

**Trabajo de Fin de Máster.**

**ESTANDARIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN**

**DE LA PRUEBA DEL RAS/PPI.**

**Ensayo preliminar básico-clínico.**



**Directoras:**

**Dra. Dña. M<sup>a</sup> Dolores E. López García**

**Dra. Dña. Consuelo Sancho Sánchez**

Sebastián Hormigo Muñoz  
Lab. 12: Trastornos Audio-Motores  
INCYL, Salamanca, 2009

**Este trabajo ha sido financiado por los proyectos del MEC (#115701, #BFU2007-65210/BFI) y por la Junta de Castilla y León (GR221)**

## Es de bien nacido...

Me gustaría empezar estas líneas de agradecimiento en primer lugar poniendo de manifiesto la enorme generosidad y paciencia de la Dra. M<sup>a</sup> Dolores E. López, Lita para todo el mundo, ya que ella ha sido la artífice de todo el trabajo que hay detrás de este proyecto, y sin ninguna duda, el Laboratorio 12 del Incyl se vendría abajo si no fuera por ella, por su constancia, por su *savoir-faire*, por su enorme dedicación y compromiso con el trabajo y sobre todo por su juventud mental (y física también) y adaptación a todo tipo de circunstancias; aún recuerdo muy bien aquella fría mañana de principios del mes de Diciembre de 2008, cuando me presenté en su despacho pidiéndole una oportunidad, y sin dudarla ella depositó en mí toda su confianza, sin apenas conocerme, así que espero no haberla decepcionado hasta el momento, y también espero no hacerlo en el futuro, que deseo que sea largo y productivo, la ilusión la mantengo igual desde el primer día.

Tampoco me puedo olvidar de la Dra Consuelo Sancho, de su continuo ajetreo diario, de ahora aquí y luego allá; sé muy bien que ha intentado guiarme por el buen camino, que el “*Consortio*” es quién manda en la investigación clínica del RAS/PPI por mucho que yo me empeñara en que podemos hacerlo mejor, en su esfuerzo en poner a punto la ventana de adquisición de datos (a pesar de no ser una físico-teórico), en sus constantes ánimos para que no me agobiara, y en millones de pequeñas cosas que guardaré siempre en mi corazón.

En general, me gustaría agradecer también a todo el Laboratorio de Neurobiología de la Audición por la magnífica acogida que he tenido entre ellos, desde el primer día me he sentido como en casa. Al Dr. Merchán y al Laboratorio 04, al Dr. Saldaña y al Laboratorio 06, al Dr. López-Poveda y al Laboratorio 02, al Dr. Malmierca y al Laboratorio 01, y a todo el Instituto de Neurociencias de Castilla y León en general.

También me gustaría tener unas palabras de cortesía para Peter Johannsen, del Laboratorio 02, por ayudarme con la calibración del nuevo aparato que compramos para hacer las mediciones en humanos; y al Dr. Juan Carro, de la Facultad de Psicología, por su “*magia*” con los números y ayudarme a hacer la estadística de este trabajo.

Una mención muy especial es para Carlos Moreno, Dr. especialista en Medicina Deportiva y Profesor en Fisioterapia, porque es de él de quién ha salido la mayor parte de investigación clínica de este proyecto. Me ha enseñado tanto en la teoría como en la práctica todo lo que debía saber para la realización del trabajo y todo el empeño que ha puesto en mi trabajo, no se puede pagar con dinero. Tampoco me puedo olvidar de Antonio Cardoso, Profesor de la E.U. de Enfermería y Fisioterapia y miembro del INCYL, porque me ha ayudado inmensamente en la recogida de los datos de la parte clínica, ha estado guiándome en todo momento, y es una fuente inagotable de sabiduría histológica. A la Facultad de Medicina y la E.U. de Enfermería y Fisioterapia en general, por la buena hospitalidad que he recibido trabajando entre ellos.

Quiero corresponder la amabilidad de mis compañeros de Laboratorio por el cariño recibido, a Med, a Ana, a Melissa, a Inés, a Antonio, a Richard, y como no, al Dr. Orlando Castellano, pues en él he descubierto a una bellísima persona sin ningún reparo en ayudar a los demás. A todos y cada uno de los Profesores del Máster por intentar habernos transmitido todo lo que saben y a mis compañeros de fatiga del Máster de Neurociencias 2008/09.

Por último y no menos importante, quiero expresar mi más sincera gratitud a toda mi familia por el apoyo recibido, principalmente a mis padres, Antonio y Loli; a José y Pili; a mis hermanos, Jose y Raúl; a José Martín y Nuria; y sobre todo a mi chica, Victoria, la persona con más paciencia y aguante del mundo. A todos, GRACIAS.

