectada por otras variables conocidas y que lleven a alterar el rendimiento del sujeto (Sanders 1990, 1998). Así entonces, estos resultados apoyan la idea que una señal luminosa específica es un estímulo que afecta la fase pre procesamiento. De esta forma, si el ejercicio físico afecta el procesamiento sensorial, su efecto sobre el tiempo pre motor se espera que dependa de la intensidad de los estímulos visuales (Sternberg 1969, 2001).

Por otro lado, los resultados de Arcelin et al (1998) sugieren que el ejercicio físico acorta los TR debido a la acción de procesos motores periféricos. Con respecto a los mecanismos fisiológicos responsables de estos efectos, una posibilidad es que debido a la elevación de la temperatura corporal, se vería aumentada la velocidad de conducción tanto de las fibras del músculo como los nervios periféricos.(Van der Hoevenand Lange 1994).

Experimentos con estimulación magnética transcraneana sugieren que el ejercicio podría tener también efectos sobre la excitabilidad de la corteza motora (Samii et al 1996), apareciendo a favor otro antecedente de modificación en el proceso motor central. Otros estudios sugieren que el stress calórico, ejercicio y combinación de esos estímulos inducen a respuesta de stress típica, con secreción de catecolaminas a nivel cortical y plasmático (Brenne et al 1998; Harikai et al 2003), estos resultados fortalecen la idea de que el efecto del ejercicio sobre el proceso motor podría ser mediada vía sistema noradrenérgico.

Chmura et al (1994, 1998) han reportado una correlación negativa entre concentración de catecolaminas plasmáticas y TR durante ejercicio incremental hasta el agotamiento y después de que el umbral plasmático de adrenalina se ha alcanzado.

En esta línea de investigación Hasbroucq et al (2003) reportaron que una sola dosis de 50 mg de levodopa (propulsora de dopamina y noradrenalina) puede acortar el Tiempo Motor (intervalo entre la aparición de la actividad electromiográfica y la respuesta motora) de sujetos sanos, por tanto tiene similares efectos que el ejercicio. Los resultados de Hasbroucq sugieren que las catecolaminas están involucradas en procesos motores periféricos. A la luz de estos resultados y de los de Chmura et al, la relación de catecolaminas durante un ejercicio submáximo ( 50 % de la CAM ) podría ser responsable de los hallazgos de Karen Davranche et al (2005) en donde confirma que los mejores TR se obtienen en una actividad física equivalente a un ejercicio submáximo , esto comparado con el TR de los sujetos durante el reposo.

Etnyre y Kinugasa (2002) encontraron que sujetos que debían reaccionar extendiendo su pierna ante un estímulo auditivo, obtenían TR más cortos si previamente realizaban 3 segundos de contracción isométrica de los músculos de las piernas. Se podría esperar que la contracción del músculo pudiese ser más rápida (entre otras cosas , porque el músculo se calienta), pero sorprende que también el TR de la *precontracción* también fue más corta, pareciendo que la contracción isométrica permitiera al cerebro trabajar más rápido, llegando a la misma conclusión Masanobu y Choshi (2006).

Ellos encontraron que la tensión muscular moderada (10% del máximo) acorta el TR *precontracción* de sujetos a quienes se les pidió extender sus piernas derecha o izquierda en una prueba de TRd. Davranche et al. (2006) también concluyó que el ejercicio mejora el TR por incremento en la "atención".

## 5.- Tiempo de Reacción y efecto de Distractores

En estas últimas dos décadas, el mundo evoluciona y cambia con rapidez, especialmente en lo que respecta a avances tecnológicos. La invención, aparición y popularización del uso de nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC) ha venido a facilitar nuestras vidas, sin embargo ello también ha traído consecuencias negativas, como es el caso del uso (y abuso) cotidiano de la telefonía celular. Las ventajas son evidentes; las personas pueden realizar o recibir llamadas donde quiera que se encuentren. En ciertos contextos la conveniencia se justifica, aunque resulte molesto a las personas que están alrededor (cine, teatro, conferencias). En contextos de carreteras, desde su aparición ha sido motivo de estudio su uso al momento de la conducción, existiendo a este momento evidencia científica de la amenaza potencial a la seguridad vial. Resulta francamente impactante que más del 50% de la mortalidad mundial debida a lesiones producidas por accidentes de tráfico afecte a la población entre 15 y 44 años de edad, asimismo la morbilidad es mayor en este grupo de edad sobre cuyos miembros recae el 60 % de la morbilidad mundial anual resultado de lesiones fruto de accidentes de tráfico. Bajo una mirada sistémica, se puede considerar que un accidente responde a un fallo en uno de los elementos que pueden intervenir en el tráfico: factores del vehículo, ambientales y humanos (Allen, Cook, Aponso y Rosenthal, 2004; Hill, 2001; Montoro et al 2000; Megia et al, 1998; ONU, 2003).

La falta de conciencia de la situación respondería a una entrada deteriorada de la información provocada por incremento de la carga cognitiva que el conductor experimenta al recibir una llamada y conversar vía celular, incluso con la modalidad Manos libres. La carga mental podría estar afectando a la atención, deteriorando la detección de estímulos periféricos. Ante tales consideraciones, se puede argumentar que la comunicación mediante celular, incluyendo el modo manos libres, tiene como consecuencia la pérdida de conciencia situacional, el conductor omite información del entorno relevante y útiles para la percepción del propio movimiento.

Welford (1980) Broadbent (1971) revisaron estudios demostrando que la distracción incrementa el TR. Trimmel y Poelzl (2006) encontraron que un sonido de fondo prolonga el TR por inhibición de partes de la corteza. Los estudios de Richard *et al.* (2002) Lee *et al.* (2001) demuestran el aumento de los TR cuando estudiantes universitarios fueron sometidos a tareas auditivas mientras conducen. Sus conclusiones versan en los efectos del uso del celular o mensajes de voz en la seguridad vial. Horrey & Wickens (2006) y Hendrick & Switzer (2007) tuvieron similares conclusiones acerca del uso del celular durante la conducción, señalando además que la modalidad manos libres no mejora el TR.

Algunos estudios han establecido comparaciones de la peligrosidad del uso del celular con respecto al nivel de alcohol en sangre en el límite legal (Redelmeier y Tibshirani, 1997). Trabajos experimentales han comprobado los efectos en la conducción simulada de conversar con manos libres y de concentraciones de alcohol en sangre en el límite legal (Strayer *et al.*, 2002; Strayer *et al.*, 2003). Sus resultados muestran que el deterioro de la conducción fue mayor en conductores que conversaban por celular, recordando que los patrones observados en el deterioro del TR provocado por alcohol y por una conversación telefónica son diferentes.

Redfern *et al.* (2002) encontró que sujetos sometidos a estímulos sobre una plataforma que cambió de orientación constantemente, los TR se retardaron justo antes, durante e inmediatamente después del movimiento de la plataforma. El TR a estímulos auditivos fue más afectado que las respuestas a estímulos visuales.

Hsieh *et al.* (2007) encontró que la vibración simulada en un monitor de computador aumenta el TR, crece el rango de errores y causa más fatiga visual. En una aplicación al diseño de sitios web, Tuch *et al.* (2009) encontró que sitios web visualmente complejos activan y aumentan la concentración del usuario (y estrés), pero disminuye el TR.

El efecto de la distracción puede depender de estados emocionales y experiencias previas. Reed y Antonova (2007) frustraron a algunos sujetos dándoles temas y problemas irresolubles, midiendo posteriormente sus TR por distracción. Los sujetos que tuvieron dificultad en los problemas planteados fueron los más lentos y distraídos en sus TR que aquellos sujetos sin frustración. Estudios similares fueron citados por Similar Gerdes *et al.* (2008), quien encontró que sujetos con fobia a las arañas presentaban TR más lentos por efecto de la distracción cuando se les presentaban fotografías con arañas que por distracción cuando las fotografías eran de flores o plantas.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

Profundizar en el conocimiento de los Tiempos de Reacción simple y discriminativo, evaluando su comportamiento frente a diferentes factores que pudiesen intervenir en la respuesta neuromotriz, considerando para ello la realización de estudios experimentales con la participación de sujetos jóvenes de ambos géneros, chilenos y españoles.

- I.- Conocer los efectos del uso del teléfono celular en los tiempos de reacción simple y discriminativa.
- II.- Determinar los efectos de distracción que produce una conversación presencial en un sujeto, en función del Tiempo de reacción, al momento de aplicar una prueba sicosensométrica.
- III.- Comparar los valores de tiempo de reacción en conductores de vehículos motorizados al utilizar telefonía celular convencional respecto al uso del teléfono celular modalidad manos libres.
- IV.- Comparar los tiempos de reacción al utilizar celular convencional, respecto al máximo nivel de alcohol permitido en el aire espirado, en sujetos con experiencia de conducción.
- V.- Establecer los tiempos de reacción simple y discriminativo al utilizar celular modalidad manos libres, respecto al nivel límite de alcohol permitido en el aire espirado, en sujetos conductores.
- VI.- Establecer las diferencias de tiempos de reacción al momento del uso del celular manos libres con respecto a la conversación presencial que sostenga un sujeto durante una prueba sicosensométrica.
- VII.- Demostrar el efecto distractivo de la conversación presencial, en función del tiempo de reacción simple y discriminativo, en sujetos sometidos a pruebas sicosensométricas.
- VIII- Contrastar los tiempos de reacción simple y discriminativo de sujetos universitarios considerados sedentarios con los deportistas.
- IX.- Establecer las diferencias de TR entre grupos sedentarios y deportistas, de acuerdo al género.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adam, J., F. Paas, M. Buekers, I. Wuyts, W. Spijkers and P. Wallmeyer. 1999. Gender differences in choice reaction time: evidence for differential strategies. *Ergonomics* 42: 327.

Adelson, E. H. (1991). Mechanisms for Motion Perception. *Optics and Photonics News*, 2(8), 24-30.

Adelson, E. H. y Movshon, J. (1982). Phenomenal coherence of moving visual patterns. *Nature*, 300, 523-525.

Adelson, E. H. y Bergen, J. R. (1985). Spatiotemporal energy models for the perception of motion. *J. Opt. Soc. Am. A*, 2, 284-299.

Ahumada, A. J. Jr. y Watson, A. B. (1985). Equivalent-noise model for contrast detection and discrimination. *J Opt Soc Am A*, 2(7), 1133-1139.

Albright, T. D. (1984). Direction and orientation selectivity of neurons in visual area MT of the macaque. *J Neurophysiol*, 52, 1106-1130.

Allen, R.W., Cook, M.L, Aponso, B.L y Rosenthal (2004). Special issue review of a symposium on new directions in driving simulation research. *Advance Transportations Studies an international Journal.*, Special Issue, 5-8

Aloimonos, J. (1993). *Active perception*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Anstis, S. y Ramachandran, V. S. (1987). Visual inertia in apparent motion. *Vision Research*, 27, 755-764.

Ando, S., N. Kida and S. Oda. 2002. Practice effects on reaction time for peripheral and central visual fields. *Perceptual and Motor Skills* 95(3): 747-752.

Ando, S, N. Kida and S Oda. 2004. Retention of practice effects on simple reaction time for peripheral and central visual fields. *Perceptual and Motor Skills* 98(3): 897-900

Arcelin R, Delignie`res D, Brisswalter J (1998) Selective effects of physical exercise on choice reaction processes. *Percept Mot Skills* 87:175–185

Beckers, G. y Homberg, V. (1992). Cerebral visual motion blindness: transitory akinetopsia induced by transcranial magnetic stimulation of human area V5. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 249, 173-178.

Barthélémy, S., and P. Boulinguez. 2001. Manual reaction time asymmetries in human subjects: the role of movement planning and attention. *Neuroscience Letters* 315(1): 41-44.

Barthélémy, S., and P. Boulinguez. 2002. Orienting visuospatial attention generates manual reaction time asymmetries in target detection and pointing. *Behavioral Brain Research* 133(1): 109-116.



- Bashore, T. R. and K. R. Ridderinkhof. 2002. Older age, traumatic brain injury, and cognitive slowing: some convergent and divergent findings. *Psychological Bulletin* 128(1): 151.
- Bellis, C. J. 1933. Reaction time and chronological age. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 30: 801.
- Botwinick, J. and L. W. Thompson. 1966. Components of reaction time in relation to age and sex. *Journal of Genetic Psychology* 108: 175-183.
- Brebner, J. T. 1980. Reaction time in personality theory. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 309-320.
- Broadbent, D. E. 1971. *Decision and Stress*. Academic Press, London.
- Bryden, P. 2002. Pushing the limits of task difficulty for the right and left hands in manual aiming. *Brain and Cognition* 48(2-3): 287-291.
- Benschot, R. y Draaisma, D. (2000) In Pursuit of Precision: The Calibration of Minds and Machines in Late Nineteenth-century Psychology', *Annals of Science* 57, 1- 25.
- Bonnet, C. (1981). Processing configurations of visual motion. En J. Long, A. Bradley (Eds.), *Attention & Performance IX*, Hillsdale (N.J.), Lawrence Erlbaum.
- Bonnet, C. (1982). Thresholds of motion perception. En A.H. Wertheim, W.A. Wagenaar, H.W. Leibowitz (Eds), *Tutorials in motion perception*. New-York, Plenum Publishing Corporation. pp.41-79.
- Bonnet, C. (1984a). Discrimination of velocities and mechanisms of motion perception. *Perception*, 13, 275-282.
- Bonnet, C. (1996). Interindividual variability and training in psychophysical tasks: sensorial and/or decisional effects?. En A. Schick y M. Klatt (Eds.) *Contributions to Psychological*
- Bonnet, C. y Link, S. (1998) Analyzing individual differences in Reaction Times. En S.
- Bonnet, C., Zamora, M. C., Buratti P. y Guirao M. (1999). Group and individual gustatory reaction times and Piéron's law. *Physiology & Behaviour*, 66, 549-558.
- Bonnet, C. y Dresch, B. (2001). Investigations of sensory magnitude and perceptual processing with reaction times. *Psychologica*, 28, 63-86.
- Borst, A. (2000). Models of motion detection. *Nature Neuroscience (Supplement)*, 3, 1168.
- Braddick, O. J., Sleight, A. C. y Rank Prize Funds. (1983). Physical and biological processing of images: *proceedings of an international symposium organized by the Rank Prize Funds*, London, England, 27-29 September, 1982. Berlin; New York: Springer-Verlag.
- Braddick, O. J. (1993). Segmentation versus integration in visual motion processing. *Trends in Neuroscience*, 16, 263-268.
- Brenner I, Shek PN, Zamecnik J, Shephard RJ (1998) Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. *Int J Sports Med* 19:130-143
- Bravo, M. J. y Watamaniuk, S. N. J. (1995). Evidence for two speed signals: a coarse local signal for segregation and a precise global signal for discrimination. *Vision Research*, 35, 1691-1697.
- Cattell, J. M. (1886). The time it takes to see and name objects. *Mind*, 11, 63-65

- Cattell, J. M. (1890). Mental tests and measurements. *Mind*, 15, 373-381.
- Cattell, J. M. (1895). Measurements of the accuracy of recollection. *Science*, 2, 761-766.
- Cattell, J. M. (1902). The time of perception as a measure of differences in intensity. *Philosophische Studien*, 19, 63-68.
- Chocholle, R. (1945). Variations des temps de réaction auditifs en fonction de l'intensité à diverses fréquences. *Ann. Psychol.*, 1945, 41 y 42, 65-124.
- Chocholle, R. (1954). Les Temps de réaction; leur utilisation possible en audiologie. *Ann. OtoLaryngol.*, 71, 379 - 389.
- Chocholle, R. (1972). Los Tiempos de Reacción. En: *Sensación y Motricidad*. Paul Fraisse y Jean Piaget comp. Buenos Aires; Editorial Paidós, 77-152.
- Chmura J, Nazar K, Kaciuba-Uscilko H (1994) Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine threshold. *J Sports Med* 15:172–176
- Chmura J, Krysztofiak H, Ziemia AW, Nazar K, Kaciuba-Uscilko H (1998) Psychomotor performance during prolonged exercise above and below the blood lactate threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 77:77–80
- Chmura, J., Nazar, K., Kaciuba-Uscilko, H. and Pilis, W. *The changes in psychomotor performance during progressive endurance exercise*. *Journal of Human Kinetics* 7, 3-10. 2002.
- Collewijn, H. (1972). Latency and gain of the rabbit's optokinetic reactions to small movements. *Brain Research*, 36, 59-70.
- Collardeau, M., J. Brisswalter, and M. Audiffren. 2001. Effects of a prolonged run on simple reaction time of well-trained runners. *Perceptual and Motor Skills* 93(3): 679.
- Collins, M. W., M. field, M. R. Lovell, G. Iverson, K. M. Johnston, J. Maroon, and F. H. Fu. 2003. Relationship between postconcussion headache and neuropsychological test performance in high school athletes. *The American Journal of Sports Medicine* (31(2): 168-174.
- Dane, S. and A. Erzurumluoglu. 2003. Sex and handedness differences in eye-hand visual reaction times in handball players. *International Journal of Neuroscience* 113(7): 923-929.
- Davranche, K., M. Audiffren, and A. Denjean. 2006. A distributional analysis of the effect of physical exercise on a choice reaction time task. *Journal of Sports Sciences* 24(3): 323-330.
- Deary, I. J., G. Der, and G. Ford. 2001. Reaction times and intelligence differences: A population-based cohort study. *Intelligence* 29(5): 389
- Der, G., and I. J. Deary. 2006. Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom health and lifestyle survey. *Psychology and Aging* 21(1): 62-73.
- Durlach, P. J., R. Edmunds, L. Howard, and S. P. Tipper. 2002. A rapid effect of decaffeinated beverages on two choice reaction time tasks. *Nutritional Neuroscience* 5(6): 433-442.
- Dakin, S. C. y Mareschal, I. (2000). The role of relative motion computation in 'directional repulsion'. *Vision Research*, 40, 833-841.
- Brozek & M.S. Sibinga (1970). *Origins of psychometry: Johan Jacob de Jaeger on Reaction Time and Mental Processes (1865)*. Nieuwkoop: B. de Graaf).
- Dougherty, R. F., Press, W.A., Wandell, B.A. (1999). Perceived speed of coloured stimuli. *Neuron*, 24, 893-899.