# Índice.

|                                                                          |                |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|
| <b>Introducción.....</b>                                                 | <b>pág. 5</b>  |
| -Valoración del RAS.....                                                 | pág. 5         |
| -Modificaciones.....                                                     | pág. 5         |
| -Utilización Clínica del RAS y la PPI como Pruebas Diagnósticas.....     | pág. 6         |
| -Planteamiento Experimental.....                                         | pág. 8         |
| <b>Objetivos.....</b>                                                    | <b>pág. 9</b>  |
| <b>Material y Método.....</b>                                            | <b>pág. 10</b> |
| -Investigación Básica.....                                               | pág. 10        |
| Animales.....                                                            | pág. 10        |
| Aparato.....                                                             | pág. 10        |
| Procedimiento.....                                                       | pág. 10        |
| -Investigación clínica.....                                              | pág. 11        |
| Anamnesis.....                                                           | pág. 11        |
| Calibración del aparato y elaboración de ensayos(.....)                  | pág. 11        |
| Definición de la ventana de respuesta.....                               | pág. 13        |
| Selección de los sujetos para el ensayo clínico.....                     | pág. 13        |
| Realización de las diferentes pruebas.....                               | pág. 14        |
| Prueba del RAS/PPI.....                                                  | pág. 14        |
| Medición Antropométrica.....                                             | pág. 14        |
| Test de Bosco.....                                                       | pág. 15        |
| Test de Fuerza y de Flexibilidad.....                                    | pág. 16        |
| <b>Resultados.....</b>                                                   | <b>pág. 17</b> |
| -Investigación Básica.....                                               | pág. 17        |
| -Investigación Clínica.....                                              | pág. 18        |
| Medición del RAS.....                                                    | pág. 18        |
| Cálculo de la PPI.....                                                   | pág. 18        |
| Resultados de las variables de la Antropometría.....                     | pág. 19        |
| Resultados de las variables del test de Bosco.....                       | pág. 20        |
| Resultados de las variables del test de fuerza y el de flexibilidad..... | pág. 21        |
| Análisis de correlaciones.....                                           | pág. 21        |
| <b>Discusión.....</b>                                                    | <b>pág. 22</b> |
| -Discusión metodológica.....                                             | pág. 22        |
| -Discusión de resultados.....                                            | pág. 24        |
| <b>Conclusiones.....</b>                                                 | <b>pág. 27</b> |
| <b>Bibliografía.....</b>                                                 | <b>pág. 28</b> |
| <b>Anexo I.....</b>                                                      | <b>pág. 31</b> |
| <b>Anexo II.....</b>                                                     | <b>pág. 33</b> |
| <b>Anexo III.....</b>                                                    | <b>pág. 34</b> |
| <b>Anexo IV.....</b>                                                     | <b>pág. 36</b> |
| <b>Anexo V.....</b>                                                      | <b>pág. 37</b> |
| <b>Anexo VI.....</b>                                                     | <b>pág. 38</b> |

## **Introducción.**

Ante un estímulo sensorial intenso e inesperado, se desencadena una respuesta en el organismo, el reflejo auditivo de sobresalto (RAS) (Baudrie y cols., 1997; Landis y Hunt, 1939). En los mamíferos, esta reacción se manifiesta como una respuesta refleja de amplios grupos musculares estriados, fundamentalmente los de los segmentos proximales de las extremidades superiores, y se acompaña de una reacción del sistema nervioso autónomo (Landis y Hunt, 1939). En el hombre, igual que en los animales, esta sacudida brusca, conocida popularmente como “susto”, es un fenómeno rapidísimo, que posee una latencia de pocas decenas de milisegundos. Secundariamente al reflejo de sobresalto, puede producirse una respuesta defensiva u orientativa que depende de la asociación del estímulo sensorial con una situación determinada.

### ➤ **Valoración del RAS.**

Los parámetros empleados para caracterizar y valorar el RAS son la amplitud, la latencia y la duración de respuesta, definidos como “el recorrido de la contracción muscular”, el “tiempo que tarda en presentarse” y el “tiempo que se mantiene la misma tras la presentación del estímulo” respectivamente. Otra característica que se tiene en cuenta de esta respuesta refleja es la “probabilidad de ocurrencia”, definida por la relación entre el número de respuestas obtenidas y el número total de ensayos.

En el caso del hombre, dependiendo de los estudios, la actividad muscular ha sido recogida en distintos músculos repartidos por todo el cuerpo, observándose grandes diferencias de respuesta entre unos y otros, tanto en individuos sanos como en aquéllos que presentan algún tipo de patología, caso este último en el que la naturaleza de la misma también va a influir sobre la respuesta. Un caso particular, en lo que a la respuesta refleja se refiere, es el del músculo *orbicularis oculi*, en el cual se solapan un reflejo audiopalpebral o de parpadeo inducido por estímulos auditivos (reflejo troncoencefálico para la protección exclusivamente del ojo y que no forma parte del reflejo de sobresalto) y la respuesta en el RAS.

El análisis del registro electromiográfico de la actividad de este músculo permite diferenciarlos; en la mayoría de los registros existen dos picos de amplitud máxima tras la aplicación de un estímulo acústico, el primero de los cuales correspondería al propio reflejo de parpadeo y el segundo al componente palpebral del RAS (Meinke y cols., 2002).