- Donders, F. C. (1868). On the speed of mental processes. Traducido por W. G. Koster, 1969. *Acta Psychologica* 30, 412-431.
- Dror, R. O. (1998). Accuracy of velocity estimation by Reichardt correlators. *Master's thesis*, University of Cambridge, Cambridge, U.K.
- Dzhafarov, E. N., Sekuler, R. y Allik, J. (1993). Detection of changes in speed and direction of motion: reaction time analysis. *Perception and Psychophysics*, 54, 733-750.
- Engel, B. T., P. R. Thorne, and R. E. Quilter. 1972. On the relationship among sex, age, response mode, cardiac cycle phase, breathing cycle phase, and simple reaction time. *Journal of Gerontology* 27: 456-460.
- Etnyre, B. and T. Kinugasa. 2002. Postcontraction influences on reaction time (motor control and learning). *Research Quarterly for Exercise and Sport* 73(3): 271-282.
- Elbel, E. R. (1939). A study in variation in response time. *Res. Quart. Amer. Helth. Phys. Educ.*, 10, 35-50
- Emerson, R. C., Bergen, J. R. y Adelson, E. H. (1992). Directionally selective complex cells and the computation of motion energy in cat visual cortex. *Vision Research*, 32, 203-218.
- Fieandt, K. von, A. Huhtala, P. Kullberg, and K. Saarl. 1956. Personal tempo and phenomenal time at different age levels. Reports from the Psychological Institute, No. 2, University of Helsinki.
- Fillmore, M. T. and J. Blackburn. 2002. Compensating for alcohol-induced impairment: alcohol expectancies and behavioral disinhibition. *Journal of Studies on Alcohol* 63(2): 237.
- Fontani, G., L. Lodi, A. Felici, S. Migliorini and F. Corradeschi. 2006. Attention in athletes of high and low experience engaged in different open skill sports. *Perceptual and Motor Skills* 102(3): 791-816.
- Freeman, G. L. 1933. The facilitative and inhibitory effects of muscular tension upon performance. *American Journal of Psychology* 26: 602-608.
- Froeberg, S. 1907. The relation between the magnitude of stimulus and the time of reaction. *Archives of Psychology*, No. 8.
- Forbes, G. (1945). The effect of certain variables on visual and auditory reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 35, 153 – 162.
- Galton, F. 1899. On instruments for (1) testing perception of differences of tint and for (2) determining reaction time. *Journal of the Anthropological Institute* 19: 27-29.
- Gerdes, A. B. M., G. W. Alpers and P. Pauli. 2008. When spiders appear suddenly: spider-phobic patients are distracted by task-irrelevant spiders. *Behavior Research and Therapy* 46(2): 174-188.
- Gorus, E., R. De Raedt, M. Lambert, J. Lemper and T. Mets. 2008. Reaction times and performance variability in normal aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's disease. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology* 21(3): 204-219.
- Gibson, J. J. (1950). *The perception of the visual world*. Boston: Houghton Mifflin.
- Goodale, M. A. y Milner. A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in neurosciences*, 15, 20-25.
- Gray, R. y Regan, D. (1998). Accuracy of estimating time to collision using binocular and monocular information. *Vision Research*, 38, 499-512.

- Gutierrez, A., M. Gonzalez-Gross, M. Delgado, and M. J. Castillo. 2001. Three days fast in sportsmen decrease physical work capacity but not strength or perception-reaction time. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 11(4): 420.
- Hendrick, J. L. and J. R. Switzer. 2007. Hands-free versus hand-held cell phone conversation on a braking response by young drivers. *Perceptual and Motor Skills* (105(2): 514-523.
- Hernandez, O. H., M. Vogel-Sprott, and V. I. Ke-Aznar. 2007. Alcohol impairs the cognitive component of reaction time to an omitted stimulus: a replication and an extension. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs* 68(2): 276-282.
- Horrey, W. J., and C. D. Wickens. 2006. Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Human Factors* 48(1): 196.
- Hsieh, S. 2002. Tasking shifting in dual-task settings. *Perceptual and Motor Skills* 94(2): 407.
- Hsieh, Y., C. J. Lin and H. Chen. 2007. Effect of vibration on visual display terminal work performance. *Perceptual and Motor Skills* 105(3): 1055-1059.
- Hultsch, D. F., S. W. MacDonald and R. A. Dixon. 2002. Variability in reaction time performance of younger and older adults. *The Journals of Gerontology, Series B* 57(2): 101.
- Harikai N, Tomogane K, Miyamoto M, Shimada K, Onodera S, Tashiro S (2003) Dynamic responses to acute heat stress between 34 °C and 38.5 °C, and characteristics of heat stress response in mice. *Biol Pharm Bull* 26:701–708
- Hasbroucq T, Tandonnet C, Micallef-Roll J, Blin O, Possamai CA (2003) An electromyographic analysis of the effect of levodopa on the response time of healthy subjects. *Psychopharmacology (Berl)* 165:313–316
- Hamilton, D. B., Albrecht, D. G. y Geisler, W. S. (1989). Visual cortical receptive fields in monkey and cat: spatial and temporal phase transfer function. *Vision Research*, 29, 1285-1308.
- Hanes, D. P. y Schall, J. D. (1996). Neural control of voluntary movement initiation. *Science*, 274, 427-430.
- Hildreth, E. C. (1983). *The Measurement of Visual Motion*. MIT Press.
- Hiris, E. y Blake, R. (1996). Direction repulsion in motion transparency. *Visual Neuroscience*, 13, 187-197.
- Hochberg, J. (1971). Perception II. Space and movement. En J. W. Kling & L. A. Riggs (Ed.). *Woodworth & Schlosberg's experimental psychology* (3rd Ed.). New York: Holt, Rinehart, & Winston.
- Hohnsbein, J. y Mateeff, S. (1992). The relation between the velocity of visual motion and the reaction time to motion onset and offset. *Vision Research*, 32, 1789-1791.
- Horn, B. K. P. y Schunck, B. G. (1981). Determining optical flow. *Artificial Intelligence*, 17, 185-203.
- Hu, X. (2001). Extending General Processing Tree Models to Analyse Reaction Time Experiments. *Journal of Mathematical Psychology* Vol. 45, 603-634.
- Jastrow, J. (1890). *The time relations of mental phenomena*. Hodges, New York.
- Jackson R.C., Warren, S. and Abernethy, B. *Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement*. *Acta Psychologica* 123, 355-371. 2006.

- Jevas, S. and J. H. Yan. 2001. The effect of aging on cognitive function: a preliminary quantitative review. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 72: A-49.
- Johanson, A. M. 1922. The influence of incentive and punishment upon reaction-time. *Archives of Psychology*, No. 54.
- Kaminski, T. W., E. S. Cousino and J. J. Glutting. 2008. Examining the relationship between purposeful heading in soccer and computerized neuropsychological test performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 79(2): 235-245.
- Kashihara, K. and Y. Nakahara. 2005. Short-term effect of physical exercise at lactate threshold on choice reaction time. *Perceptual and Motor Skills* 100(2): 275-281. Kemp, B. J. 1973. Reaction time of young and elderly subjects in relation to perceptual deprivation and signal-on versus signal-off condition. *Developmental Psychology* 8: 268-272.
- Koehn, J. D., J. Dickenson, and D. Goodman. 2008. Cognitive demands of error processing. *Psychological Reports* 102(2): 532-539.
- Kohfeld, D. L. 1971. Simple reaction time as a function of stimulus intensity in decibels of light and sound. *Journal of Experimental Psychology* 88: 251-257.
- Kroll, W. 1973. Effects of local muscular fatigue due to isotonic and isometric exercise upon fractionated reaction time components. *Journal of Motor Behavior* 5: 81-93.
- K. Davranche, M. Audiffren, Facilitating effects of exercise on information processing, *J. Sports Sci.* 22 (2004) 419–428.
- K. Davranche, B. Burle, M. Audiffren, T. Hasbroucq, Information processing during physical exercise: a chronometric and electromyographic study, *Exp. Brain Res.* 165 (2005) 532–540.
- Klemmer, E. T. (1956). Time uncertainty in simple reaction time. *Journal of Experimental Psychology*, 51, 179-184.
- Kowler, E. y McKee, S. P. (1984). The precision of smooth pursuit. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 25, 262.
- Le Grand, Y. (1967). *Form and Space Vision*. Bloomington, Indiana. University Press.
- Lee, D. N. y Aronson, E. (1974). Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Perception and Psychophysics* 15, 529-532.
- Lajoie, Y. and S. P. Gallagher. 2004. Predicting falls within the elderly community: comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 38(1): 11-25.
- Laming, D. R. J. 1968. *Information Theory of Choice-Reaction Times*. Academic Press, London.
- Lee, J. D., B. Caven, S. Haake, and T. L. Brown. 2001. Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effect of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. *Human Factors* 43(4): 631.
- Lemmink, K. and C. Visscher. 2005. Effect of intermittent exercise on multiple-choice reaction times of soccer players. *Perceptual and Motor Skills* 100(1): 85-95.

- Lenzenweger, M. F. 2001. Reaction time slowing during high-load, sustained-attention task performance in relation to psychometrically identified schizotypy. *Journal of Abnormal Psychology* 110: 290.
- Liguori, A. and J. H. Robinson. 2001. Caffeine antagonism of alcohol-induced driving impairment. *Drug and Alcohol Dependence* 63(2): 123-129.
- Linder, G. N. 2001. The effect of caffeine consumption on reaction time. *Bulletin of the South Carolina Academy of Science*, Annual 2001: 42.
- Lorist, M. M. and J. Snel. 1997. Caffeine effects on perceptual and motor processes. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 102(5): 401-414.
- Levitt, S. and B. Gutin. 1971. Multiple choice reaction time and movement time during physical exertion. *Research Quarterly* 42: 405-410.
- Lord, S., R. B. Matters, R. St George, M. Thomas, J. Bindon, K. Chan, A. Collings, and L. Haren. 2006. The effects of water exercise on physical functioning in older people. *Australasian Journal on Ageing* 25(1): 36-42.
- Link, S. W. y Bonnet, C. (1998). Wave theory and reaction time. En S. Gondrin & Lacouture (Eds.) *Fechner Day 98*. ISP Québec, pp. 155-160.
- Lennie P (1998) Single units and visual cortical organization. *Perception* 27:889–935
- Lorenceau, J. y Shiffrar, M. (1992). The influence of terminators on motion integration across space. *Vision Research*, 32, 263-273.
- Lorenceau, J., Shiffrar, M., Wells, N., y Castet, E. (1993). Different motion sensitive units are involved in recovering the direction of moving lines. *Vision Research*, 33, 1207-1218.
- MacDonald, S. W. S., L. Nyberg, J. Sandblom, H. Fischer, and L. Backman. 2008. Increased response-time variability is associated with reduced inferior parietal activation during episodic recognition in aging. *Journal of Cognitive Neuroscience* 20(5): 779-787.
- Marshall, W. H., S. A. Talbot, and H. W. Ades. 1943. Cortical response of the anaesthetized cat to gross photic and electrical afferent stimulation. *Journal of Neurophysiology* 6: 1-15.
- Masanobu, A. and K. Choshi. 2006. Contingent muscular tension during a choice reaction task. *Perceptual and Motor Skills* 102(3) (June 2006): 736-747.
- McLellan, T. M., G. H. Kamimori, D. G. Bell, I. F. Smith, D. Johnson, and G. Belenky. 2005. Caffeine maintains vigilance and marksmanship in simulated urban operations with sleep deprivation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 76(1): 39-45.
- McMorris, T., and Graydon, J. 2000. The effect of incremental exercise on cognitive performance. *International Journal of Sport Psychology* 31: 66-81.
- McMorris, T., J. Sproule, S. Draper, and R. Child. 2000. Performance of a psychomotor skill following rest, exercise at the plasma epinephrine threshold and maximal intensity exercise. *Perceptual and Motor Skills* 91(2): 553-563.
- Miller, J. O. and K. Low. 2001. Motor processes in simple, go/no-go, and choice reaction time tasks: a psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 27: 266.
- Miller, J. and F. Van Nes. 2007. Effects of response task and accessory stimuli on redundancy gain: tests of the hemispheric coactivation model. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 33(4): 829-845.

Mogg, K., A. Holmes, M. Garner, and B. P. Bradley. 2008. Effects of threat cues on attentional shifting, disengagement and response slowing in anxious individuals. *Behavior Research and Therapy* 46(5): 656-558.

Moskowitz, H. and Fiorentino, D. 2000. A Review of the Literature on the Effects of Low Doses of Alcohol on Driving-Related Skills, Report DOT HS 809 028, Washington: National Highway Traffic Safety Administration, Department of Transportation.

Myerson, J. S. Robertson, and S. Hale. 2007. Aging and intraindividual variability in performance: Analysis of response time distributions. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* 88(3): 319-337.

Maiche Marini, A. (1999). Tiempo de colisión : fuentes de información implicadas en tareas de estimación relativa. *Treball d'investigació de doctorat* – Universitat Autònoma de Barcelona, Facultat de Psicologia, 1999.

Maiche Marini, A., Moliner, J. L. y Estaun, S. (2000). Relative estimation of time to collision: Information in opposition to tau. *Perception* 29, *Supplement*, 20.

Maiche Marini, A., Moliner, J. L., Mateeff, S. y Bonnet, C. (2000). Real and Apparent Velocities: A Reaction Time Study. Claude Bonnet (Eds.) *Fechner Day 2000*. ISP Strasbourg, pp.251-256.

Maiche Marini, A., Moliner J. L., Mateeff, S. y Bonnet, C. (2001). The reaction time to motion onset is related to the perceived speed. *Perception* 30. *Supplement*, 65-66.

Mateeff, S. y Hohnsbein, J. (1988). Perceptual latencies are shorter for motion towards the fovea than for motion away. *Vision Research* 28, 711-719.

Mateeff, S., Dimitrov, G. y Hohnsbein, J. (1995). Temporal thresholds and reaction time to changes in velocity of visual motion, *Vision Research*, 35, 355-363.

Mateeff, S. y Hohnsbein, J. (1996). Perception of visual motion with modulated velocity: Effects of viewing distance and aperture size. *Vision Research*, 36, 2873-2882.

Mateeff, S., Genova, B. y Hohnsbein, J. (1999). The simple reaction time to changes in direction of visual motion. *Experimental Brain Research*, 124, 391-394.

Matlin, M. W. y Foley, H. J. (1996). *Sensación y Percepción*. México: Prentice\_hall.

McGill, W. J. (1967). Neural counting mechanisms and energy detection in audition. *Journal of Mathematical Psychology*, 4, 351 – 376.

Mc Lean, J. y Palmer, L. A. (1989). Contribution of linear spatiotemporal receptive field structure to velocity selectivity of simple cells in area 17 of cat. *Vision Research* 29, 675-679.

McKee, S. P. (1981). A local mechanism for differential velocity detection. *Vision Research*. 21, 491-500.

McKee, S. P. y Welch, L. (1985). Sequential recruitment in the discrimination of velocity. *Journal of the Optical Society of America A*, 2, 243–251.

Miller, J. O. y Low, K. (2001). Motor processes in simple, go/no-go, and choice reaction time tasks: a psychophysiological analysis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 27: 266.

Miles, F. A. y Wallman, J. (1993). *Visual motion and its role in the stabilization of gaze*. Amsterdam; New York: Elsevier.

Milner, A. y Goodale, M. (1995). *The Visual Brain in Action*, Oxford University Press, Oxford, U.K.

Moliner, J. L. y Estaún, S. (2000). La relevancia de los bordes en la estimación relativa del TC entre dos objetos. *Cognitiva* 12, 1, 111-124.

Moliner, J. L., Maiche Marini, A. y Estaún, S. (2000). Dissociation of Rate of Expansion and Time to Contact: A Reaction Time Study. *Perception*, 29, supplement, pp.38.

Nettelbeck, T. 1973. Individual differences in noise and associated perceptual indices of performance. *Perception* 2: 11-21.

Nettelbeck, T. 1980. Factors affecting reaction time: Mental retardation, brain damage, and other psychopathologies. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 355-401.

Nickerson, R. S. 1972. Binary-classification reaction times: A review of some studies of human information-processing capabilities. *Psychonomic Monograph Supplements* 4: 275-318.

Noble, C. E., B. L. Baker, and T. A. Jones. 1964. Age and sex parameters in psychomotor learning. *Perceptual and Motor Skills* 19: 935-945.

Nakayama, K. (1981). Differential motion hyper acuity under conditions of common image

Nakayama, K. y Loomis, J. M. (1974). Optical velocity patterns, velocity sensitive neurons, and space perception: A hypothesis. *Perception*, 3, 63-80.

Nakayama, K. y Silverman, G. H. (1988). The aperture problem-II. Spatial integration of velocity information along contours. *Vision Research*, 28, 747-753.

Nakamoto, H. and S. Mori. 2008. Sport-specific decision-making in a go/no go reaction task: difference among nonathletes and baseball and basketball players. *Perceptual and Motor Skills* 106(1): 163-171.

Newsome, W. T., Britten, K. H. y Movshon, J. A. (1989). Neuronal correlates of a perceptual decision. *Nature* 341, 52-54.

Norwich, K. H. (1977). On the information received by sensory receptors. *Bulletin of Mathematical Biology*, 39, 453-461.

Norwich, K. H. (1981). Uncertainty in physiology and physics. *Bulletin of Mathematical Biology*, 43, 141-149.

Norwich, K. H. (1993). *Information, sensation, and perception*. San Diego: Academic Press.

Orban, G. A. (1984). *Neuronal operations in the visual cortex*. Berlin: Springer.

Owen, W. A. (1959). Effects of motivating instructions on reaction time in grade school children. *Child Development*, 30, 261 – 267.

O'Neill, M. and V. J. Brown. 2007. Amphetamine and the adenosine A2A antagonist KW-6002 enhance the effects of conditional temporal probability of a stimulus in rats. *Behavioral Neuroscience* 121(3): 535-543.

Panayiotou, G. and S. R. Vrana. 2004. The role of self-focus, task difficulty, task self-relevance, and evaluation anxiety in reaction time performance. *Motivation and Emotion* 28(2): 171-196.

Perruchet, P., A. Cleeremans and A. Destrebecqz. 2006. Dissociating the effects of automatic activation and explicit expectancy on reaction times in a simple associative learning task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 32.5 (Sept 2006): 955-966.



Pesce, C., A. Tessitore, R. Casella, M. Pirritano and L. Capranica. 2007. Focusing on visual attention at rest and during physical exercise in soccer players. *Journal of Sports Sciences* 25(11): 1259-1271.

Peters, M. and J. Ivanoff. 1999. Performance asymmetries in computer mouse control of right-handers, and left handers with left- and right-handed mouse experience. *Journal of Motor Behavior* 31(1): 86-94.

Philip, P., J. Taillard, P. Sagaspe, C. Valtat, M. Sanchez-Ortuno, N. Moore, A. Charles, 2004. Age, performance, and sleep deprivation. *Journal of Sleep Research* 13(2): 105-110.

Pack, C. C. y Born, R. T. (2001). Temporal dynamics of a neural solution to the aperture problem in cortical area MT. *Nature*, 409, 1040-1042.

Perrone, J. A. y Thiele, A. (2001). Speed skills: measuring the visual speed analyzing properties of primate MT neurons. *Nature Neuroscience*, 4(5), 526-532.

Piéron, H. (1914). Recherches sur des lois de variation des temps de latence sensorielle en fonction des intensités excitatrices. *L'Année Psychologique*, 20, 17-96.

Piéron, H. (1920). Nouvelles recherches sur l'analyse du temps de latence sensorielle et sur la qui relie ce temps a l'intensité de l'excitation. *L'Année Psychologique*, 22, 58-142.

P. Rihet, T. Hasbroucq, O. Blin, C.A. Possamaï, Serotonin and human information processing: an electromyographic study of the effects of fluvoxamine on choice reaction time, *Neurosci. Lett.* 265 (1999) 143–146.

P. Lennie, Single units and visual cortical organization, *Perception* 27 (1998) 889–935.

Pins, D. y Bonnet, C. (1996). On the relation between stimulus intensity and processing time: Piéron's law and choice reaction time. *Perception and Psychophysics*, 58, 390 - 400.

Pins D., Bonnet C. (1997). Reaction times reveal the contribution of the different receptors components in luminance perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 4,359-366

Porciatti V., Fiorentini A., Morrone, M. C. y Burr, D. C. (1999). The effect of ageing on reaction time to motion onset. *Vision Research*, 39: 2157-2164.

Redfern, M. S., M. Muller, J. R. Jennings, J. M. Furman. 2002. Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. *The Journals of Gerontology, Series A* 57(8): B298.

Reed, P. and M. Antonova. 2007. Interference with judgments of control and attentional shift as a result of prior exposure to controllable and uncontrollable feedback. *Learning and Motivation* 38(3): 229-242.

Richard, C. M., R. D. Wright, C. Ee, S. L. Prime, U. Shimizu, and J. Vavrik. 2002. Effect of a concurrent auditory task on visual search performance in a driving-related image-flicker task. *Human Factors*44(2): 108.

Robinson, E. S. 1934. Work of the integrated organism. In C. Murchison (Ed.), *Handbook of General Experimental Psychology*, Clark University Press, Worcester, MA.

Robinson, M. C. and M. Tamir. 2005. Neuroticism as mental noise: a relation between neuroticism and reaction time standard deviations. *Journal of Personality and Social Psychology* 89(1): 107-115.

Rogers, M. W., M. E. Johnson, and L. D. Hedman. 2003. Step training improves the speed of voluntary step initiation in aging. *The Journals of Gerontology, Series A* 58(1): 46-52.

- Rose, S. A., J. F. Feldman, J. J. Jankowski, and D. M. Caro. 2002. A longitudinal study of visual expectation and reaction time in the first year of life. *Child Development* 73(1): 47.
- Ramachandran, V. S. y Anstis, S. M. (1985). Perceptual organization in multistable apparent motion. *Perception*, 14, 135-143.
- Rashbass, C. (1961). The relationship between saccadic and smooth tracking eye movements. *J. Physiology*. 159, 338 – 362.
- Rendi, M., Szabó, A. and Szabó, T. *Relationship between physical exercise workload, information processing speed, and affect*. International Journal of Applied Sport Sciences 19(1), 86-95. 2007.
- Regan, D. y Hamstra, S. J. (1993). Dissociation of discrimination thresholds for time to contact and for rate of angular expansion. *Vision Research*, 33 (4), 447-462.
- Rodman, H. R. y Albright, T.D. (1989). Single-Unit Analysis of Pattern-Motion Selective Properties in the Middle Temporal Visual Area (MT). *Exp. Brain. Res.* 75, 53-64.
- Rogers, B. J. y Graham, M. E. (1979). Motion parallax as an independent cue for depth perception. *Perception* 8, 125-134.
- Sanders, A. F. 1998. *Elements of Human Performance: Reaction Processes and Attention in Human Skill*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Mahwah, New Jersey. 575 pages.
- Silverman, I. W. 2006. Sex differences in simple visual reaction time: a historical meta-analysis (sports events). *Sex Roles: A Journal of Research* 54(1-2): 57-69.
- Singleton, W. T. 1953. Deterioration of performance on a short-term perceptual-motor task. In W. F. Floyd and A. T. Welford (Eds.), *Symposium on Fatigue*. H. K. Lewis and Co., London, pp. 163-172.
- Smith, A., C. Brice, A. Leach, M. Tilley, and S. Williamson. 2004. Effects of upper respiratory tract illnesses in a working population. *Ergonomics* 47(4): 363-369.
- Sternberg, S. 1969. Memory scanning: Mental processes revealed by reaction time experiments. *American Scientist* 57: 421-457.
- Surwillo, W. W. 1973. Choice reaction time and speed of information processing in old age. *Perceptual and Motor Skills* 36: 321-322.
- Szinnai, G. H. Schachinger, M. J. Arnaud, L. Linder, and U. Keller. 2005. Effect of water deprivation on cognitive-motor performance in healthy men and women. *The American Journal of Physiology* 289(1): R275-280.
- Saleh, M. y Bonnet, C. (2001). Practice effect and sensitivity in reaction time. En E.
- Sommerfeld, R. Kompass, T. Lachmann (Eds.), *Fechner Day 2001. Proceedings of the Seventeenth Annual Meeting of the International Society of Psychophysics*. Berlin: Pabst Science Publishers, pp. 571 - 575.
- Sanders AF (1990) Issues and trends in the debate on discrete vs continuous processing of information. *Acta Psychol (Amst)* 74:123–167
- Sanders AF (1998) Elements of human performance: reaction processes and attention in human skill. Erlbaum, Mahwah

- Samii A, Wassermann EM, Ikoma K, Mercuri B, Hallett M (1996) Characterization of postexercise facilitation and depression of motor evoked potentials to transcranial magnetic stimulation. *Neurology* 46:1376–1382
- Sekuler, R., Watamaniuk, S. y Blake, R. (2002). Perception of Visual Motion. En S. Yantis (Ed.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology, third edition*. New Jersey: Wiley.
- Schall, J. D. (2000). From sensory evidence to a motor command. *Current Biology*, 10, R404-406.
- Scott-Brown, K. C. y Heeley, D. W. (2001). The effect of the spatial arrangement of target lines on perceived speed. *Vision Research*, 41, 1669-1682.
- Smeets, J. B. J., Brenner, E., Trebuchet, S. y Mestre, D. R. (1996). Is judging time-to-collision based on 'tau'?. *Perception*, 25, 583-590.
- Smeets, J. B. J. y Brenner E. (1994). The difference between the perception of absolute and relative motion: A reaction time study. *Vision Research* 34, 191-195
- Smeets, J. B. J. y Brenner, E. (1995). Perception and action are based on the same visual information: distinction between position and velocity. *Journal of Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 21, 19–31.
- Smeets, J. B. J. y Brenner, E. (2001). Action beyond our grasp. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 287-289.
- Soler, O., Aparici, M., Maiche, A. y Estaún, S. (2002). Tiempo de Reacción en una tarea cognitiva: exploración del efecto nocturnidad/diurnidad. Comunicación presentada en las VII Jornadas de Cronobiología y Cronopsicología, Barcelona (España), 2002.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2003). Effects of cell phone conversations on younger and older drivers. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 47th Annual Meeting* (pp. 1860–1864). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- 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, 23–32.
- Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: Dualtask studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science*, 12, 462–466.
- Sternberg S (2001) Separate modifiability, mental modules, and the use of pure and composite measures to reveal them. *Acta Psychol (Amst)* 106:147–246
- Takahashi, M., A. Nakata, T. Haratani, Y. Ogawa, and H. Arito. 2004. Post-lunch nap as a worksite intervention to promote alertness on the job. *Ergonomics* 47(9) 1003-1013.
- Trimmel, M., and G. Poelzl. 2006. Impact of background noise on reaction time and brain DC potential changes of VDT-based spatial attention. *Ergonomics* 49(2): 202-209.
- Tanaka, K. y Saito, H. (1989). Analysis of motion of the visual field by direction, expansion/contraction, and rotation cells clustered in the dorsal part of the medial superior temporal area of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 62, 626-641.
- Tomprowski PD (2003) Effects of acute bouts of exercise on cognition. *Acta Psychol (Amst)* 112:297–324
- Todorovic, D. (1996). A gem from the past: Pleikart Stumpf's (1911) anticipation of the aperture problem, Reichardt detectors, and perceived motion loss at equiluminance. *Perception*, 25, 1235-1242.

- Tse, P., Cavanagh, P. y Nakayama, K. (1998). The role of parsing in high-level motion processing. *High-level motion processing - Computational, neurobiological and psychophysical perspectives*. Watanabe, T. (Ed.). MIT Press, pp. 249- 266.
- Tynan, P. D. y Sekuler, R. (1982). Motion processing in peripheral vision: Reaction time and perceived velocity. *Vision Research*, 22, 61-68.
- Ungerleider, L. G. y Mishkin, M. (1982). *Two cortical visual systems. in Analysis of Visual Behavior*, D. Ingle, M. Goodale, and R. Mansfield, Eds., MIT Press, Cambridge, MA.
- Vasterling, J. J. 2006. Neuropsychological outcomes of Army personnel following deployment to the Iraq War." *JAMA, The Journal of the American Medical Association* 296(5): 519-530.
- Van den Berg, J., and G. Neely. 2006. Performance on a simple reaction time task while sleep deprived. *Perceptual and Motor Skills* 102(2): 589-6
- Visser, I., M. E. J. Raijmakers, and P. C. M. Molenaar. 2007. Characterizing sequence knowledge using online measures and hidden Markov models. *Memory and Cognition* 35(6): 1502-1518.
- Welford, A. T. 1968. *Fundamentals of Skill*. Methuen, London.
- Welford, A. T. 1977. Motor performance. In J. E. Birren and K. W. Schaie (Eds.), *Handbook of the Psychology of Aging*. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 450-496.
- Welford, A. T. 1980. Choice reaction time: Basic concepts. In A. T. Welford (Ed.), *Reaction Times*. Academic Press, New York, pp. 73-128.
- Whelan, R. 2008. Effective analysis of reaction time data. *The Psychological Record* 58(3): 475-483.
- van Santen, J. P. H. y Sperling, G. (1985). Elaborated Reichardt detectors, *J. Opt. Soc. Am. A*, 2(2), 300-321.
- Van der Hoeven JH, Lange F (1994) Supernormal muscle fiberconduction velocity during intermittent isometric exercise in human muscle. *J Appl Physiol* 77:802–806
- Weiss, Y. (1998). Bayesian motion estimation and segmentation. *Ph.D. dissertation*, Dept. Brain Cognitive Sciences, Mass. Inst. Technol. (MIT), Cambridge.
- Wells, G. R. (1913). The influence of stimulus duration on RT. *Psychological Monographs* 15, 1066.
- Williams, A.M. and Ford, P.R. *Expertise and expert performance in sport*. International Review of Sport and Exercise Psychology 1(1), 4-18. 2008.
- Williams, A.M., Hodges, N.J., North, J.S. and Barton, G. *Perceiving patterns of play in dynamic sport tasks: Investigating the essential information underlying skilled performance*. **Perception** 35, 317-332. 2006.
- Wuerger, S., Shapley, R. y Rubin, N. (1996). "On the visually perceived direction of motion" by Hans Wallach: 60 years later. *Perception*, 25, 1317-1367.
- Zanker, J. M., Srinivasan, M. y Egelhaaf, M. (1999). Speed Tuning in Elementary Motion Detectors of the Correlation Type. *Biol. Cybern.* 80, 109-116
- Zanker, J. M. y Zeil, J. (2001). *Motion vision: computational, neural, and ecological constraints*. Berlin; New York: Springer

## **TRABAJOS ORIGINALES**

# EFFECTO DEL USO DEL TELÉFONO CELULAR SOBRE LA CAPACIDAD DE REACCIÓN Y SU COMPARACIÓN CON LA TASA DE ALCOHOLEMIA

-----  
\*Andrés Orellana U., \*Daniel Ciudad A, \*\*Dr. Ángel Gutierrez S., \*\*\*Grupo  
EFFECTS

\*Docentes Facultad de Medicina, Carrera de Kinesiología, Universidad de Valparaíso- Chile.

\*\* Profesor Titular, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad de Granada.

\*\*\* Grupo de Investigación del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina, Universidad de Granada.

e-mail: \* [andres.orellana@uv.cl](mailto:andres.orellana@uv.cl), [daniel.ciudad@uv.cl](mailto:daniel.ciudad@uv.cl), \*\* [gutierre@ugr.es](mailto:gutierre@ugr.es)

## Resumen

**Objetivos:** El principal objetivo de esta investigación es poder determinar que el uso de telefonía móvil modalidad manos libres produce deterioro en el tiempo de reacción simple y discriminativo, transformándose en un factor de riesgo importante al momento de la conducción de un vehículo motorizado. Dicho deterioro podría ser asociado al de una tasa de alcoholemia superior a la establecida legalmente. **Diseño;** Experimental, Intragrupo, Aleatorizado. La muestra fue de 25 sujetos (9 hombres y 16 mujeres) con un promedio de edad de 25 años ( $\pm 2,5$  años)

**Principales resultados medidos;** Valoración de Tiempos de Reacción Simple y Discriminativo al momento de una conversación a través de telefonía móvil modalidad convencional y modalidad manos libres. **Resultados;** A partir de los datos obtenidos, no existe suficiente evidencia muestral para afirmar que exista diferencia entre los promedios de los tiempos de reacción discriminativo usando móvil manos libres y al momento de usar móvil en forma convencional ( $p>0,85$ ). **Conclusiones;** El uso de telefonía móvil al momento de conducir, en su modalidad manos libres, deteriora el Tiempo de Reacción Simple y Discriminativo (TRs y TRd) siendo el mismo efecto mediante el uso del móvil en forma convencional y este deterioro se compara y equivale al registrado por una tasa de alcoholemia igual al doble de lo permitido y que señalan estados de conducción bajo la influencia del alcohol y/o ebriedad.

**Palabras Claves:** Tiempo de Reacción Simple (TRs), Tiempo de Reacción Discriminativo (TRd), Telefonía móvil convencional, Telefonía móvil modalidad manos libres, Tasa de alcoholemia, Conducción vehículo motorizado.

## 1.- Introducción.

El número de personas que usan teléfonos celulares se ha incrementado drásticamente en la última década y este echo social ha llevado a que se establezca una asociación entre la conversación por telefonía celular durante la conducción de un vehículo motorizado y la accidentabilidad en el tránsito. Sólo en USA el crecimiento explosivo del uso del celular se refleja en que en 1990 existían 5 millones de suscritos, 50 millones en 1997, 100 millones en el 2000 y cerca de 150 millones en el año 2003.- Estudios de la National Highway Traffic Safety Administration (1) en el 2003 reveló que al menos el 85 % de los conductores ha usado su celular ocasionalmente durante la conducción.

Este crecimiento en el uso del celular ha generado una serie de estudio que concluyen que su uso durante la conducción contribuye a la distracción del conductor, incrementando el riesgo a una colisión (1,2,3) . Ya en 1997 un estudio científico revelaba que el riesgo de colisión en el tráfico se aumentaba de 3 a 6,5 veces a causa del celular y que este riesgo es similar a conducir con niveles de alcohol en sangre penados por la ley (4). El Departamento de Transporte de USA ha destacado lo

importante que resulta la distracción al momento de establecer la génesis de una colisión, estimando que a lo menos el 25 % de los 6,3 millones de colisiones en el tráfico involucran algún grado de conducción distraída (5). En muchos casos, la legislación restringe el uso de teléfono celular de forma tradicional durante la conducción, pero permite el uso de telefonía con modalidad manos libres. El reconocimiento del uso del celular como factor de riesgo en el incremento de accidentes de tránsito, ha llevado que la legislación de algunos países penalice su uso, como es el caso de países de la Unión Europea, todos los estados de Australia, en las provincias Canadienses de Newfoundland y Labrador, así como también en New York, New Jersey y los distritos de Columbia en USA, mientras que en países como Japón y Singapur se prohíbe cualquier forma de uso de este medio de comunicación durante la conducción(6,7). No son muchos los estudios que desde el punto de vista epidemiológico, han determinado el riesgo de colisionar al momento de conducir con teléfono celular. Estos han demostrado que el uso del teléfono móvil disminuye el desempeño en simuladores o instrumentos para efectuar tareas de conducción usando para tal efecto mediciones de Tiempo de Reacción, Variabilidad de la Pista y Velocidad, Aproximación de Distancia y Situaciones Conocidas (7). Las investigaciones señalan que el deterioro de estas variables es el resultado

de distracciones cognitivas en automovilistas que conducen usando móviles en modalidad convencional o manos libres (8,9,10,11), otros estudios han demostrado, además distracción física al momento del uso del móvil con la mano (convencional)(12, 13).

Pese a las investigaciones, persisten algunas interrogantes en relación del uso del móvil y el riesgo de colisionar. Esto incluye si su uso afecta el riesgo de tener colisiones con efectos más serias en las personas y si estos riesgos difieren para el uso del celular manos libres o convencional.

En este estudio los investigadores valoraron el TRs y TRd visual en veinticinco sujetos sanos, hombres y mujeres, como respuesta al uso del teléfono celular manos libres y de uso convencional, entendiendo el TRs como la capacidad que posee un individuo de reaccionar lo más rápido posible del punto de vista motor, frente a un estímulo sensorial (un estímulo, una respuesta) y TRd como la capacidad de reaccionar motoramente en el menor tiempo posible frente a más de un estímulo sensorial. Estos resultados se asociaron al deterioro que en dichas variables produce el conducir con niveles de alcohol en sangre en el límite de lo legalmente permitido (Tasa de alcoholemia)(14,15). Tal como lo señalan estudios de TR y alcoholemia, una concentración de 500 mg/l de alcohol en sangre produce un deterioro de más de 80 ms en el TRS, siendo esta tasa de alcoholemia la máxima permitida según legislación actual.

## 2.- Método.

### Diseño, Participantes y Procedimientos

El estudio se realizó en el Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada, participaron 25 sujetos de ambos géneros (9 hombres y 16 mujeres), todos mayores de 18 años y con un promedio de edad de 25 años ( $\pm 2,5$  años).

El Diseño utilizado es de tipo Experimental, Intragrupo y Aleatorizado. Las Variables Dependientes fueron el TRs y TRd, las Independientes fueron Uso del móvil convencional y Uso del Móvil modalidad manos libres. El protocolo de la investigación señala que cada sujeto fue sometido a una prueba de TRs y TRd con el equipo Whole Body reaction type II, takei Kiki, Kogvo Co Ltda.. Japón, enfrentándolos a tres distintas situaciones al momento de valorar los TR: Prueba sin ninguna distracción, Prueba con conversación a través de móvil en forma convencional y Prueba con conversación a través de móvil con modalidad manos libres.