### ➤ **Modificaciones.**

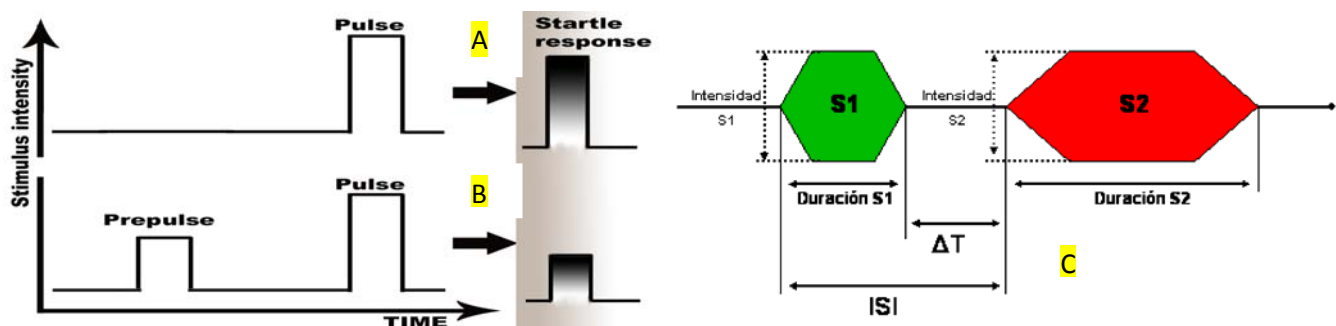
La respuesta refleja de sobresalto puede ser modificada cuantitativa o cualitativamente por diversas condiciones naturales o experimentales, lo que refleja la capacidad del organismo para ajustar su respuesta a unas determinadas circunstancias internas o externa y, por tanto, la plasticidad del sustrato de este reflejo. Factores fisiológicos tales como la edad, el sexo, la postura, los ritmos circadianos, las variaciones hormonales durante el ciclo ovárico o la contracción voluntaria de los músculos, que provoca una respuesta mayor (Aniss y cols., 1998), pueden inducir modificaciones en los parámetros del reflejo. Del mismo modo pueden verse alterados, experimentalmente, por procesos básicos de aprendizaje o intervenciones farmacológicas, así como por diferentes patologías, neurológicas o psiquiátricas. Entre las modificaciones más importantes podemos destacar:

- **Sensibilización:** asociación del estímulo sensorial inicial con un subsiguiente estímulo aversivo o “shock” (Brown, 1951), de forma que este último estimula otros sistemas sensoriomotores lo cual facilita la respuesta refleja, traduciéndose en un aumento de la amplitud.
- **Potenciación:** un estímulo no grato se asocia a un estímulo neutro, con lo que la presentación de este último asociado al estímulo desencadenante del reflejo provoca una respuesta aumentada, este “reflejo de

sobresalto potenciado” puede ser considerado como una respuesta condicionada (McAllister y McAllister, 1971).

- Por otra parte, la respuesta refleja puede verse disminuida por fenómenos de habitación (la amplitud disminuye por la repetición del estímulo), por la presentación de un estímulo previo, fenómeno denominado inhibición por estímulo previo, o por el empleo de drogas y/o fármacos.
- La oscuridad aumenta la respuesta del RAS (Grillon, 1997; Grillon 1999).

Una de las modificaciones experimentales del RAS más interesantes, y que merece una mención aparte, es la “inhibición por estímulo previo” o, en la traducción literal del correspondiente término anglosajón, “inhibición prepulso” (PPI —“pre-pulse inhibition”—), que se produce cuando el ruido que nos sobresalta va precedido (entre 30 y 500 ms) por otro estímulo sensorial (visual, sonoro o táctil) que no desencadena una repuesta refleja. En estas condiciones, el RAS es mucho menos pronunciado o puede quedar incluso abolido (Fig.1) (Hoffman e Ison, 1980; Ison y Hammond, 1971). Este curioso fenómeno debe de tener su origen en singulares interacciones neurales que aún no han sido totalmente esclarecidas.



**Figura 1. Esquemas de diferentes variables en la medición del reflejo auditivo de sobresalto.**

A: amplitud del reflejo auditivo de sobresalto; B: inhibición del reflejo auditivo de sobresalto por un estímulo previo; C. Esquema de los parámetros a tener en cuenta en una prueba de respuesta frente a pre-estímulos auditivos, donde S1 es el primer estímulo o pre-estímulo auditivo y S2 es el segundo estímulo que desencadena la respuesta neuronal a estudiar.

La PPI se produce en animales y en humanos e indica capacidad del cerebro para procesar la información (Filion y cols., 1994; Graham, 1975; Li y cols. 2009).

### ➤ Utilización Clínica del RAS y la PPI como Pruebas Diagnósticas.

#### Reacción de sobresalto e inhibición por prepulso en afecciones del Sistema Nervioso:

La división entre la respuesta del RAS normal y patológica es difícil de establecer. Personas aparentemente sanas pueden presentar un RAS muy intenso frente a estímulos inesperados aunque sean de baja intensidad, mientras que otras personas tienen una reacción mínima con estímulos de gran intensidad. En casos en los que la reacción es exagerada, puede ser de interés tener en cuenta la relativa frecuencia de reacciones motoras aparentemente provocadas por determinados estímulos, pero que derivan de acciones voluntarias. Este es el caso del RAS de origen psicogénico como Latah, Myriachit o los franceses saltadores del Maine (Wilkins, 1986; Brown, 1991). En estos casos, la reacción motora tiene características compatibles con actividad voluntaria más que con las consecuencias de la activación refleja de la formación reticular (Thompson, 1992).

En teoría, el RAS puede ser anormal por exageración o reducción del tamaño de la respuesta; un ejemplo de aumento del tamaño de la respuesta es la hipereplexia, un síndrome en el cual los pacientes no pueden evitar expresar el RAS, aunque los estímulos inductores de la respuesta se apliquen repetidamente en una forma en la que los individuos normales habitan rápidamente. Un ejemplo de respuestas anormalmente reducidas es el

parkinsonismo, en el cual se observan respuestas incompletas –enfermedad de Parkinson (EP) idiopática– o completamente ausentes –parálisis supranuclear progresiva (PSP)–. Mientras que las alteraciones por exceso de respuesta son relativamente fáciles de identificar, las alteraciones que cursan con un exceso de inhibición pueden ser más difíciles de demostrar.

Debido a la rápida habituación, la respuesta al RAS en sujetos sanos se limita, a partir del segundo estímulo, al músculo orbicular de los párpados, a no ser que se utilicen largos intervalos entre estímulos (Brown, 1991).

Swerdlow en 2007 publica el siguiente artículo: “Multi-site studies of acoustic startle and prepulse inhibition in humans: Initial experience and methodological considerations based on studies by the Consortium on the Genetics of Schizophrenia”. En él dice que el RAS y la PPI se estudian cada vez más para entender la neurobiología de los procesos de información en pacientes y también en sujetos sanos para su comparación. La PPI tiene una fuerte base genética, lo que explica su heredabilidad, estabilidad y fiabilidad en los seres humanos, por lo que cada vez más está siendo usada como un endofenotipo para identificar los genes de vulnerabilidad para detectar los trastornos cerebrales, incluyendo la esquizofrenia

#### Anormalidades de la RS y de la IPP en otras enfermedades neurológicas:

La hipereplexia o síndrome de sobresalto, es una enfermedad hereditaria caracterizada por la presencia de un reflejo de sobresalto exacerbado. También se ha descrito una exageración de la RAS en pacientes con síndrome de la persona rígida, sobre todo en los músculos axiales y de las extremidades inferiores (Matsumoto, 1992). Stell et al en 1995 describieron una disminución anormal de la habituación en dos de ocho pacientes con síndrome de Gilles de la Tourette. El daño cerebral difuso puede acompañarse de exageración o reducción del RAS. Se ha observado que lesiones localizadas en el lóbulo temporal provocan una reducción de la RAS (Liegeois-Chauvel, 1989).

La PPI se ha encontrado anormalmente reducida en pacientes psicóticos y esquizofrénicos (Braff, 1990). Dicha alteración reflejaría un déficit atencional y las dificultades en el procesamiento de la información que tienen estos pacientes; estas alteraciones comportan una dificultad en seleccionar la información relevante, lo que trae como consecuencia un continuo bombardeo indeseado de datos indiferenciados. Según Braff y Geyer, los pacientes esquizofrénicos tienen ‘una percepción sensitiva normal pero una anomalía en la direccionalidad de la atención’.

Otros grupos de pacientes con reducción anormal de la PPI son los afectados de enfermedad de Huntington (Swerdlow, 1995; Valls-Solé, 2004), algunos pacientes con blefarospasmo y en consumidores de algunos fármacos que afectan al sistema nervioso central (Kumari y cols., 2002; Swerdlow y cols., 1995).

La medición de la PPI se está empleando cada vez más como una herramienta diagnóstica fiable y en una prueba para evaluar la eficacia de fármacos o de sustancias neuroactivas (Swerdlow y cols., 1992, 1994; Li y cols. 2009).

PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL RAS Y PPI, y que hay que conocer previamente para evitar posibles sesgos, ya que los modifican intensamente.

Edad; Sexo; Hábitos nocivos: tabaco, drogas, marihuana, cafeína; Ciclo menstrual; Patología psiquiátrica; Trastornos de personalidad/: depresión, excitabilidad, estrés postraumático, ansiedad; Fármacos; Demencias; Migraña; Deporte..etc.

La idea de que existen muchos sistemas de valoración del RAS, tantos como Laboratorios existen investigando en esto, en animales y en humanos, nos sugiere que a la hora de utilizar la prueba (como método diagnóstico o para evaluar la respuesta en modelos animales) es necesario estandarizar la misma para obtener una herramienta fiable y equiparable la utilizada en otros centros.