Los sujetos fueron citados en distintas horas y días dentro de una misma semana. Se les explicaba en que consistía la prueba, y antes de que fueran examinados, los investigadores seleccionaban aleatoriamente si el sujeto comenzaría siendo sometido a una prueba de TRs o TRd con o sin móvil y en caso de ser con móvil si éste sería convencional o manos libre. Cada prueba del Tiempo de Reacción tanto simple como discriminativo, tuvo un minuto para ser desarrollada. Previamente se determinaron en forma azarosa los tiempos en que se producirían los estímulos por parte del examinador, de esta manera en un minuto se hicieron tres registros del estímulo simple o discriminativo para cada una de las pruebas a las que el sujeto tuvo que responder motrizmente una vez que frente a él apareció súbitamente el estímulo luminoso. Para la forma de medición del TRs sólo un estímulo luminoso de color amarillo indicaba que el sujeto debía responder, y para el caso de TRd

tres fueron los estímulos de color: amarillo, azul y rojo. En ese minuto de prueba el sujeto en estudio podía o no recibir una llamada al móvil ubicado sobre la mesa y a un costado del. Si la situación era una llamada a través del móvil, se contestó haciendo uso del sistema manos libres o convencional, todo ello sin quitar la atención a los estímulos visuales que, sin mediar aviso alguno, inesperadamente aparecerían en la pantalla y generaban la rápida respuesta motriz. La conversación telefónica se realizó concentrándola en preguntas y respuestas que variaron de grado de complejidad.

### Instrumento

Para este estudio los investigadores diseñaron un protocolo que fue ampliamente difundido a todos los sujetos participantes. Además de consignar el procedimiento para realizar las pruebas, permite el registro de los resultados de los tiempos (en ms) logrados por cada sujeto en las distintas modalidades de pruebas. (anexos 1,2).

Para la medición de TRs y TRd se utilizó el equipo Whole Body reaction type II, takei Kiki, Kogvo Co Ltda.. Japón, que mediante un estímulo luminoso, permite obtener una respuesta en ms de la rapidez motriz con que el sujeto reacciona.

Para valorar el TRs, el examinador emitía un estímulo luminoso de color amarillo, el cual se proyecta en la pantalla del equipo para ser visto por el sujeto estudio y proceder a su identificación motrizmente. Seguidamente se consigna el tiempo utilizado en la prueba, la que posteriormente será motivo de análisis estadístico. La valoración del TRd plantea la aparición en pantalla de estímulos luminosos de color azul, rojo y amarillo en distintos tiempos, estímulos que el sujeto deberá identificar motrizmente en el menor tiempo posible. Dichos tiempos se consignan para su posterior análisis estadístico.

Se contó con un cronómetro Casio HS-6-2D para controlar los tres intentos en los 60 s que cada modalidad presentaba la prueba para TRs y TRd.



Un aparato de telefonía móvil, Nokia modelo 6630, fabricado en Japón, marcas de productos o marcas registradas de Nokia Corporation, 2004, con su respectivo sistema de Manos Libres, en la modalidad “alta voz”. Se confeccionó un listado de preguntas de menor a mayor grado de complejidad con la cual se realizó la conversación vía telefónica. (anexo 3).

### Análisis Estadístico

Con el propósito de comparar los TR de 25 personas voluntarias, es que éstas fueron sometidas a tres condiciones de recepción de estímulo; 1ª Condición sin móvil, 2ª Condición con móvil y 3ª Condición con móvil manos libres. Estos TR se evaluaron en dos ambientes distintos, “TRs” y “TRd”.

Se aplica el test no paramétrico de Wilcoxon, Mann-Whitney, para comparar las diferencias en los TR, ya que existen valores extremos en algunos de los voluntarios, que no vieron el estímulo visual, lo que descarta la distribución normal en los TR.

Los análisis se realizaron con el software estadístico Stata/SE 9.2 for Windows, StataCorp LP (2005).

### 3.- Resultados

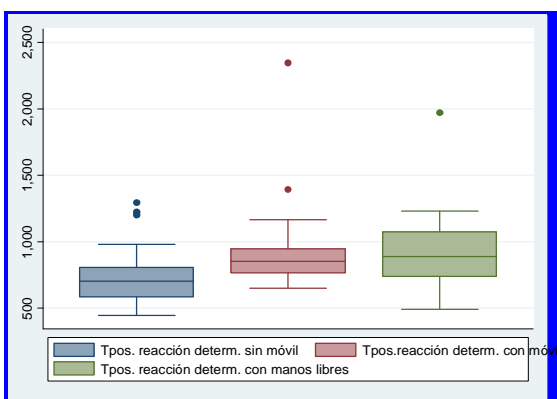
A partir de los registros obtenidos y los análisis estadísticos de los datos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Existe suficiente evidencia muestral para afirmar que los tiempos promedio de reacción simple sin usar móvil y los tiempos promedio de reacción discriminativo sin móvil difieren ( $p \leq 0,05$ ) (gráfico 1 y 2).

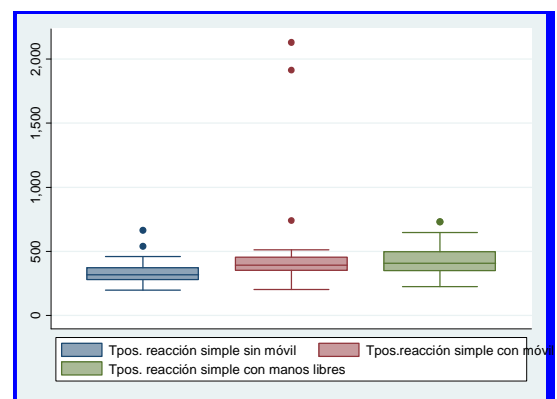
No existe diferencias entre los tiempos de reacción simple usando móvil manos libres y el móvil convencional ( $p > 0,70$ ) (gráfico 3)

No existe diferencia entre los promedios de los tiempos de reacción discriminativo para el uso del móvil manos libres y el uso del móvil en forma convencional ( $p > 0,85$ ).

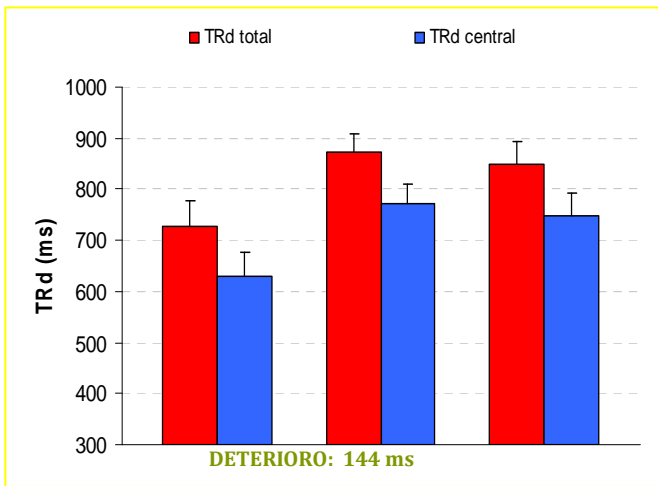
El deterioro en el TRd que se produce por uso de telefonía móvil es de 144 ms, en comparación con el grupo control (gráfica 4), lo que equivale al doble del deterioro producido por la tasa de alcoholemia legalmente permitida. La gráfica n° 3 muestra en color azul el retardo que se produce a nivel del sistema nervioso central, lugar donde se produce el proceso neurofisiológico de integración de la información sensorial para su ejecución motriz y que es, en definitiva, la zona que concentra principalmente el deterioro del Tiempo de Reacción.-



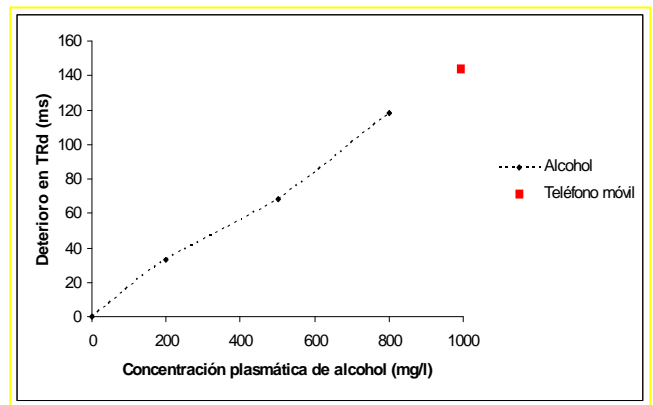
Gráfica 1.- Promedio de los TRD para las tres modalidades



Gráfica 2.- Promedio de los TRS para las tres modalidades

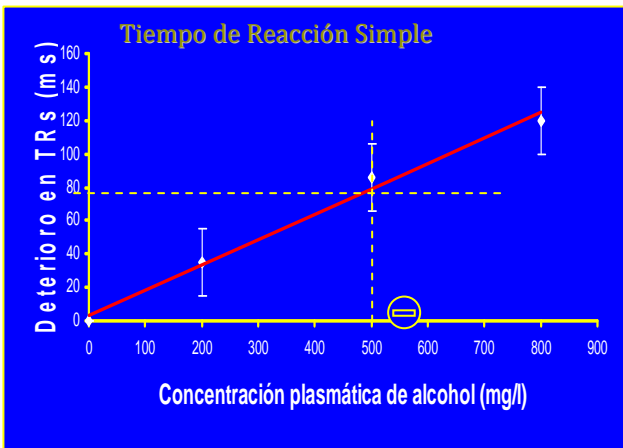


Gráfica 3: Deterioro Tiempo de Reacción Discriminativo.-



Gráfica 4.- Comparación del deterioro del TRD entre Tasa de Alcholemla v Uso del

Gráfica 5.- Efecto deletéreos del consumo de alcohol sobre el TR



Grant Alcohol & TR (Grant et al., 2000).pdf et al., *Br J Anaesth*, 2000

## 4.- Discusión

En nuestro estudio se observan resultados que coinciden con otras investigaciones y que señalan el efecto negativo del uso del celular al momento de la presentación de estímulos visuales y/o auditivos y que requieren una respuesta motriz (27, 28). Destacado resulta el hecho de que las respuestas que requerían una discriminación, obtuvieran TR semejantes a los alcanzados por sujetos que se habían sometido a la ingesta de alcohol y luego sometidos a pruebas de conducción. Este efecto deletéreo del uso del celular, en sus formas convencional y de manos libres, en la valoración de aspectos sicosensométricos es una clara señal de la importancia que adquiere el continuar desarrollando líneas y modelos (10, 11, 26). Si el factor humano causa el 90% de los accidentes y la distracción entre ellos tiene un papel trascendental, es crucial con el estudio de los comportamientos ajenos a la conducción que pueden resultar una amenaza y de cuya peligrosidad los conductores no tienen mayor conciencia. Una de las difíciles situaciones de remediar en la experimentación, es la actitud diferente cuando están en un laboratorio respecto a situaciones naturales, sin embargo esto pone de manifiesto la complejidad del comportamiento humano, y es que tanto en un laboratorio como en una carretera, las personas tienen sus propios intereses, motivaciones y expectativas.

Especial importancia adquiere el hecho de que la modalidad manos libres del móvil no impide que éste sea un factor de riesgo y/o distractor al provocar deterioro del TR tanto como su uso convencional. Si bien el estudio demuestra que no existe diferencia entre uso de celular convencional y manos libres, y dejando de lado las limitaciones en la generalización de los resultados y extrapolación a situaciones reales, la variabilidad en las medidas puede comprometer los resultados y afectar a la

potencia de la prueba estadística. Uno de los aspectos que habrá que tener presente en futuras investigaciones es el hecho que se acentúa el bajísimo riesgo percibido, resultando casi un juego para algunos participantes, no implicándose en realizar una prueba con la concentración suficiente.

Nuestros resultados podrían estar apuntando hacia una pérdida de conciencia situacional fruto de las demandas atencionales por parte de dos tareas correspondiente a modalidades sensoriales diferentes.

## 4.- Conclusiones

El estudio concluye que el Uso del teléfono móvil deteriora la Capacidad de Reacción de las personas, reafirmando la investigación desarrollada por *Jiménez D, Gálvez A, Mesa JL, Gutiérrez A, Castillo MJ* en marzo del 2005 (16), dicho deterioro no demuestra diferencias estadísticamente significativas al momento de comparar el uso del móvil manos libre y su forma convencional. El deterioro en el TRd por uso de móvil manos libre y convencional, al ser comparado con el deterioro a consecuencia de concentraciones conocidas de alcohol en sangre, demuestra una tasa de alcoholemia igual al doble de lo permitido en la legislación actual.

A partir de los resultados de este trabajo, podemos defender que la comunicación telefónica provoca alteraciones en los TR, en condiciones hasta cierto punto óptimas, como fue el caso de nuestro experimento.

Al momento de realizar acciones que requieran concentración como es la conducción de un vehículo motorizado, el uso de telefonía móvil, modalidad manos libres o convencional, debería ser considerado como un factor de riesgo importante al minuto de analizar las causas de accidentabilidad vial.

Los autores consideran que el uso del móvil “*manos libres*” en la conducción debe ser penalizado, al igual que su uso convencional

## Bibliografía:

- 1.- Nacional Highway Traffic Safety Administration. An investigation of the safety implications of wireless communications in vehicles. Available at: <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/research/wireless>. Accessed May 29, 2003.
- 2.- The distraction factor. Consumer reports. 2002;67:18-21.
- 3.- Szyfman A, Wanner G, Spencer L. The relationship between cellular phone use, performance, and reaction time among college students: Implications for cellular phone use while driving. *Am J Health Educ.* 2003;34:81-83.
- 4.- Redelmeier DA, Tibshinari RJ. Association between cellular telephone calls and motor vehicle collisions. *N Engl J Med.* 1997; 336:453-458
- 5.- US Department of Transportation. NHTSA set sessions to address growing driver distraction problem. Available at: <http://www.dot.gov/affairs/nhtsa2800.htm>. Accessed July 5, 2002.
- 6.- Suzanne P McEvoy, Mark R Stevenson, Anne T McCartt, Mark Woodward, Claire Haworth, Peter Palamara, Rina Cercarelli. Role of mobile phone in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance: a case-crossover study. *BMJ* 2005; 331:428; originally published online 12 Jul 2005.
- 7.- Dong-Chul Seo, PhD, CHES; Mohammad R. Torabi, PhD, CHES. The impact of in-vehicle cell-phone use on accidents or near-accidents among college students. *Journal of American College Health*, vol.53, N°3, 2004.
- 8.- Haigney DE, Taylor RG, Westerman SJ. Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory process. *Transportation Research Part F* 2000;3:113-121.-
- 9.- Matthews R, Legg S, Charlton S. The effect of cell phone type on drivers' subjective workload during concurrent driving and conversing. *Accid Anal Prev* 2003; 35:451-7.
- 10.- Consiglio W, Driscoll P, Witte M., Berg WP. Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking response. *Accid Anal Prev* 2003; 35:495-500.
- 11.- Strayer DL, Drews Fa, Johnston WA. Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *J Exp Psychol Appl* 2003;9:23-32.-
- 12.- Brookhuis, K. A., De Vries, G., & De Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 23, 309-3
- 13.- Wkman A-S, Nieminen T, Summala H. Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics* 1998; 41:358-72.
- 14.- S.A. Grant., K Millar., G.N.C. Kenny. Blood alcohol concentration and psychomotor effect. *British Journal of Anaesthesia* 85 (3):401-6 (2000).
- 15.- David L. Strayer, Frank A. Drews, & Dennis J. Crouch. Fatal distraction? A comparison of the cell phone driver and the drunk driver. Department of Psychology, University of UTAH, Salt Lake City, USA. Proceeding of the Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, training and Vehicle Design.
- 16.- Jiménez D, Gálvez A, Mesa JL, Gutiérrez A, Castillo MJ. Deterioro del Tiempo de Reacción durante la utilización de la telefonía móvil, comparación con la tasa de alcoholemia. II Jornadas Científicas en Ciencias de la Salud. Universidad de Granada, Marzo 2005.
- 17.- Strayer, D.L., & Johnston, W.A. (2001). Driven to distraction: Dual-task studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science*. 12, 462-466.
- 18.- Lee, J.D., Vaven, B., Haake, S., & Brown, T.L. (2001). Speech-based interaction with in-vehicle computers: The effects of speech-based e-mail on drivers' attention to the roadway. *Human Factors*. 43, 631- 640.-
- 19.- Alm H, Nilsson L. The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accid Anal Prev* 1995; 27: 707-15.
- 20.- McKnight AJ, McKnight AS. The effect of cellular phone use upon driver attention. *Accid Anal Prev* 1993; 25: 259-65.

- 21.- Ojal S, Napier F, Brito-Compton J, Marshall T. Mobile phone and driving. *J Public Health Oxf* 2005; 27: 112-3.
- 22.- Taylor DMcD, Bennet DM, Carter M, Garewal D. Mobile telephone use among Melbourne drivers: a preventable exposure to injury risk. *Med J Aust* 2003; 179:140-2.
- 23.- Laberge-Nadeau C, Maag U, Bellavance F, Lesjardins D, Messier S. et al. Gireles telephones and the risk of road crashes. *Accid Anal prev* 2003; 35:649-60.
- 24.- Spencer, Paula (2000). Driving to Distractions. *Women's Day*, September 12, 2000, pp. 105-108.
- 25.- Lesch MF; Hancock PA. Driving performance during concurrent cell-phone use: are drivers aware of their performance decrements?. *Accident; Analysis And Prevention [Accid Anal Prev]* 2004 May; Vol. 36 (3), pp. 471-80.
- 26.- Briem, V., & Hedman, L. R. (1995). Behavioural effects of mobile telephone use during simulated driving. *Ergonomics*, 38(12), 2536-2562.
- 27.- Caird, J.K., Scialfa, C., Ho, G., & Smiley, A., (2004). *The Effects of Cellular Telephones on Driving Behaviour and Accident Risk: Results of a Meta-Analysis*. Edmonton, AB: AMA/CAA. [www.ama.ab.ca/advocacy/traffic\\_safety/FinalReport\\_CellPhones4.pdf](http://www.ama.ab.ca/advocacy/traffic_safety/FinalReport_CellPhones4.pdf)
- 28.- Laberge, J., Scialfa, C., White, C., & Caird, J. (2004). The effect of passenger and cellular-phone conversations on driver distraction. *Transportation Research Record*, 1899, 109-11

## Anexos

1.-

PROTOCOLO LABORATORIO
INVESTIGACIÓN: MEDICIÓN DE TIEMPO DE REACCIÓN SIMPLE Y DISCRIMINATIVA

### MATERIAL:

1. Equipo de estimulación visual
2. Un teléfono celular receptor y un teléfono emisor
3. Un reloj cronómetro
4. Planilla de registro de datos
5. Sistema de sorteo aleatorio: 6 pelotas de ping-pong enumeradas, cada una, con un n° entre el "0" y 5
6. Set. de preguntas de razonamiento simple
7. Sujetos sanos, hombres y mujeres con o sin experiencia en la conducción.

### MÉTODO:

#### TIEMPO DE REACCIÓN SIMPLE (TRS)

a) Previo a la ejecución de la prueba, se realiza un sorteo aleatorio (con pelotas de ping-pong) para determinar los tiempos de aparición del estímulo visual, que será conocido sólo por los investigadores.
b) Se explica, al sujeto en estudio, que una vez sentado frente a la pantalla del estimulador visual, deberá presionar el botón central (con su dedo índice) lo más rápido posible, al momento de aparecer el estímulo luminoso (haz de luz amarilla).
c) En el mesón, a su lado, en todo momento estará un teléfono celular.
d) Se explica al examinando que durante todo el transcurso de la prueba (3 minutos), puede que reciba un llamado del celular, si es así deberá contestar la llamada y responder a las preguntas que se le hagan, advirtiéndole que no debe perder la concentración en la señal luminosa.
e) Antes de iniciar la prueba, uno de los investigadores saldrá de la sala de pruebas con el teléfono celular con el fin de llamar o no al teléfono emisor. Posteriormente se dejará el celular en el mesón al lado del sujeto en estudio.