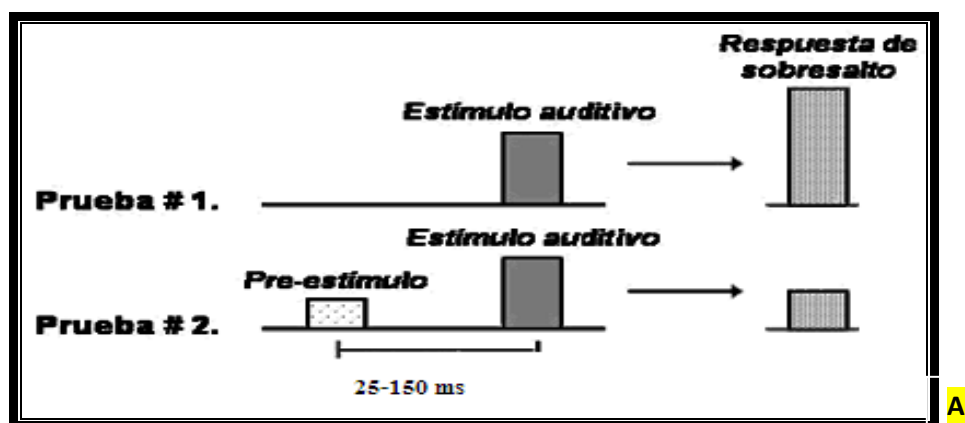
Con la optimización de la prueba, pretendemos conseguir una economización del tiempo, tanto del sujeto-paciente como del profesional que realiza la medición, con lo que esperamos ampliar el espectro de patologías susceptibles de emplear esta prueba como método diagnóstico y de seguimiento. En este trabajo pretendemos un primer acercamiento a este objetivo, tanto en animales de experimentación como en el hombre.

### ➤ Planteamiento Experimental.

Una vez puestos a punto los aparatos de medición del RAS, (tanto el empleado para clínica como el empleado para animales de experimentación), procederemos a realizar una serie de medidas para estandarizar el proceso.

Como animal de experimentación hemos elegido a la rata, mamífero roedor que necesita un funcionamiento óptimo de los reflejos acústico-motores para su supervivencia en el hábitat terrestre, principalmente nocturno, por lo que resulta óptima para el estudio del reflejo auditivo de sobresalto (Yeomans e Frankland, 1996; Koch, 1999).

Para la estandarización del RAS/PPI en el humano, hemos seleccionado un grupo de personas sanas a los que hemos aplicado un determinado paradigma desarrollado para estandarizar la prueba. Secundariamente, hemos elegido a un grupo “experimental”, formado por deportistas de la misma edad que los controles, al objeto de establecer si existe una relación entre la práctica regular de un deporte de forma continua y los valores de RAS/PPI, intentando objetivar esta relación al comparar con una batería de parámetros físicos. (Fig. 2).



A

$$\%IPP = \frac{(\text{amplitud del RAS en ensayos sin estímulo previo}) - (\text{amplitud del RAS en ensayos con estímulo previo})}{(\text{amplitud del RAS en ensayos sin estímulo previo})} \times 100$$

B

**Figura 2. Inhibición por un estímulo previo.**

A: Dibujo del procedimiento de actuación de la PPI.

B: Fórmula para el cálculo del porcentaje de inhibición ante un estímulo previo.

## **Objetivos.**

### **1º (Investigación básica) Optimizar la prueba para la medición del reflejo auditivo de sobresalto y su inhibición ante un estímulo previo en ratas de la cepa Wistar:**

- 1.1) Aprender el manejo de bases bibliográficas y de archivo de trabajos publicados.
- 1.2) Conocer la bibliografía existente sobre la aplicación de paradigmas para la medición del RAS y la PPI en modelos animales, y principalmente en ratas Wistar.
- 1.3) Conocer y aplicar los cuidados de mantenimiento de animales de laboratorio según las normativas vigentes.
- 1.4) Calibrar el aparato y elaborar los distintos ensayos (trials) y sesiones a usar para la prueba, según el software del SR-LAB.
- 1.5) Conocer y aplicar el sistema de funcionamiento de medición del aparato SR-LAB y los paradigmas empleados más frecuentemente.
- 1.6) Medir el RAS y su inhibición ante un prepulso con distintos intervalos interestímulos (ISI): a 25, 50, 100 y 150 ms, en un grupo experimental de animales de experimentación, para objetivar las condiciones óptimas de realización de la prueba en diferentes condiciones experimentales.
- 1.7) Analizar estadísticamente los resultados.

### **2º (Investigación Clínica) Comparar los valores de RAS y PPI entre un grupo de personas deportistas y otro sedentario, correlacionándolos con una serie de parámetros físicos:**

- 2.1) Conocer la bibliografía existente sobre la aplicación de protocolos para la obtención del RAS y la PPI en humanos y los factores que influyen en su medición.
- 2.2) Confeccionar una anamnesis exhaustiva que recoja todos esos factores para tenerlos en cuenta y que no falseen los datos.
- 2.3) Calibrar el aparato y definir la ventana de respuesta (o de adquisición de datos).
- 2.4) Elaborar los distintos ensayos (trials) y sesiones a usar para la prueba, según el software del SR-LAB.
- 2.5) Elegir la sesión óptima para la obtención de los datos de RAS/PPI y economización del tiempo de entre tres pruebas distintas (derivadas de la bibliografía) y aplicarla en un grupo de controles y en un grupo de deportistas. Elegir una batería de pruebas para evaluar las características físicas de controles y deportistas.
- 2.6) Comparar los resultados obtenidos en ambos grupos mediante el programa informático de base de datos EXCEL y el programa estadístico SPSS en busca de correlaciones mediante la integración de los diferentes parámetros.

## **Material y Método.**

### **Investigación básica.**

#### ➤ **Animales.**

Se utilizaron 18 ratas adultas (entre 10 y 15,5 semanas) hembras y machos de la cepa Wistar (Charles River, Barcelona, Spain), con pesos comprendidos entre los 130 y 230 g. Los experimentos fueron realizados de acuerdo con la legislación vigente (RD 1201/2005), bajo las directrices del Convenio Europeo para la Protección de Vertebrados utilizados en Experimentación y otros fines científicos (DOCE L 222; 24-08-1999). Los animales fueron estabulados según las recomendaciones de la Federación Europea de Asociaciones de Animales (FELASA), en grupos de dos, tres o cuatro miembros, durante todo el periodo de estudio, y todos tuvieron libre acceso al agua y comida (Global Diet 2014, Harlan Interfauna Iberica S.A., Mucedola s.r.l.)

#### ➤ **Aparato.**

Sistema de medición del reflejo de sobresalto (SR-LAB system, San Diego Instruments, San Diego, USA). Está formado por 5 unidades de medición del RAS unidas a una estación central, generadora de los impulsos sonoros. Cada unidad está formada por una cámara semi-aislada acústicamente, que contiene luz, un ventilador y un cilindro de plexiglás (9 cm de diámetro, 18,5 cm de longitud), en cuyo interior se coloca el animal. El cilindro está sobre una plataforma con un acelerómetro conectado por debajo, el cual detecta la respuesta de sobresalto de todo el cuerpo del animal (cantidad de movimiento total). Este cilindro se coloca dentro de una cámara de aislamiento acústico. Los estímulos acústicos fueron presentados a través de un altavoz localizado 24 cm por encima del cilindro y controlados por un ordenador usando el software SR-Lab.

#### ➤ **Calibración.**

Antes del diseño de las pruebas, procedimos a calibrar los sonidos generados por el sistema, comparándolos con un sonómetro (Digital Sound Level Meter, #. 33-2055 RadioShack, USA), colocado en el interior del cilindro de metacrilato. Una vez establecida la recta patrón, realizamos los ajustes para asignar los valores analógicos del sistema SR-LAB a valores reales de decibelios SPL.

Diseñamos diferentes pruebas de medición (trial), pulso-solo (115 dB SPL de intensidad, 20 ms de duración) y prepulso + pulso (80 dB SPL, 20 ms + 115 dB SPL, 20ms), combinando diferentes intervalos entre estímulos.

A continuación diseñamos dos tipos de sesiones: pulso-solo (115 dB SPL de intensidad, 20 ms de duración) y prepulso + pulso (80 dB SPL, 20 ms + 115 dB SPL, 20ms) con unos intervalos interestímulos (ISI) de 25, 50 y 100 ms para la sesión prepisi1 y 50, 100 y 150 ms para la sesión prepisi2, abarcando así entre las dos sesiones todo el espectro de ISI posible. Las sesiones constan cada una de 64 trials ordenados aleatoriamente en cuatro bloques de 16 estímulos.

#### ➤ **Procedimiento de evaluación del RAS/PPI.**

Tras introducir al animal en el recinto de metacrilato de cada unidad SRLAB, se le deja un periodo de aclimatación de cinco minutos en presencia de ruido blanco de fondo de 60 dB SPL y se somete a una de las sesiones definidas anteriormente (prepisi1 ó prepisi2).

El reflejo auditivo de sobresalto (RAS) es calculado por la intensidad del primer pulso-solo, y la inhibición por un estímulo previo (PPI) es un porcentaje que resulta de la siguiente fórmula:  $\%PPI = (100 \times (\text{startle magnitude after pulse only}) - (\text{startle magnitude after prepulse-pulse pair}) / \text{startle magnitude after pulse only})$ .

El intervalo inter-trial oscila entre los 20 y los 40 segundos, y cada sesión dura aproximadamente 35 minutos. Todas las ratas pasaron las dos pruebas (prepisi1 y prepisi2) con una semana de diferencia, para eliminar los efectos

de la habituación, con un horario de entre las 8:00 am y la 13:00 pm horas, en la sala de Fisiología 1 del SEA/INCYL de la Universidad de Salamanca, con un ruido de fondo en la sala menor de 50 dB SPL (en torno a los 20 dB SPL) con el que hemos medido los ruidos de fondo de todas las salas en las que hemos trabajado para verificar que el background existente no interfiere con las pruebas realizadas. La organización de las pruebas queda recogida en el Anexo II.

## Investigación clínica.

### ➤ Anamnesis.

Para identificar el máximo número de factores que puedan modificar los datos en las distintas pruebas, nos dispusimos a elaborar un cuestionario que estableciera la mayor variabilidad posible y nos evitara posibles sesgos. El resultado final fue el siguiente: Ver Anexo I.

### ➤ Calibración del aparato y elaboración de ensayos y sesiones.

Se ha adquirido un nuevo sistema para la medición del reflejo de sobresalto, sistema SR-Lab, (San Diego Instruments, CA, USA). Se calibró el aparato y se diseñaron los diferentes paradigmas de medición para proceder a la estandarización de la prueba. Para la calibración del aparato utilizamos el Sonómetro BK Mediator 2238 [B K (Brüel & Kjær) Denmark], la Cóclea Zwislocki DB-100 y el Maniquí KEMAR de Knowles Electronics, junto a con un ingeniero electrónico del Laboratorio 2 del INCYL que nos ayudó a poner a punto todo el sistema. Como tenemos dos auriculares (Sony MDR-V6 y Sennheiser HD 250-II), la calibración se hizo para cada uno de ellos porque la prueba tiene que estar perfectamente homogénea para todo el conjunto del sistema con un auricular o con otro (Fig. 3 y 4).