#### TIEMPO DE REACCIÓN DISCRIMINATIVA (TRD)

a) Se sortean aleatoriamente la secuencia de aparición de los colores del estímulo luminoso, a través de 3 pelotitas de ping pong enumeradas del 1 al 3 (1= rojo, 2 = amarillo y 3 = azul).
b) Se explica al sujeto, que una vez sentado frente a la pantalla del estimulador visual, aparecerán diferentes colores: rojo, amarillo o azul, para lo cual deberá responder presionando el botón de la derecha para el color rojo, el botón central para el color amarillo y el de la izquierda para el azul.
c) Se repiten los pasos C, D y E del TRS.

2.-

**Planilla de Registro Individual**  
*Estudio de Tiempo de Reacción Simple y Discriminativo*

<b>Nombre:</b>	<b>Edad :</b>	<b>Teléfono:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Sexo :</b> <b>Masc.</b> <b>Fem.</b> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<b>Conduce:</b> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> <b>Años de experiencia :</b> <input type="checkbox"/>		
<b>Observaciones:</b>	<b>Kilómetros Promedio / día</b>		

Segundos.	Con Móvil	Con Manos Libres	Sin Móvil
<b>T.R.S. min. n° 1</b>			
<b>T.R.S. min. n° 2</b>			
<b>T.R.S. min. n° 3</b>			
<b>T.R.D. min. n° 1</b>			
<b>T.R.D. min. n° 2</b>			
<b>T.R.D. min. n° 3</b>			

### 3.- Preguntas

- Dirección de tu casa?
  - Título del último libro leído
  - Título de tu libro favorito
  - Cómo se llama tu cantante preferido?
  - Que canción te hace llorar?
  - Quién ganó la última Eurocopa?
  - Toca algún instrumento musical, cuál?
  - Haces deporte?
  - Dime 5 razones para hacer deporte
  - Teléfono de tu madre – padre - abuelos?
  - Tienes Hijos?
  - Cuál es el nombre de tus hijos?
  - Cuál es la marca de tu ordenador?
  - Cuál es la fecha de tu cumpleaños?
  - Cuanta memoria RAM tiene tu computador?
  - Tienes programas para ver DVD en tu ordenador?
  - Qué programas utilizadas frecuentemente en tu ordenador?
  - Cuál es el programa que hace gráficos?
  - Sabes cuanto cuesta un ordenador y uno portátil?
  - Qué utilidades tiene el PC?
  - Qué marcas de PC existen?
  - Si tuvieras que comprarte uno, cual sería?
  - Crees que es un buen negocio montar una tienda de PC?
  - Tienes Novia (o), cómo se llama?
  - Cuál es el número telefónico de tu novio (a)?
  - Dónde vive tu novio (a)?
  - Tienes coche? o moto?
  - Sabes su matricula?
  - Qué marca?
  - Cuál es tu deporte favorito?
  - Qué piensas del boxeo?
  - Es el boxeo un deporte para que lo practiquen las mujeres?
  - Hablas inglés?
  - Cómo es escribe casa en inglés?
  - Te gusta ir al cine??, cuál es tu película favorita?
  - Cuál es tu actor favorito?
  - Cuál es tu comida preferida?
  - Te gusta viajar?
  - Que lugar del mundo te gustaría conocer?
  - Prefieres tren, bus o avión?...porqué?
  - Cómo se llaman los reyes de España?
  - Qué opinas de la pastilla del día después?
  - A cuantos dólares equivale un Euro?
  - Cuanto es 3 al cubo??
  - Cuál es la raíz cuadrada de 25?



# EFFECTO DEL TELÉFONO CELULAR, MODALIDAD MANOS LIBRES, EN LOS TIEMPOS DE REACCIÓN COMPARADO CON LOS NIVELES DE ALCOHOL EN EL AIRE ESPIRADO DE CONDUCTORES.

\*Andrés Orellana U., \*Daniel Ciudad A, \*\*Ph.D Carlos Henríquez

\*Docentes Carrera de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso- Chile.

\*\* Docente Facultad de Ciencias, Centro de Estudios Estadísticos Universidad de Valparaíso-Chile  
e- mail: [andres.orellana@uv.cl](mailto:andres.orellana@uv.cl)

---

---

## Resumen

**Objetivo:** conocer los tiempos de reacción frente al uso del teléfono celular modalidad manos libres y comparar dichos tiempos con los obtenidos en personas en estado de intemperancia. **Diseño y Método:** ensayo clínico, con potencia de 0,9. Muestra aleatorizada con 80 sujetos voluntarios, 46 hombres y 34 mujeres entre 18 y 30 años de edad ( $\bar{x}$  24 años) que conformaron aleatoriamente cuatro grupos a intervenir de 20 individuos cada uno, y que cumpliendo los criterios de inclusión realizaron las pruebas psicométricas según la asignación aleatorizada a uno de los grupos caracterizados por: Grupo 1 o Control, no ingieren alcohol ni utilizan celular al momento de rendir la prueba, Grupo 2 utilizan celular modalidad manos libres, Grupo 3 utilizan celular convencional y Grupo 4 ingieren alcohol en concentraciones conocidas. Para la realización de las pruebas psicométricas se utilizó el simulador “evaluador psicotécnico PETRINOVIC EPP-01”, cuyo software permite evaluar Tiempo de Reacción Simple (TRS) y Tiempo de Reacción Discriminativo (TRD). **Resultados :** El estudio arrojó que tanto para el TRD como para el TRS existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de celular manos libres y el de ingesta de alcohol ( $p=0.0001$  y  $p=0.0003$  para cada test respectivamente), situación que da cuenta que el uso del dispositivo de manos libres retardaría aún más el tiempo de reacción. Además no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los TRD ( $p=0.1097$ ) y TRS ( $p=0.2306$ ) del grupo celular manos libres y el grupo celular convencional. **Conclusiones :** La presente investigación enmarcada en aspectos de seguridad vial y de salud pública, viene a reforzar la idea de seguir investigando el potencial peligro del uso del celular modalidad manos libres al momento de la conducción. El claro deterioro de Tiempos de Reacción observados en las personas que utilizaron celular manos libres, incluso con resultados mayores que en aquellos que se sometían a prueba bajo la influencia del alcohol, demuestra y ratifica esta “Falsa seguridad” que el dispositivo de manos libres puede llegar a generar al momento de ser usado mientras se conduce.

**Palabras Claves:** Tiempo de Reacción, Celular manos libres, Ingesta de Alcohol, Conducción.

## INTRODUCCIÓN

Las características del tránsito en los tiempos actuales han llevado a definir nuevos factores de riesgo en las vías, en especial aquellos que tienen que ver con elementos de telecomunicación y que pueden ser un evidente factor de distracción al interior del vehículo con consecuencias fatales al momento de la conducción. Tal es el caso del uso del celular mientras se conduce. Y, aunque han irrumpido con fuerza los dispositivos de modalidad manos libres, llegando incluso pantallas interactivas, existen evidencias científicas que hablan acerca de la pérdida de concentración al momento de conducir por uso de esta modalidad de conversación por celular. Siendo los accidentes de tránsito un problema social de altísima importancia en nuestro país y considerando que la mayoría de ellos tienen origen en factores humanos, es que se abordó la temática del uso del celular modalidad manos libres en conductores con experiencia, considerando este elemento un distractor más que puede interferir negativamente en los tiempos de reacción y de respuestas motrices que un conductor debe tener normalmente. Bajo ciertas condiciones, conducir un vehículo puede convertirse en una tarea de vigilancia: el conductor debe intentar permanecer atento a lo largo de todo el trayecto, porque en cualquier momento puede surgir un

estímulo relevante al que deba responder para evitar un accidente. Es necesario, por tanto, que el conductor sea capaz de mantener un impulso atencional sostenido, de forma que las demandas de la tarea puedan ser cumplidas eficazmente. Tanto los elementos distractores externos (un anuncio) como los factores internos (un problema personal), pueden comprometer la acción sostenida del proceso atencional. La poca tolerancia a la rutina, la carencia de estímulos activadores, junto con la aparición en ciertos conductores de procesos de fatiga precoz llevan a constituir en algunos casos, y en relación a ciertas circunstancias, un verdadero peligro tanto en el proceso de toma de decisiones como en los tiempos de reacción.

En la conducción es especialmente relevante el nivel de alerta mantenido, o también denominado atención sostenida. Algunas investigaciones han establecido comparaciones de la peligrosidad del uso del móvil con respecto a concentraciones de alcohol en sangre en el límite legal (Redenmeier y Tibshirai, 1997). Los resultados de Strayer y colaboradores (2002, 2003) han puesto de manifiesto el deterioro de la conducción experimentada por conductores mientras conversaban, deterioro que resultó ser mayor a los que se encontraban bajo la influencia de alcohol. Existe una intrínseca vinculación de los procesos atencionales con los perceptivos,

debiéndose destacar que de ellos va a depender, en buena medida, la realización o no de maniobras apropiadas durante la conducción. La percepción implica un proceso activo del organismo, que busca y selecciona del medio ambiente los aspectos que proporcionan dirección a su conducta (Tudela, 1981). La importancia de la atención en la seguridad vial es, pues, evidente, así como su estrecha relación con la percepción, si se tiene en cuenta que todo proceso perceptivo del conductor comienza, necesariamente, por prestar atención a los estímulos que han de ser captados (Forgus, 1975). Es necesario destacar que la atención es más que un mero mecanismo de selección de información. De acuerdo con las conceptualizaciones más recientes, es un mecanismo de control del procesamiento cognitivo (Tudela, 1992), en el sentido de que organiza y coordina el desarrollo de los procesos que operan sobre la información (perceptivos, de memoria, etc.). Precisamente, y tal como se decía al principio, en la base de muchos de los fallos humanos que preceden al accidente (errores de percepción o reconocimiento, errores en la toma de decisiones y fallos en la ejecución) se encuentra una atención inadecuada. Una vez se han adquirido las habilidades necesarias para conducir, la accidente (Laberge-Nadeau et al., 2003; Redelmeier y Tibshirani, 1997; Violanti y Marshall, 1996). Se ha demostrado que conducción se convierte en una tarea que puede calificarse de fácil porque su ejecución es, en buena parte, automática; es decir, el conductor sólo necesita feedback visual y cinestésico sobre su ejecución de forma esporádica, porque puede realizar la tarea basándose en gran medida en sus representaciones internas y programas mentales motores. La mera presencia de ciertos estímulos hace que se desencadenen ciertos procesos mentales que conducirán a la realización de una respuesta concreta, de forma automática (por ejemplo, ante cierto ruido proveniente del motor, éste cambia de marcha). Las causas de todo accidente pueden ser de naturaleza muy diversa y surgen dentro de una compleja red de interacciones entre el conductor, el vehículo y la vía, en unas determinadas condiciones ambientales. Así entonces se podría decir que un accidente responde a un fallo en uno de los distintos elementos que pueden intervenir en el tráfico : factores del vehículo, factores ambientales y factor humano (Allen, Cook, Aponso y Rosenthal, 2004; Hill, 2001; Montoro et al., 200; Megia et al., 1998; United Nations, 2003).- Hasta ahora no sólo se ha descrito una asociación entre el uso del teléfono móvil y la accidentabilidad, sino que existen evidencias de que incrementan el riesgo de hablar por teléfono tiene consecuencias sobre la conducción (Strayer, Drew; Crouch y Johnston, 2002) siendo éstas dadas por dos

sentidos; por un lado según el nivel manipulativo requerido por el dispositivo de telefonía el que interfiere en el manejo motriz, y por otro lado, según la sobrecarga cognitiva provocada por la conversación telefónica, terminan interviniendo en el procesamiento de la información, de programación y ejecución de acciones. El estudio de la atención y las causas de las distracciones es de vital importancia para entender y explicar el origen de muchos accidentes. Es así como el presente estudio, tuvo como objetivo conocer los tiempos de reacción frente al uso del teléfono celular modalidad manos libres y comparar dichos tiempos con los obtenidos en personas en estado de intemperancia, y por otra parte, personas que usaron celular modo convencional, por esto los participantes debían tener como mínimo un año de experiencia en la conducción.

## MÉTODO

### *Sujetos y Diseño.*

En el presente estudio participaron 80 voluntarios de ambos sexos, con un rango de edad entre los 18 y 30 años ( $\bar{x}$  24 años). El criterio de inclusión considera la experiencia de conducción de al menos un año y un promedio de recorrido semanal

mínimo de 80 kilómetros. La investigación es un ensayo clínico con potencia de 0,9, con consentimiento informado, para lo cual se utilizó un diseño experimental balanceado a un criterio de clasificación (tratamiento) con cuatro niveles (control, celular manos libres, celular convencional, alcohol). (Tabla 1).

### *Asignación aleatorizada de los sujetos y Evaluación del Tiempo de Reacción.*

Los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de los grupos utilizando el sistema de bloques permutados para producir un balance a través del tiempo cada ocho participantes reclutados. Cada grupo quedó conformado de 20 sujetos. El primer grupo, *control*, el segundo utiliza celular modalidad manos libres, el tercer grupo utiliza celular en forma convencional y el cuarto grupo ingiere alcohol. Para evaluar los Tiempos de Reacción (TR) se utilizaron dos pruebas sicométricas que permiten estimar los TR simples (TRs) y los TR discriminativos (TRd).

**Tabla 1.-** Cantidad de individuos según grupo de estudio y género.

Grupo de estudio	Género del participante		Total
	Femenino	Masculino	
Control	9	11	20
Cel. manos libres	9	11	20
Cel. convencional	5	15	20
Ing. alcohol	11	9	20
Total	34	46	80

### *Materiales.*

Luego de la firma del consentimiento informado, se procedió al registro de los antecedentes del participante en el “Formulario N° 1: Ficha de enrolamiento de Participante” y la asignación aleatoria al grupo que sería destinado. Los asignados aleatoriamente al grupo de ingesta de alcohol, se les solicitó ingerir uno de tres brebajes (vino con 14° de alcohol, cerveza con 3,5 ° de alcohol o whisky con 35° de alcohol) en una cantidad definida de acuerdo a una fórmula matemática que incorpora la talla y el peso del participante y, a su vez, el grado alcohólico de la bebida. La medición del peso de los sujetos se realizó a través de la balanza digital portátil “*Tanita – TBF 531*”, con análisis bioeléctrico de impedancia. La talla fue evaluada a través del estadiómetro “*Detecto Scales, Broklyn USA*”. El registro de la concentración de alcohol en el aire espirado fue a través del alcoholímetro

analógico de alta precisión “*Driveguard*” marca *Petrinovic*, (utilizado por Carabineros de Chile en los controles policiales). Para realizar las pruebas de TR, se utilizó el *Evaluador Psicométrico ATS Petrinovic EPP-01*. La conversación vía telefónica se realizó con aparatos celulares sencillos *Nokia 1220* con dispositivo de manos libres.

### *Procedimiento.*

Conforme se asignaron aleatoriamente los cuatro grupos de estudio, se realizaron las pruebas de TRs y TRd. El primer grupo, “*Control*” no ingiere alcohol ni utiliza celular al momento de rendir las pruebas. Los participantes del segundo grupo recibían una llamada telefónica la que contestaba a través de la modalidad de manos libres mientras realizaban las pruebas. El tercer grupo recibía una llamada y contestaba un celular de forma convencional (cogido). Por último, a los sujetos del cuarto grupo se les hizo beber una bebida

alcohólica a elección, cuya cantidad en ml estaba en directa relación a su talla, peso y grado alcohólico de la bebida consumida. Los participantes de este último grupo realizaban las pruebas psicométricas una vez que alcanzaban una concentración de alcohol de 0,06 mg/l en el aire espirado. Dicha cifra era alcanzada alrededor de los 15 minutos posterior a la ingesta de la bebida alcohólica, siendo monitoreados cada 4 minutos a través del alcoholímetro “*Driveguard – Petrinovic*”. La concentración deseada de 0,06 mg/l de alcohol en el aire espirado es levemente superior al máximo de consumo de alcohol establecido por la legislación chilena (0,05 mg/l) para indicar que se conduce bajo estado de intemperancia.

Los participantes de los grupos dos y tres recibían súbitamente una llamada telefónica prácticamente al inicio de las pruebas de TRs y TRd, debiendo responder preguntas previamente estandarizadas y que iban de menor a mayor complejidad de razonamiento.

El tiempo total de la evaluación de los TR es de 10 minutos aproximadamente, al cabo del cual la información se almacenó en

bases de datos digitalizados a través de un escáner de alto rendimiento. Las planillas de registros individuales permanecen almacenadas en archivadores manuales y respaldadas en carpetas electrónicas, conteniendo la información separada de cada prueba.

#### *Análisis Estadístico.*

Se procede a un análisis descriptivo de los antecedentes generales de los participantes. Posteriormente se realiza un análisis de varianza multivariado, *MANOVA*, para detectar si existe diferencia significativa entre los grupos (control, celular manos libres, celular convencional e ingesta de alcohol), con un nivel de significancia del 5%. Se aplica el test de comparaciones simples, *ANOVA*, para identificar en qué par de grupos existen diferencias significativas, con un nivel de significancia del 5%.

Los análisis fueron desarrollados usando un programa en el software estadístico Stata con los códigos que permiten elaborar pre informes, con tablas, gráfica, intervalos confidenciales y probabilidades de significación, según corresponda.

**Tabla 2.-** Diferencias de los Tiempos Medios de Reacción (ms) entre los distintos grupos.

<i>Comparación entre grupos</i>	<i>Diferencias en ms de los Tiempos medios de reacción Simple.</i>		<i>Diferencias en ms de los Tiempos medios de reacción Discriminativo.</i>	
Celular manos libres / Ingesta de alcohol	-575 ms	p = .0003	240 ms	p= .0001
Control / Manos libres	-103 ms	p= .0000	-257 ms	p= .0000
Control / Celular convencional	-86 ms	p= .0001	-170 ms	p= .0009
Celular manos libres / Celular convencional	18 ms	p= .2306	240 ms	p= .1097
Celular convencional / Ingesta de alcohol	48 ms	p= .0125	154 ms	p= .0079
Uso celular (independiente de la modalidad) / Ingesta de alcohol	57 ms	p= .0005	197 ms	p= .0001

## RESULTADOS

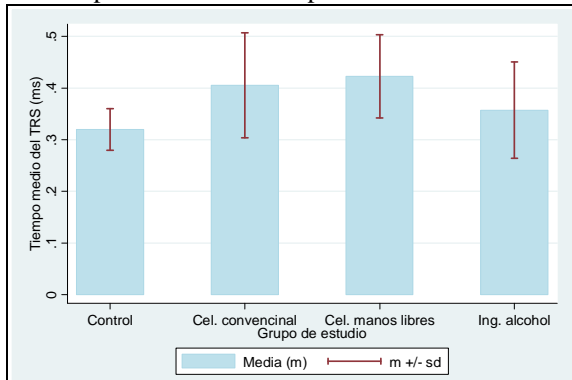
A través de la prueba estadística MANOVA, se detectó diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre los Tiempos Medios del test de Tiempos de Reacción Simple (TMTRs) como así también en los Tiempos Medios del test de Tiempo de Reacción Discriminativo (TMTRd) de los cuatro grupos estudiados. (Tabla 2).