Fig. 3



Fig. 4

### **Figuras 3 y 4. Calibración del aparato SR-LAB para humanos.**

Fig. 3: Calibración para los auriculares Sony. Fig. 4: Calibración para los auriculares Sennheiser. Laboratorio 02 del INCYL.

El siguiente paso fue diseñar los trials para cada uno de los auriculares con el nuevo software adquirido, hicimos trials de pulsos-sólo (PA) de 85, 90, 95, 100, 105 y 110 dB SPL y trials de prepulso-pulso (PP) de 6 y 15 dB SPL por encima del ruido de fondo (70 dB SPL) con diferentes intervalos inter-estímulos (ISI) de 30, 60 y 120 ms.

A continuación, con la información extraída de la bibliografía, se propusieron tres paradigmas de sesiones distintos con arreglo a los trials diseñados con el objetivo de decidir cuál vamos a utilizar para optimizar la prueba diagnóstica desde el punto de vista del gasto humano, material y economización del tiempo tanto del sujeto-paciente como del profesional que realiza la prueba. Para ello se diseñó una sesión de trabajo de un grupo internacional muy bien contrastada (Braff et al, 2007; de 25 minutos de duración) (1) y otra con la misma estructura básica pero con los tiempos recortados (se suprimieron 2 minutos del periodo de aclimatación, pasando a ser de tan

sólo 3 minutos y algunos trials PP, pasando a ser de tan sólo 16,5 minutos la sesión), sin escatimar en pulsos-solo (usamos los mismos que en el paradigma que está contrastado) para obtener una visión sobre la latencia, la intensidad y la habituación del RAS (2); y una última sesión con los mismos pulsos que la primera pero con los intervalos-intertrial acortados (3).

(1) Sesión CONS:

5 bloques

Bloque 1: 5 minutos periodo aclimatación con ruido blanco a 70 dB SPL

Bloque 2: 5 PA 110dB SPL de 60ms

Bloque 3: 3 PA, 6 NS, 21 PP 30, 60, 120ms

Bloque 4: igual que bloque 3

Bloque 5: igual que bloque 1

ITI: 10-25segs, 16,5segs de media, 3,6 de S.D.

25 minutos de duración total

(2) Sesión modifCONS1:

4 bloques

Bloque 1: 3 minutos periodo aclimatación con ruido blanco a 70 dB SPL

Bloque 2: 5 PA 110dB SPL de 60ms

Bloque 3: 3 PA, 6 NS, 21 PP 30, 60, 120ms

Bloque 4: igual que bloque 1

ITI: 10-25segs, 16,5segs de media, 3,6 de S.D.

16 minutos de duración total

(3) Sesión modifCONS2b:

5 bloques

Bloque 1: 3 minutos periodo aclimatación con ruido blanco a 70 dB SPL

Bloque 2: 5 PA 110dB SPL de 60ms

Bloque 3: 3 PA, 21 PP 30, 60, 120ms

Bloque 4: igual que bloque 3

Bloque 5: igual que bloque 1

ITI: 8-20segs, 13,2segs de media, 3,6 de S.D.

17 minutos de duración total

Para comprobar que efectivamente, no había diferencias estadísticamente significativas entre las tres sesiones diseñadas (la contrastada de 25 minutos y las nuevas modificaciones de ésta, de tan sólo 16 y 17 minutos) y si las hubiere decidir con qué sesión debemos actuar, seleccionamos seis sujetos al azar (tres hombres y tres mujeres) en el mismo rango de edad, con características psicosomáticas y hábitos parecidos, para pasarles las tres pruebas en diferentes días con las mismas condiciones (Fig. 5 y 6). Ver Anexo VI