Utilizando la metodología de test de comparaciones simples (ANOVA) la probabilidad de significancia entre TMTRs del grupo control y del grupo celular convencional fue estadísticamente significativa ( $p = 0.0001$ ), entre los TMTRs del grupo control y del grupo celular manos libres se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.0000$ ). No

hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.1360$ ) entre los TMTRs del grupo control y del grupo ingesta de Alcohol, tampoco lo hubo entre los TMTRs del grupo celular manos libres y del grupo celular convencional ( $p = 0.2306$ ). Existen diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.0125$ ) entre los TMTRs del grupo celular convencional y del grupo ingesta de Alcohol. Así también existen diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0.0003$ ) de los TMTRs de los individuos del grupo celular manos libres y del grupo ingesta de alcohol. Además, los TMTRs del grupo con celular manos libres son estadísticamente mayores ( $p = 0.0015$ ) a los TMTRs del grupo ingesta de alcohol. Los TMTRs entre los individuos que utilizan celular en la prueba y el grupo ingesta de alcohol presentan diferencias

estadísticamente significativas ( $p=0.0005$ ). (Figura 1).

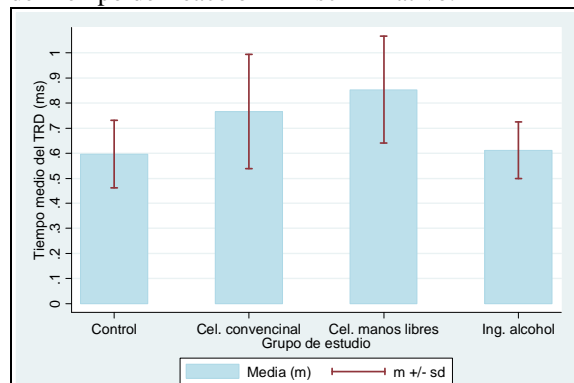
**Figura 1:** Tiempos medios de reacción para el test de Tiempo de Reacción Simple.



Los TMTRd entre grupo control y grupo celular convencional exhiben diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0009$ ), así también existen diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0000$ ) entre los TMTRd del grupo control y del grupo celular manos libres. No se encontró diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.478$ ) entre los TMTRd del grupo control y del grupo ingesta de Alcohol, tampoco la hubo entre los TMTRd del grupo celular manos libres y del grupo celular convencional ( $p=0.1097$ ). Existen diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0079$ ) de los TMTRd entre los individuos del grupo celular convencional y del grupo ingesta de alcohol. Así también los TMTRd presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p=0.0001$ ) entre los individuos del grupo celular manos libres y el grupo ingesta de alcohol.

Además destaca que los TMTRd del grupo con celular manos libres son estadísticamente mayores ( $p=0.0015$ ) a los TMTRd del grupo ingesta de alcohol. Los TMTRd entre los individuos que utilizaron celular en la prueba y los del grupo de ingesta de alcohol tuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p= 0.0001$ ). (Figura 2).

**Figura 2:** Tiempos medios de reacción para el test de Tiempo de Reacción Discriminativo.



## DISCUSIÓN

El claro deterioro de Tiempos de Reacción observados en las personas que utilizaron celular manos libres, incluso con resultados mayores que en aquellos que se sometían a prueba bajo la influencia del alcohol, demuestra y ratifica esta “Falsa seguridad” que este dispositivo de manos libres puede llegar a generar al momento de ser usado mientras se conduce. El efecto neurofisiológico se explicaría por la pérdida de la atención e integración de la información sensorial a nivel de corteza



somatosensorial, retardando la respuesta motriz ideal frente al estímulo que genera dicha respuesta. Estas diferencias en milisegundos (ms) son vitales cuando un conductor conduce por ejemplo sobre los 100 km/h, retardando el tiempo de frenada, lo que se pudiera traducir en un avance de varios metros más allá, comparado con una persona que va atenta a la conducción.

La investigación entrega aportes significativos y evidencia científica clara respecto a la respuesta motriz presente en sujetos sometidos a pruebas sicosensométricas, particularmente haciendo uso durante la prueba de telefonía celular en especial la modalidad manos libres.

No son pocos los estudios que dan a conocer el efecto negativo del uso del teléfono móvil al momento de la conducción. Los trabajos de Strayer, Drews, Albert, and Johnston, 2002, University of Utah; Redelmeier and Tibshirani, 1997, señalan diferencias importantes en los TR entre los sujetos sometidos a la conversación modalidad manos libres y los que la hicieron con el celular cogido. Así mismo estudios realizados en la Universidad de Miami observaron el efecto de varios niveles de carga cognitiva sobre la respuesta de frenado frente a estímulos simple de luz roja (Irwin, Fitzgerald, and Berg, 2000).

Los sujetos involucrados en una conversación usando el dispositivo manos libres fueron 24% más lentos que cuando no hablaron. Sin embargo el cambio en la dificultad de la conversación aparece con un impacto insignificante en términos de TR. Si el factor humano causa el 90 % de los accidentes y la distracción en la “conciencia situacional” puede deberse, entre otros factores, al hecho de permitir el uso del dispositivo manos libres, resulta crucial determinar los aspectos de peligrosidad atribuibles a su manipulación. Estudios epidemiológicos aportan evidencia para considerar el uso del teléfono móvil como factor de riesgo de accidente (Donald A. et al, 1997). Consistentemente con otros estudios, la comunicación con teléfonos celulares con o sin manos libres, la recepción de una llamada y la escucha de mensajes tuvo consecuencias sobre los tiempos de reacción de conductores, provocando retardos en la respuesta motora. La falta de conciencia situacional, sería la consecuencia de una entrada deteriorada de la información, provocada por el incremento de la carga cognitiva que el sujeto experimenta al recibir una llamada y conversar a través del celular con o sin manos libres . Ante tales consideraciones, el sujeto omite información del entorno relevante y útiles para la percepción del movimiento. Los resultados en el deterioro

de los TRs y TRd de los sujetos que ingirieron bebidas alcohólicas también son consistentes con los trabajos de Lemon *et al.*, 1993, Maylor *et al.*, 1990; Bartl *et al.*, 1996, S.A Grant *et al.*, 2000 y Katherine Tzambazis y Con Stough (*Alcohol & Alcoholism* Vol. 35, No. 2, pp. 197–201, 2000), señalando que la administración de alcohol junto con empeorar la respuesta motriz, altera el procesamiento de la información visual, la atención, el razonamiento abstracto y la coordinación visuo-motriz. Similares resultados han sido encontrados en pruebas de TRs con dos niveles de intensidad de estímulos. En esos estudios el TRs se ve deteriorado y disminuida la detección del estímulo, sugiriendo una influencia sobre los procesos sensorio-perceptuales y grado de atención (Krull *et al.*, 1994).

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos señalan que existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de los TRs y TRd de las personas que usaron telefonía móvil manos libres versus las que usaron el móvil en forma convencional, siendo mayores los tiempos de reacción de las personas con móvil manos libres. Estos resultados se repiten al comparar los tiempos de reacción de las personas que usaron celular manos libres versus los que hicieron la prueba en

estado de intemperancia. Así se amplía la evidencia de que hablar mediante telefonía celular puede tener un impacto negativo sobre la conducción, resultado de una interferencia atencional o bien de una sobrecarga cognitiva, afectando los procesos psicológicos de nivel inferior más importantes que participan en la conducción: la atención y la percepción de estímulos visuales, provocando errores en la recogida y percepción de la información. Las consecuencias que acompañan hablar por teléfono se orientan a un peor conocimiento de la situación y a una sobrecarga mental que empeora la capacidad de respuesta. En consecuencia, el estudio da claros indicios que el uso del celular manos libres deteriora significativamente las reacciones motrices, medidas en milisegundos (ms), en individuos con experiencia en la conducción y este deterioro es superior incluso a cuando la prueba se realiza en condiciones de intemperancia alcohólica. Parece ser que tan pronto se agregue el uso del teléfono celular, independiente de su modalidad de uso, a la lista de conductas sancionadas por la Ley de Tránsito chilena, como conducir bajo los efectos del alcohol, conducir sin cinturón de seguridad o llevar niños en las piernas, se estará contribuyendo a solucionar un problema de salud pública de nuestro país.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. R. Edelman, M.D., and Robert J. Tibshirani, Ph.D. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *N Engl J Med* 1997;336:453-8.).
- Alm, H., & Nilsson, L. (1995). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accident Analysis & Prevention*, 27(5), 707-715.
- Briem, V., & Hedman, L. R. (1995). Behavioural effects of mobile telephone use during simulated driving. *Ergonomics*, 38(12), 2536-2562.
- Cellular Telecommunications Industry Association. (2006). *Background on CTIA's semi-annual wireless industry survey*. Retrieved April 11, 2006, from <http://files.ctia.org/pdf/CTIAEndYear2005Survey.pdf>
- Donald Bartl, G., Lager, F. and Domesle, L. (1996) Test performance with minimal alcoholic intoxication. *Blutalkohol* 33, 1–16.
- Goodman, M. F., Bents, F. D., Tijerina, L., Wierwille, W., Lerner, N., & Benel, D. (1999). *An investigation of the safety implications of wireless communication in vehicles: Report summary* (Department of Transportation electronic publication). Retrieved April 11, 2006, from <http://www.nhtsa.dot.gov/people/injury/research/wireless/#rep>.
- Lemon, J., Cheshier, G., Fox, A., Greeley, J. and Nabke, C. (1993) Investigation of the hangover effects of an acute dose of alcohol on psychomotor performance. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research* 17, 665–668
- Mazzae, E. N., Ranney, T. A., Watson, G. S., & Wightman, J. A. (2004). Hand-held or hands-free? The effects of wireless phone interface type on phone task performance and driver performance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting* (pp. 2218–2221). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- McCarley, J.S., Vais, M., Pringle, H., Kramer, A.F., Irwin, D.E., Strayer, D.L., 2002. "Conversation Disrupts Visual Scanning of Traffic Scenes", *in press*.)
- Maylor, E. A., Rabbitt, P. M., James, G. H. and Kerr, S. A. (1990) Effects of alcohol and extended practice on divided-attention performance. *Perception and Psychophysics* 48, 445–452.
- Maylor, E. A., Rabbitt, P. M., James, G. H. and Kerr, S. A. (1992) Effects of alcohol, practice and task complexity on reaction time distributions. *Quantitative Journal of Experimental Psychology* 44, 119–139.
- Patten, C. J. D., Kircher, A., Ostlund, J., & Nilsson, L. (2004). Using mobile telephones: Cognitive workload and attention resource allocation. *Accident Analysis and Prevention*, 36, 341–350.
- Redelmeier, D. A., & Tibshirani, R. J. (1997). Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *New England Journal of Medicine*, 336, 453–458.
- S.A. Grant, K. Millar and G.N.C. Kenny Blood alcohol concentration and psychomotor effects. *British Journal of Anaesthesia* 85 (3): 401-6 (2000).
- Strayer, D.L., Drews, F.A., Albert, & Johnston, W.A. (2002). Why do cell phone conversations interfere with driving? *Proceedings of the 81st Annual Transportation Research Board Meeting*. Washington, D.C.
- Strayer, D. L. & Drews, F. A. (2004). Profiles in driver distraction: Effects of cell phone conversations on younger and older drivers. *Human Factors*, 46, 640–649.
- 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, 23–52.
- Strayer, D. L., & Johnston, W. A. (2001). Driven to distraction: Dualtask studies of simulated driving and conversing on a cellular phone. *Psychological Science*, 12, 462–466.
- Tokunaga, R.A., Hagiwara, T., Kagaya, S., & Shimojyo, A. (2000). Cellular telephone conversation while driving: Effects on driver reaction time and subjective mental workload. *Transportation Research Record*, 1724, 1–6.

# **Efecto de la conversación presencial y una conversación con celular modalidad manos libres sobre el Tiempo de Reacción.**

\*Andrés Orellana U., \*Daniel Ciudad A. , \*\*Grupo EFFECTS

\*Kinesiólogos, Carrera de Kinesiología, Facultad de Medicina, Universidad de Valparaíso- Chile.  
Ph.D © Fisiología del ejercicio, rendimiento deportivo y salud. Facultad de Medicina, Universidad de Granada  
\*\*Grupo de Investigación del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina, Universidad de Granada.  
e mail : [andres.orellana@uv.cl](mailto:andres.orellana@uv.cl)

---

---

## **Resumen**

**Objetivos:** el principal propósito del presente estudio es conocer los Tiempos de reacción simples y discriminativos (TRs y TRd) de sujetos con un mínimo de un año de experiencia en la conducción, valorados a través del Vienna test System (VTS), al momento que mantienen una conversación con un acompañante y otra conversación a través de celular manos libres, estableciendo sus eventuales diferencias. **Material y Método:** dieciséis sujetos, de ambos géneros ( $\bar{x}$  23 años  $\pm$  5,4 años) son sometidos a pruebas sensoriomotrices a través del VTS para conocer sus TRs y TRd, en tres estados de intervención: Control, Conversación con acompañante y uso de Celular Manos Libres. Los resultados son analizados con el programa estadístico Stata 10.0, definiendo un intervalo de confianza del 95%.- **Resultados:** existe diferencia ( $p < 0,05$ ) para las comparaciones de las medias los TR (en ms) en situaciones de Control-Conversación y Control-Celular Manos Libres, mientras que la comparación Conversación-Celular Manos Libres obtuvo un  $p > 0,05$ . **Conclusión:** tanto la conversación con el acompañante como la conversación a través de celular modalidad manos libres resultan ser factores de deterioro importante en los TRs y TRd.

**Palabras Claves:** Vienna test System, Tiempo de Reacción, Distracción, Telefonía celular manos libres.

---

---

## Introducción

Lo complejo de conducir un vehículo se pone de manifiesto cuando el conductor debe percibir continuamente la situación cambiante del tráfico, evaluarla, decidir las acciones más adecuadas y, entretanto, ejecutar correctamente estas acciones. Para todo este proceso se requiere que el conductor se halle en óptimas condiciones psicofísicas para que pueda llevarlas a cabo adecuadamente. Con la práctica, algunas de estas tareas se van automatizando y conducir un vehículo pasa a percibirse como algo casi rutinario, hasta sentirnos capaces de conducir y realizar al mismo tiempo otras actividades que también requieren atención (Stutts, J., 2005). Muchos accidentes de tráfico tienen como causa principal la distracción de los conductores y gran parte de ésta se produce porque el conductor no atiende las demandas de la situación de tráfico, debido a que parte de su atención está centrada en otra actividad no relacionada con la conducción. La National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) de USA (Klauer, S.G., 2006) señala que en la clasificación de las distracciones se tienen en cuenta los aspectos cognitivos, sensoriales y motrices afectados por las mismas (Young, K., 2003). Según este

criterio la distracción puede ser visual, auditiva, biomecánica o física y cognitiva. Potenciales distractores pueden acumular dos o más de los efectos señalados. Por ejemplo, una conversación con el pasajero del asiento contiguo supone inicialmente una distracción auditiva pero puede producir una distracción visual si el conductor gira la cabeza para mirarlo durante el diálogo. Si la conversación es compleja adicionalmente puede dar lugar a una distracción cognitiva. La costumbre de gesticular mientras se habla podría añadir un efecto de distracción biomecánica. Cuando se utiliza un teléfono móvil sin dispositivo de manos libres durante la conducción, se produce distracción visual, auditiva, biomecánica y cognitiva. En el caso de hablar por un teléfono de manos libres la distracción visual y biomecánica se reduce, pero sigue provocando similar distracción auditiva y cognitiva ( Matthews, R., 2003). Dentro de los elementos para clasificar los distractores, algunos autores han señalado la localización de éste: Distractores internos: cuando el elemento distractor se halla dentro del vehículo (ej. Conversación con el pasajero), Distractores externos: cuando dicho elemento está situado fuera del vehículo (vehículo accidentado en la carretera). Los efectos de la distracción en el tiempo de

reacción (TR) han sido analizados mediante estudios de simulación. Se ha observado que cuando se realiza una actividad distractora aumenta el tiempo de reacción de frenada, sin embargo, este aumento no es igual para todas las actividades (Stutts, J.C., 2003; Consiglio, W., 2003). el TR de frenada aumenta con el grado de complejidad de la distracción. La evidencia disponible muestra, asimismo, que el TR de frenada aumenta, en general, con la edad de los conductores (Hancock, P.A., 2003). Así hay estudios que señalan que hablar con los pasajeros deteriora un 15,6% el TR de frenada, hablar por teléfono móvil un 18,4% y hablar por el teléfono de manos libres un 18,6% respectivamente .- A la luz de ciertas investigaciones se ha estimado que conversar a través de un teléfono móvil tiene un efecto equiparable a hacerlo con un pasajero que esté sentado en el asiento contiguo y su capacidad distractora estaría directamente relacionada con la complejidad y el contenido de la conversación. En la práctica, la peligrosidad de las distracciones depende de tres factores: la complejidad de la tarea distractora, su duración y su frecuencia.

Estos tres factores influyen de forma distinta en cada tipo de distracción y la combinación de las mismas acaba determinando su peligrosidad efectiva. Según un estudio norteamericano (RACC, 2006), ese riesgo podría ser entre cuatro y seis veces superior al riesgo en condiciones normales de conducción.

El presente estudio tiene como objetivo comparar el efecto en los TR de sujetos que mantienen una conversación presencial con un acompañante y una conversación con móvil, modalidad manos libres, utilizando para ello el Viena Test System (VTS).

### **Material y Método.**

Un número de dieciséis sujetos, hombres y mujeres, entre 18 y 35 años ( $\bar{x}$  23 años  $\pm$  5,4 años) y que cumplen con el criterio de inclusión de poseer licencia de conducir de a lo menos un año de vigencia, realizan pruebas sensoriomotrices a través del Vienna test System (VTS) . El protocolo contempla tres pruebas para cada sujeto, cuya duración total es de aproximadamente 25 minutos.

**Tabla 1.-** Promedio de los TR (ms) con sus DS para las tres intervenciones en el VTS.

	n	$\bar{x}$ TRs (ms) $\pm$ DS	[Min-Max]		$\bar{x}$ TRd (ms) $\pm$ DS	[Min-Max]	
Control	16	258 $\pm$ 35,86	189	327	385,36 $\pm$ 83,62	235	538
Conversación	16	340,5 $\pm$ 49,50	242	419	435,25 $\pm$ 64,15	331	533
Cel Manos libres	16	341,38 $\pm$ 55,66	236	443	441,37 $\pm$ 83,91	306	549

La primera de ellas consiste en determinar el TR simple (TRs) y el TR discriminativo (TRd), considerándola prueba “Control”. En una segunda instancia y mientras los sujetos vuelven a ser evaluados en ambas modalidades de TR, mantienen una *Conversación* con un acompañante. Por último, y en una tercera prueba los sujetos son evaluados en sus TR y considera durante su ejecución el mantener una conversación con teléfono *Celular modalidad manos libres*. Se utiliza un aparato de telefonía celular marca Nokia modelo 1202. La conversación presencial como la sostenida vía telefonía celular son guiadas con temas previamente pauteados y que van de menor a mayor complejidad, incluyendo tópicos de actualidad, cultura general, datos personales y simples operaciones matemáticas. La información

es vertida en una planilla individual que registra los TRs y TRd en milisegundos (ms), además de señalar el número de las respuestas consideradas correctas, erróneas e incompletas, considerando para efectos del estudio sólo aquellos resultados “correctos” entregados por el programa del VTS. Los registros se trabajan con el programa estadístico Stata versión 10.0, se calculan los promedios de los TR en cada grupo, se aplica la prueba de t student para establecer las asociaciones entre el grupo control y los de conversación y uso de celular manos libres, considerando un grado de significancia de  $p < 0,05$ .

### **Resultados.**

Se presentan los promedios de los TR tanto simple como discriminativo obtenidos en las tres pruebas efectuadas

**Tabla 2.-** Diferencia de TR (ms) entre grupo Control y Conversación.

TR	Control	Conversación	[95% conf. intervalo]		p
TRs	258 ± 35,86	340 ± 49,50	277,73	320,77	0,000
TRd	385,36 ± 83,62	435,25 ± 64,15	382,35	438,28	0,000

**Tabla 3.-** Diferencia de TR (ms) entre grupo Control y Celular manos libres

TR (ms)	Control	Cel. Manos libres	[95% conf. intervalo]		p
TRs	258 ± 35,86	341,36 ± 55,66	277,13	322,24	0,000
TRd	385,36 ± 83,62	441,36 ± 76,72	383,12	443,62	0,028

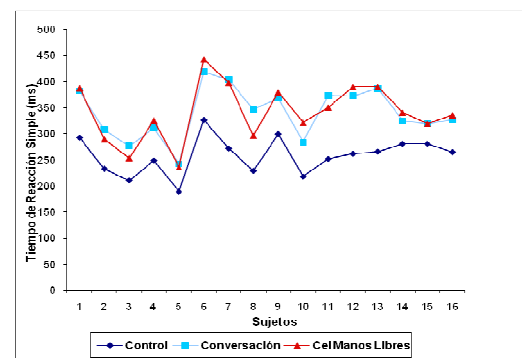
a cada sujeto (Tabla 1), considerando sus rangos y DS.

Al comparar los promedios de los TR de los *Controles* con los de *Conversación* se observa que entre ambas pruebas existe una alta diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,00$ ) (Tabla 2).

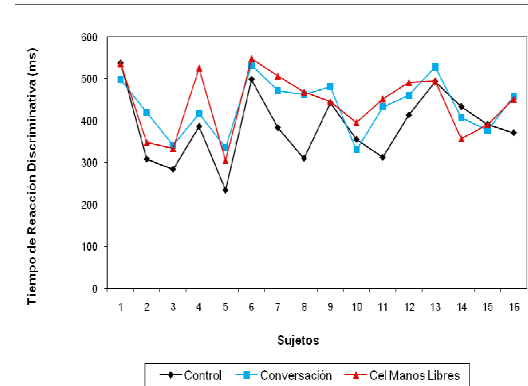
Se obtuvo un  $p < 0,05$  al comparar los promedios de los TR Control y Celular manos libres (Tabla 3), ello con un 95% de grado de confianza.

Para un intervalo de confianza del 95%, los *TR simples* y *discriminativos* en las instancias de *Conversación* y *Celular manos libres* no presentan diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) (Tabla 4, Figura 1 y Figura 2).

**Figura 1.** TRs y sus diferencias entre Control, Conversación y Celular manos libres.



**Figura 2.-** TRd en Control, Conversación y Celular manos libres





**Tabla 4.-** Diferencia de TR (ms) y grado de significancia entre Conversación y Celular manos libres.

TR (ms)	Conversación	Cel. Manos libre	[95% conf. intervalo]		p
TRs	340,5 ± 49,50	341,38 ± 55,65	-38,90	37,15	0,481
TRd	435,25 ± 64,15	441,38 ± 76,72	-57,18	44,94	0,404

## Discusión.

Desde la masificación del uso del teléfono celular en la década del noventa, diversos estudios han venido a demostrar el efecto deletéreo que éste medio de comunicación representa al momento de ser usado durante la conducción (Redelmeier & Tibshirani, 1997), (Wilson, et al., 2003), (e.g., Hancock, Lesch & Simmons, 2002; McKnight & McKnight, 1993; Strayer & Johnston, 2001).

El Departamento de Transportes de la UK señalaba en el 2003 que el celular con modalidad manos libre también distrae, declarándolo como otro factor de riesgo para la conducción.- Fix (2001) señala que el uso del celular no es más demandado que otros elementos que son “conducción-dependiente”, tal como comer, beber, hablar con un pasajero o escuchar la radio. Sin embargo los estudios de Consiglio, et al. (2003), encontraron que la conversación con pasajeros y la realizada por celular incrementan el

tiempo de reacción frente a la frenada incluso más que escuchar música o sintonizar la radio. El esfuerzo asociado a la conversación telefónica durante la conducción es señalado por estudios que reportan un aumento en el puntaje subjetivo de carga de trabajo (Alm & Nilsson, 1995; Brookhuis, de Vries & de Waard, 1991), así también en las medidas fisiológicas tales como frecuencia cardíaca. Varios estudios recientes demuestran que las interacciones manuales como coger el teléfono y marcar un número no son los únicos factores de distracción, sino que también el contenido verbal de la conversación puede “per sé” ser una interrupción . Strayer and Johnston (2001) encontraron que algunas señales del tráfico no fueron respetadas cuando los participantes conducían con celular ya sea en modalidad convencional o manos libres. Estos autores señalan que el contenido de la conversación es uno de los factores más importante al momento de estudiar los distractores en la conducción, estimando además una

importante interrupción durante la tarea de generar la palabra. Los resultados del estudio son coincidentes en que los TR se alteran (se enlentecen significativamente) independiente de si la respuesta obedece a un estímulo único (TRs) o si debe discriminar frente a varios estímulos (TRd). La distracción cognitiva se puede producir ante pensamientos u otras actividades que puedan absorber al conductor interfiriendo en su tarea de circular con un vehículo, es el caso de una conversación con el acompañante fundamentalmente cuando ésta se vuelve compleja. Nuestros resultados coinciden con los hallazgos de autores como Jenness et al., 2002 y RoSPA, 1997, los que han señalado que el uso de la telefonía móvil parece ser un distractor más potente que mantener una conversación inteligente con un pasajero. La evidencia disponible señala a la conversación con el pasajero y el uso de telefonía celular (independiente de su modalidad) conformar los distractores más frecuentes (Young, K., et al, 2003, RACC, 2006). Nuestra investigación entrega resultados con un intervalo de confianza del 95 % que avalan el deterioro de los TR al momento de conversar con un acompañante o usar la telefonía móvil, modalidad manos libres. Sin embargo,

no se considera el factor “aprendizaje” al que pudieron verse sometidos los sujetos participantes, tampoco señala la diferencias entre géneros, el factor “tiempo de duración de las pruebas” que pudiera generar fatiga cognitiva (25 minutos en total), años de conducción, respuesta motriz a estímulos visuales periféricos, factores que podrían ser considerados en un nuevo estudio, ello con el fin de tomar conciencia y percibir el riesgo real de las distracciones, mantener un estado de alerta que ayude a no bajar la guardia y a través del cual no solo se puedan evitar y corregir las distracciones propias, sino también evitar las posibles consecuencias de las de los demás conductores que nos rodean.

### **Conclusiones.**

La investigación realizada viene a sumarse al aporte de evidencia científica en cuanto a definir los factores de riesgo de las personas que conducen y reforzar la prevención de accidentes debido a elementos distractores. Dentro de estos factores que derivan desde el interior del vehículo y que impactan en la seguridad vial, se encuentra un medio tecnológico de comunicación masivo, es el uso de la telefonía celular, en particular la del

modo manos libres, y que junto a otro factor no tecnológico, la conversación con el pasajero, la que con sus características de duración, tipo de conversación, gesticulación de la palabra, resultan en acciones que a la luz de los antecedentes discutidos en esta investigación, llegan a alterar funciones cognitivas al momento de la conducción, así también retardan reacciones motrices frente a estímulos simples o que requieren de elección de respuestas. Se hace necesario entonces, continuar investigando los factores de riesgo en la conducción, señalar las interfaces que pudieran estar interviniendo en dicha distracción (físicas, visuales, psicológicas), cruzar datos con información epidemiológica a nivel local referente a eventos de accidentabilidad en el tráfico como consecuencia de estos u otros factores distractores.

### **Bibliografía.**

Alm, H., Nilsson, L. (1995). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. *Accident Analysis and Prevention*, 27(5): 707-715.

Brookhuis, K.A., De Vries, G. and De Waard, D. (1991). The effects of mobile telephoning on driving performance. *Accident Analysis and Prevention*, 23: 309-316.

Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M. y Berg, W.P. (2003). Effect of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in a braking

response. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 495-500.

Cooper, J. M., Strayer, D. L. (2008). Effects of simulator practice and real-world experience on cell-phone-related driver distraction.. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 50: 893-902

Hancock, P.A., Lesch, M. y Simmons, L. (2003). The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 501-514.

Horrey, W. J., Wickens, C. D. (2006). Examining the Impact of Cell Phone Conversations on Driving Using Meta-Analytic Techniques. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 48: 196-205

Jenness, J. W., Lattanzio, R. J., O'Toole, M., & Taylor, N. (2002). Voice-activated dialling or eating a cheeseburger: Which is more distracting during simulated driving? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 46th Annual Meeting*, Pittsburgh, PA.

Klauer, S.G., Dingus, T.A., Neale, V.L., Sudweeks, J.D. y Ramsey, D.J. (2006). *The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: an analysis using the 100-car naturalistic driving study data*. Washington: National Highway Traffic Safety Administration.

Matthews, R., Legg, S., y Charlton, S. (2003). The effect of cell phone type on drivers subjective workload during concurrent driving and conversing. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 451-457.

RACC (2006). *Las distracciones en la conducción*. Barcelona.

Redelmeier, D.A. y Tibshirani, R.J. (1997) Association between cellular telephone calls and motor vehicle collisions. *The New England Journal of Medicine*, 336(7), 453-458.

RoSPA. (1997). *Mobile phones and driving: A literature review*. The Royal Society for the Prevention of Accidents, United Kingdom.

Stutts, J., Feaganes, J., Reinfurt, D., Rodgam, E., Hamlett, C., Gish, K. y Staplin, L. (2005). Driver's exposure to distractions

in their natural environment. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 1093-1101.

Strayer, D. L., Drews, F. A., Crouch, D. J. (2006). A Comparison of the Cell Phone Driver and the Drunk Driver. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 48: 381-391

Strayer, D.L. & Johnston, W.A. (2001). Dual task studies of simulated driving and conversing on a cellular telephone. *Psychological Science*, 12(6): 462-466.

Stutts, J.C., Feaganes, J., Rodgman, E., Hamlett, C., Meadows, T., Reinfurt, D., Gish, K., Mercadante, M. y Staplin, L. (2003). *Distractions in everyday driving*. Washington: AAA Foundation for Traffic Safety.

Wilson, J., Fang, M. Wiggins, S., & Cooper, P. (2003). Collision violation involvement of drivers who use cellular telephones. *Traffic Injury Prevention*, 4: 45-52.

Williams, A. F. (2001). *Teenage passengers in motor vehicle crashes: A summary of current research*. Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, VA.

Wogalter, M. S., Mayhorn, C. B. (2005). Perceptions of Driver Distraction by Cellular Phone Users and Nonusers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 47: 455-467

Young, K., Regan, M. y Hammer, M. (2003). *Driver distraction: a review of the literature*. Australia: Monash University, Accident Research Centre.

# **Comparación del Tiempo de Reacción Simple y Discriminativo entre estudiantes deportistas y sedentarios de la Universidad de Valparaíso.**

Andrés Orellana Uribe\*, Francisco Fleming Nieto\*\*

\*Kinesiólogo, docente adjunto Carrera de Kinesiología Facultad de Medicina  
Universidad de Valparaíso-Chile.

\*\* Kinesiólogo, docente ayudante Carrera de Kinesiología, Facultad de Medicina,  
Universidad de Valparaíso-Chile.

---

## **Resumen.**

**Objetivos:** Establecer las diferencias de los Tiempos de Reacción Simple (TRs) y Tiempos de Reacción Múltiple (TRm) entre estudiantes universitarios deportistas y sedentarios. **Material y Método:** 46 sujetos, de ambos sexos, ( $X = 22,4$  años; DS 3,04 años) participan en dos grupos, el grupo uno concentra deportistas seleccionados de alguna rama competitiva de la Universidad de Valparaíso y grupo dos con estudiantes catalogados como sedentarios. Todos los sujetos son sometidos a evaluación de sus TRs y TRm a través del *Evaluador Psicométrico ATS Petrinovic EPP-01*, y sus registros son analizados con programa estadístico SPSS versión 17.0. **Resultados:** Los promedios de los TRs y TRm en el grupo estudio de deportistas son menores con respecto al grupo estudio sedentarios ( $p < 0,05$ ). **Conclusiones:** Se establece que los estudiantes deportistas de la Universidad de Valparaíso poseen habilidades motrices que requieren menos tiempo, en milisegundos (ms), en la ejecución motriz frente a un estímulo sensorial.

**Palabras claves:** Tiempo de Reacción simple y múltiple, Deportista, Sedentario.

---

## **Introducción.-**

El Tiempo de Reacción (TR) ha sido una de las variables más estudiadas en la historia de la neuropsicología, debido fundamentalmente a su utilidad como evaluadora de los procesos mentales. Es a través de la cronometría mental como se efectúa el estudio del tiempo empleado en las transformaciones por las que la información pasa, desde su captación hasta la ejecución de la respuesta, transformaciones ocurridas a nivel del Sistema Nervioso Central (Posner, 1978). Se distinguen dos tipos de TR: por un lado, los tiempos de reacción simples (TRs) que son aquellos que se miden cuando el acto perceptual es elemental (tareas de detección, por ejemplo) y, por otro lado, existen los tiempos de reacción múltiple (TRm) en donde el acto perceptual se encuentra más diferenciado y, por tanto, se requiere una decisión por parte del sujeto (tareas de discriminación, por ejemplo). Estos últimos responden a situaciones donde el sujeto debe elegir entre varias respuestas posibles ante un estímulo determinado y, debido a esto, recibe también el nombre de tiempo de reacción a la elección (*choice reaction time*). Así entonces, los TRm suelen ser más elevados que los TRs para una misma modalidad sensorial. El TR

observado no proviene directamente de una sensación sino que representa la suma de sucesivas etapas en el recorrido neuronal que van desde el receptor hasta la respuesta motora. En los TRm, podemos distinguir cuatro etapas relacionadas que en conjunto determinan el TR final de cada respuesta, las que se presentan como fuentes potenciales de variabilidad del TR: la sensorial, la perceptual (discriminación), la decisional y la motriz (respuesta).

En el deporte la variable TR se ha estudiado intentando encontrar diferencias entre los sujetos, definiéndose como una cualidad del individuo. En una situación de interacción deportiva, el tiempo entre estímulo-respuesta será mayor o menor en función de diversas circunstancias. En ciertas ocasiones, para obtener el éxito en una determinada acción deportiva, es fundamental poseer una gran velocidad tanto en la ejecución de los gestos deportivos como en las reacciones a un determinado conjunto de estímulos. En cuanto a la edad, parece existir un consenso entre diversos autores, verificándose una disminución del TRs desde la infancia hasta cerca de los 20 años, presentando después un aumento lento, pero constante, hasta aproximadamente los 50/60 años, y acentuándose a partir de

esa edad (Jensen, 1985). Igualmente, Boura *et al.*(1981), Lupinacci *et al.* (1993) y Tavares (1993) constataron en sus estudios efectos idénticos de la neurofisiología deportiva. Ya En 1937, Beise y Peaseley publican su artículo en el que encuentran mejores TR en deportistas que en sedentarios. Sigerseth y York (1954) hallaron un menor TR en jugadores de baloncesto respecto a no deportistas. Slater-Hammel (1955) comparando deportistas universitarios, encontró que estudiantes de Educación Física eran más rápidos tanto en TR visual como TR al movimiento que los de Artes y de Música. Youngen (1959) encontró diferencias significativas en los TR entre mujeres deportistas y no deportistas. Ando y col. (2001) compararon a 6 futbolistas con 6 no deportistas, con una prueba de (TRs), en la que había estímulos centrales o periféricos y una única respuesta. Registrando la electromiografía comprobaron que los futbolistas eran más rápidos en el tiempo premotor. Por su parte, Yandell y Spirduso (1981) pudieron comprobar que las diferencias entre deportistas y sedentarios encontradas el primer día de medición desaparecían cuando se volvía a repetir la medida añadiendo incentivos: efecto del aprendizaje y la motivación. El TRs generalmente es

edad en los TR (Boura, M et al. 1981) . El TR de deportistas frente a no deportistas es posiblemente uno de los tópicos más estudiados en menor cuando la tarea se realiza simultáneamente con un ejercicio submáximo agudo. Las diversas investigaciones apuntan a una evidencia en que el ejercicio físico mejora el TRs (Karen Davranche et al, 2006). El análisis del EMG sugiere que la descarga de la unidad motora estaría mejor sincronizada durante el ejercicio, de tal modo que se amplían las posibilidades de mejores resultados para opciones de TRs (Karen Davranche et al, 2006). Así, el ejercicio altera procesos sensoriales y del sistema nervioso motor periférico ejecutados durante el TRs. En base a los antecedentes y evidencias acerca de los factores que modifican el TR, el objetivo del presente trabajo busca establecer los TRs y TRm de sujetos deportistas que al momento del estudio forman parte de la selección de alguna rama deportiva de la Universidad de Valparaíso (UV), para compararlos con los TRs y TRm de estudiantes universitarios sedentarios, verificando el efecto de la práctica deportiva como factor determinante en la reducción del TR.-

## Material y Método

Cuarenta y seis sujetos (21 mujeres y 25 hombres) con un rango de edad de 18 a 35 años ( $X= 22,4\pm 3,03$  años) (tabla 1) fueron sometidos a una evaluación de TRs y TRm. Todos los sujetos eran sanos, estudiantes universitarios los cuales fueron definidos en dos grupos, el primero conformado por aquellos sujetos que no realizaban actividad física en forma regular, a lo menos tres veces a la semana, durante 30 minutos, considerados “*Sedentarios*”, configurado de 10 hombres ( $X= 22\pm 2,66$  años), y 13 mujeres ( $X= 23\pm 4,53$  años) mientras que el segundo grupo estuvo constituido por estudiantes universitarios que forman parte de la selección de alguna de las ramas deportivas que prioriza la UV, por tanto considerados “*Deportistas*”, 15 de ellos hombres (promedio  $22\pm 2,32$  años) y 8 mujeres (promedio de edad  $22\pm 1,45$  años).

Todos los estudiantes fueron reclutados voluntariamente, se les consignó sus datos personales y se verificó su participación o no a una de las selecciones de deporte de la Universidad.

En ambos grupos se midieron los TRs y TRm utilizando el *Evaluador Psicométrico ATS Petrinovic EPP-01*, el cual contiene un software que permite la valoración de dichos parámetros, entregando una información detallada en cuanto a los milisegundos (ms) alcanzados en cada una de las pruebas. La investigación se llevó a cabo en dependencias de la Carrera de Kinesiología de la UV y la Unidad de Medicina del deporte del polideportivo de la misma Universidad. Los sujetos deportistas fueron invitados a participar previo al inicio de su rutina de entrenamiento, mientras que los sedentarios fueron estudiantes de la Facultad de Medicina de la UV.

La información obtenida de cada sujeto, se consolidó en hojas de registros impresas en el momento de finalizar las pruebas. Su análisis estadístico se realizó con el software Statistical Package Social Sciences SPSS (versión 17.0), estableciendo el nivel de significancia en  $p < 0,05$  para todas las comparaciones. Los sujetos previamente recibían la información de las pruebas, indicaciones para dar una respuesta motora lo más rápida posible, además el software contiene una prueba de “ensayo” tanto para el



**Tabla 1.-** Características generales sujetos deportistas y sujetos sedentarios

<i>Género</i>	<i>Deportistas</i>	<i>X Edad ±DE</i>	<i>Sedentarios</i>	<i>X Edad ±DE</i>
<i>Masculino</i>	15	22± 2,32	10	22± 2,6
<i>Femenino</i>	8	22 22 ± 1,45	13	23 23± 4,53

TRs como para el TRm con el fin de que el sujeto en estudio logre comprender correctamente las indicaciones previa ejecución de las pruebas.

Durante las ejecución, los estímulos luminosos y auditivos buscaban una respuesta motriz lo más rápida posible, la que se registraba en términos de milisegundos (ms).-

### Resultados

Al comparar los valores obtenidos en los TRs y TRm de grupo de estudiantes sedentarios y deportistas, se observa que para esta muestra los TR son en general más altos en los sujetos sedentarios que en los deportistas (Tabla 2), con diferencia estadísticamente significativa tanto para TRs ( $p= 0,0002$ ) ( Fig. 1) como para TRm ( $p= 0,03$ ) (Fig 2).

El análisis de los datos en el género masculino mostró un comportamiento en los TRs de los sedentarios bastante más retardado que el de los deportistas ( $p = 0,000001$ ) (Fig. 3), por su parte los TRm también obtuvieron una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0,02$ ). Los resultados de los TR en el género femenino indican un  $p = 0,001128$  para TRs entre ambos grupos (Fig. 4), y un  $p > 0,05$  al comparar los TRm.

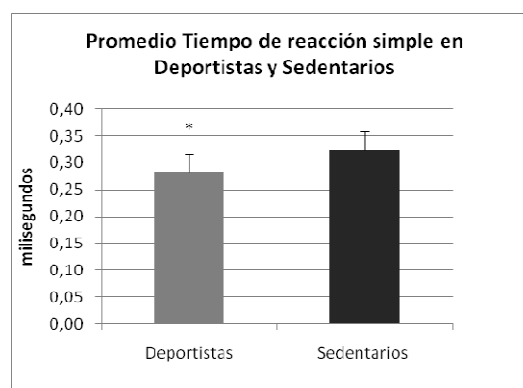


Fig.1 Tiempo de reacción simple en deportistas y sedentarios. \* valor  $p < 0,05$

**Tabla 2.- Promedios TRs y TRm en Deportistas y Sedentarios**

Género	$\bar{X}$ TRs deportista (ms) $\pm$ DE	$\bar{X}$ TRs sedentario (ms) $\pm$ DE	P	$\bar{X}$ TRm deportista (ms) $\pm$ DE	$\bar{X}$ TRm sedentario (ms) $\pm$ DE	P
Masculino	0,28 $\pm$ 0,04	0,31 $\pm$ 0,02	< 0,05	0,38 $\pm$ 0,08	0,44 $\pm$ 0,06	0,02
Femenino	0,29 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,04	< 0,05	0,41 $\pm$ 0,07	0,43 $\pm$ 0,07	0,24

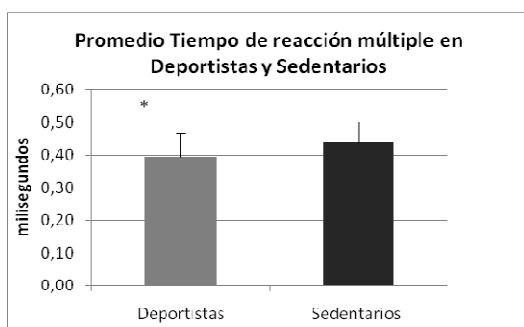


Fig.2 Tiempo de reacción múltiple en deportistas y sedentarios. \* valor  $p < 0,05$

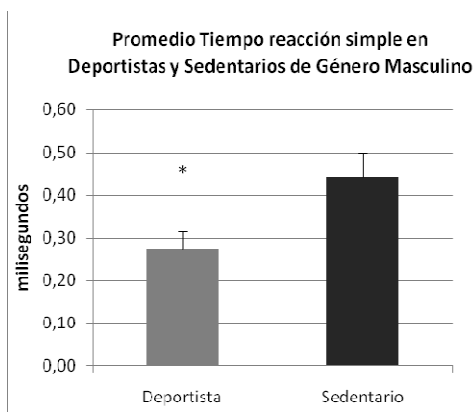


Fig.3 Promedio tiempo de reacción simple en deportistas y sedentarios de género masculino. \* Valor  $p < 0,05$

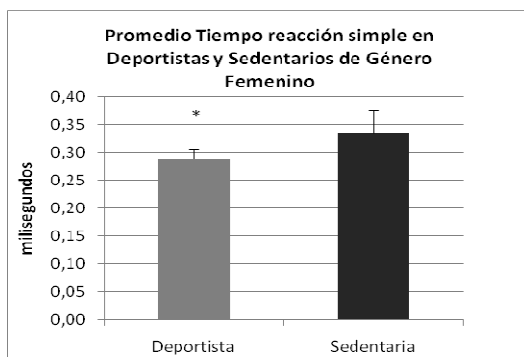


Fig.4 Promedio tiempo de reacción simple en deportistas y sedentarios de género femenino. \* valor  $p < 0,05$

Los TRs entre ambos géneros en el grupo de los deportistas mostró que no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0,18$ ), observándose el mismo resultado para los TRm ( $p = 0,20$ ) (Fig.5).- Al comparar los TRm en sujetos sedentarios en función del género, no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p = 0,37$ ) (Fig. 6), por el contrario, el TRs en el mismo grupo y considerando también el género, arrojó un  $p = 0,04$  (Fig.7).

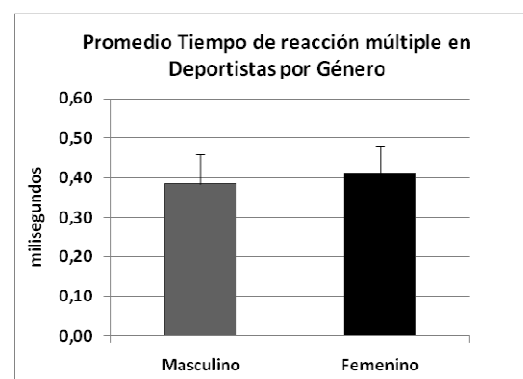


Fig.5 Promedio tiempo de reacción múltiple en deportistas por género.

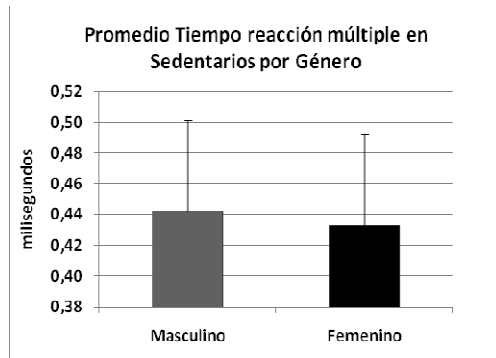


Fig.6 Promedio tiempo de reacción múltiple en sedentarios por género.

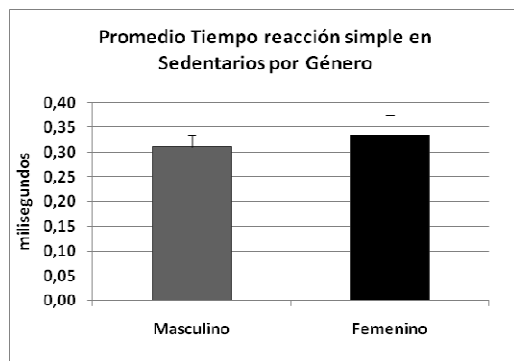


Fig. 7 Promedio tiempo de reacción simple en sedentarios por género.

## Discusión

El estudio encontró evidencia significativa en el TR entre grupos de estudiantes universitarios que practican una disciplina deportiva y aquellos que no lo hacen, siendo calificados como sedentarios. La influencia del entrenamiento sobre los TR ha sido estudiada en poblaciones “normales” e incluso en aquellas con algún déficit sensorial (visual), y parece ser clara la influencia de realizar alguna actividad física en forma regular para acortar el tiempo que separa la presentación del estímulo con la respuesta motora (Whiting,

1979; Alves, 1990; Tavares, 1993). Los trabajos de McLeod y Jenkins, 1991, Whiting (1979) y Alves (1982) son coincidentes con los resultados de éste estudio ya que señalan diferencias entre practicantes y no practicantes de actividad física, resaltando la influencia del entrenamiento deportivo en el TR, que se refleja en mejoras de centésimas o incluso décimas de segundo. Sin embargo, algunos autores como Boura *et al.*(1981), Kasai (1988) y Nougier *et al.*(1990) que, habiendo verificado algunas diferencias en el TR relativas a la práctica deportiva, señalan que la disminución del TR, por sí misma, es un parámetro insuficiente para hacer de ella un efecto de la práctica deportiva. Así también los estudios de Yandell y Spirduso (1981) atribuyen las diferencias encontradas entre los TR de deportistas y no deportistas a una mayor motivación de la prueba por parte de los primeros. Estudios realizados por Karen Davranche *et al*, 2005, sugieren que el ejercicio afecta tanto procesos sensoriales como procesos motrices ulteriores. Sus resultados demuestran que el efecto del ejercicio físico sería mayor mientras la condición del estímulo sensorial se hace más intenso, mientras que los TR tienen mejores marcas cuando se alcanzan intensidades de ejercicios

sub-máximos (50% de la potencia máxima aeróbica). En la presente investigación si bien se destacan las diferencias de TR entre los grupos en estudio, los resultados estimulan la realización de una investigación que analice las eventuales divergencias de TRs y TRm entre sujetos de distintas disciplinas deportivas, considerando factores de fatiga, horas de entrenamiento, tipo de deporte, condición física, antropometría, intensidad de estímulos sensoriales, así como también estudiar con mayor detalle la reactividad que presentan los deportistas ante situaciones de estrés, y la posible influencia en sus TR y rendimiento.

## Conclusiones

Los resultados de este estudio nos han permitido constatar que existe una significativa diferencia entre los TR simples y múltiples de los estudiantes deportistas y sedentarios, siendo claramente más retardadas las reacciones y respuestas motrices de aquellas personas calificadas de sedentarias. Frente a este hecho, la práctica deportiva en forma regular constituye una estrategia de aprendizaje neuromotriz que permite mejorar parámetros de concentración y cognitivos en general, lo que lleva a

conformar nuevas experiencias y habilidades perceptivo motrices.

## Bibliografía.

Alves, J. A. (1982). A Reaciometria e as suas possibilidades. *Ludens*, 3(6), 34-38.

A.Verner (Ed.), *Sports for the Disabled*. Vitgeverij de Vrieseborch: Arnhem, 78-81.  
Welford, A.T. (1980). *Reaction Time*. Londres: Academic Press Inc.

Alves, J. A. (1990). *Inteligência e velocidade de processamento da informação: Contributo para a identificação das fases de processamento da informação mais influenciadas pela inteligência*. Tese de Doutoramento, não publicada. Universidade Técnica de Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.

Birren, J.E. y Fisher, L.M. (1995). Aging and Speed of Behaviour. *Annual Review of Psychology*, 46, 329-353.

Boura, M. ; André, P. y Bodelet, J. (1981). Tests d'Aptitude Physique et Psycho-Moteurs Appliqués au Karaté. *Médecine du Sport*, 55 (4), 14.238-21.245.)

Brebner, J. y Cooper, C. (1986). Personality Factors and Inspection Time. *Personality and Individual Differences*, 7 (5), 709-714.

De Potter, J. (1981). *Sport pour les Handicapés – Contribution à l'année Internationale des Handicapés*. Comité pour le Développement du Sport. Strasbourg: Conseil de l'Europe.

Effects of Laterality, Sex and Age on Computerized Sensory-Motor Tests. *Journal of Human Movement Studies*, 12 (3), 153-161

Galilea, B. y Roca, J. (1983). Tiempo de Reacción y Deport: Una Aproximacion Empírica. INEF- Catalunya: *Apunts*, XX.

Guttman, L. (1976). *Textbook of Sport for the Disabled*. Aylesbury: HM M Publishers.

Jensen, A R. (1985). Methodological and Statistical Techniques for the Chronometric Study of Mental Abilities. En C.R. Reynolds and V.L.Wilson (Eds.),

J. A. (1985). *Relação entre o Tempo de Reação Simples, de Escolha e de decisão e o Tipo de Desporto Praticado (Individual e Colectivo)*. Monografia apresentada a provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, no publicada. Universidade Técnica de Lisboa: Faculdade de Motricidade Humana.

Karen Davranche a,b,, Bor'is Burle b, Michel Audiffren a, Thierry Hasbroucq. Physical exercise facilitates motor processes in simple reaction time performance: An electromyographic analysis. *Neuroscience Letters* 396 (2006) 54–56

Kasai, T. (1988). Is the Reduction of Reaction Time an Adequate Estimate of the Effect of Practice? *Perceptual and Motor Skills*, 66, 51-56.

K. Davranche, M. Audiffren, Facilitating effects of exercise on information processing, *J. Sports Sci.* 22 (2004) 419–428.)

K. Davranche, B. Burle, M. Audiffren, T. Hasbroucq, Information processing during physical exercise: a chronometric and electromyographic study, *Exp. Brain Res.* 165 (2005) 532–540. )

Lupinacci, L.; Rikli, R.; Jones, C. y Ross, D.(1993). Age and Physical Effects on Reaction Time and Digit Symbol Substitution Performance in Cognitively Active Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64 (2), 144-150.

McLeod, P. y Jenkins, S. (1991). Timing Accuracy and Decision Time in High-Speed Ball Games. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 279-295.

Meyer, D.; Kornblum, S.; Smith, J.K.; Abrams, R. y Wright, C. (1988). Optimal in Human Motor Performance: Ideal Control of Rapid Aimed Movements. *Psychological Review*, 95 (3), 340-370.

Moura e Castro, J. A. (1994). *Estudo da Influência da Capacidade de Resistência Aeróbica na Orientação e Mobilidade do Cego*. Lisboa: Livros da Secretaria

Nacional de Reabilitação (S.N.R.) nº 3, Lisboa.

Orientation de L'attention et Encodage Sensoriel chez des Athletes de Haut Niveau. En *Actas do VII Congresso Internacional de Psicologia Desportiva*, Montpellier, 111-121.

Posner, M. (1978). *Chronometric Explorations of Mind*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Richalet, J.P.; Duizabo, D.; Le Faou, T.; Le Faou, M. y Seroussi, S. (1981). Mesure du Temps de Réaction Complexe d'un Pilote Automobile à L'occasion d'une Épreuve d'endurance de Niveau International. *Médecine du Sport*, 55 (4), 35.259-39.263.

Schmidt, R. (1988). *Motor Control and Learning - A Behavioral Emphasis*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Books.

Tavares, F. (1993). *A Capacidade de decisão tática no jogo de Basquetebol*. Tese de Doutoramento, não publicada. Universidade do Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física.)

Tese de Doutoramento, não publicada. Universidade do Porto: Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física. Tonjum, P. (1986). *Sports for the Blind*.

Whiting, J. (1979). Action Is Not Reaction! A Reply to McLeod and Jenkins. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 296-303.

Winnick, J.P. (1990). *Adapted Physical Education and Sport*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Books.

## CONCLUSIONES

---

I.- El uso de la telefonía celular modalidad convencional como modalidad manos libres, retarda los TRs y TRd.-

II.- La conversación presencial con un sujeto que realiza una prueba sicosensométrica, retarda sus TRs y TRd en forma significativa con respecto a su control.

III.- No existe diferencia estadísticamente significativa entre los valores de TRs y TRd de conductores que utilizaron telefonía celular convencional y los que utilizaron el celular manos libres.

IV.- Los tiempos medios de TRs y TRd de sujetos que usaron telefonía celular convencional fueron mayores ( $p < 0,05$ ) con respecto de aquellos que bebieron alcohol en concentraciones conocidas y al límite de lo permitido legalmente.

V.- Los TRs y TRd de sujetos que usaron telefonía celular modalidad manos libres presentan tiempos medios mayores ( $p = 0,0003$ ) que aquellos que bebieron alcohol en concentraciones conocidas y al límite de lo permitido legalmente.

VI.- Tanto los TRs como TRd no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al comparar la conversación presencial con el uso del celular modalidad manos libres, por tanto ambas situaciones son claramente distractores.

VII.- Se comprueba que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los TRs y TRd de una conversación presencial con el control de sujetos sometidos a pruebas de reactividad sensoriomotriz.

VIII.- Se concluye que los TRs y TRd medios de los deportistas de la Universidad de Valparaíso son menores que los del grupo de estudiante sedentarios, ( $p < 0,05$ )-

IX.- Los TRs entre deportistas y sedentarios en ambos géneros son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), siendo menores los TR medios de los deportistas. Con respecto a los TRd sólo se logra comprobar que el género masculino presenta mejores tiempos de reacción en el grupo deportista ( $p=0,02$ ), no existiendo esa diferencia entre el grupo de las mujeres.