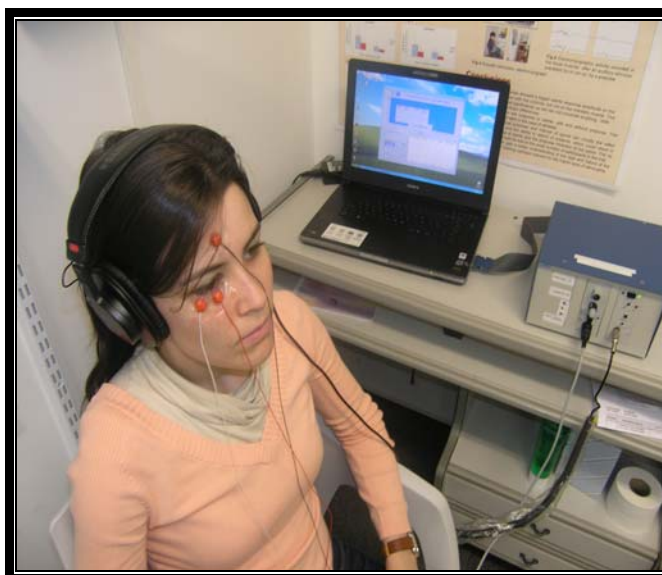


Fig. 5

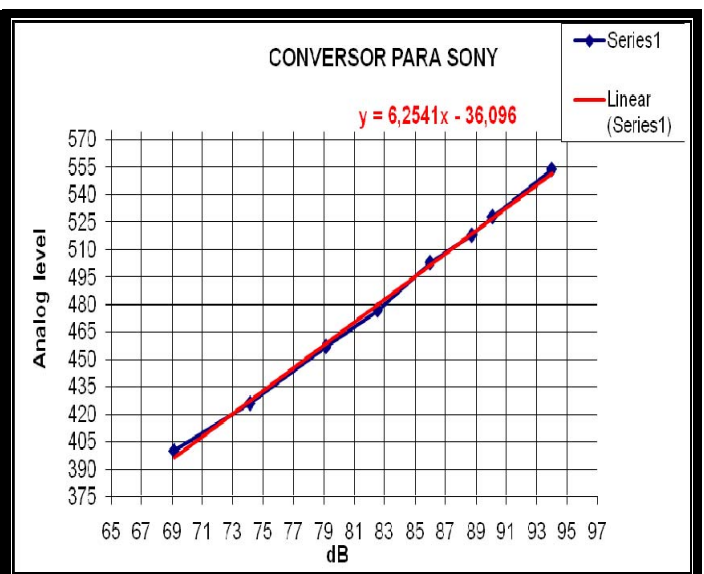


Fig. 6

**Figuras 5 y 6. Calibración del aparato SR-LAB para humanos.**

Fig. 5: Voluntaria durante la fase de elección de la sesión. Fig. 6: Recta de calibración del auricular Sony. (Para ver la del Sennheiser preguntar al autor).

➤ **Definición de la ventana de respuesta (o ventana de adquisición de datos).**

- Base Line: promedio del número de muestras en el cálculo de la línea de base. Se mide en *ms.*  $\infty$  valores, normalidad "5".
- Analysis Start: el programa busca un inicio/comienzo después de esta especificación. Las latencias son medidas usando este parámetro como tiempo "0". Se mide en *ms.*  $\infty$  valores, normalidad "0".
- End Analysis: el programa ignora los datos después de este tiempo. Se mide en *ms.*  $\infty$  valores, normalidad "250".
- Response Window: es el máximo tiempo después de un inicio/comienzo para la detección del pico. Esto fuerza al programa a ignorar que una respuesta de pico de un estímulo que ocurra más tarde sea atribuida al estímulo. Va de 5 a 100, normalidad "5".
- Rolling Average: el número de muestras en el proceso de suavización. Configurar este parámetro a "1" deshabilita el rolling average. Va de 1 a 50, normalidad "1".
- Filter Order: determina la nitidez de la descarga del filtro de frecuencia digital Butterworth. Configurararlo a "0" deshabilita el filtro digital. Va de 0 a 50, normalidad "1".
- Pass Frequency: configura el filtro de alto límite. Va de 10 a 499, este valor cuanto más alto se ponga mejor, pero a "250" es suficiente.
- Response Criterion: las múltiples desviaciones estándar por encima de un movimiento de la línea basal que son un pico de respuesta válido. Este parámetro provoca que el programa ignore picos de respuesta que no son significantes en amplitud. Va de 2 a 10, normalidad "10".

\*[-Record samples: este símbolo pide el número de muestras que deben tomarse en el registro de datos, se puede introducir cualquier número de muestras. Sugerimos que el número mínimo de muestras para registrar de manera adecuada la respuesta está seleccionado, es decir, 1000 muestras

\*[Samples per Second: este símbolo solicita la tasa en la que las muestras se tomarán (hasta 2000). Hay que tener en cuenta que estas dos entradas en combinación configuran la duración total de la grabación de la ventana de respuesta, por ejemplo, 100 muestras a una tasa de 1000 muestras por segundo, una cada milisegundo, produce una ventana de grabación 100 milisegundos de duración. La ventana comienza en el punto en el que el comando D (record data) es introducido en la definición de cada prueba (Trial), tenemos que introducir el valor 1000.]

Estos parámetros se configuran para cumplir el Teorema de Nyquist-Shannon o del Muestreo. Es un teorema fundamental de la Teoría de la Información, de especial interés en las telecomunicaciones. Este teorema fue formulado en forma de conjetura por primera vez por Harry Nyquist en 1928 ("Certain topics in telegraph transmission theory"), y fue demostrado formalmente por Claude E. Shannon en 1949 ("Communication in the presence of noise").

➤ **Selección de los sujetos para el ensayo clínico.**

Hemos clasificado a los sujetos en cuatro grupos experimentales, lo más homogéneo posible intragrupo pero intentando crear heterogeneidad intergrupar:

- Grupo de hombres-deportistas: 10 sujetos, con un rango de edad de entre los 17 y 29 años, con una media de 22,8 años y una S.D. de 3,795.
- Grupo de mujeres-deportistas: 8 sujetos, con un rango de edad de entre los 18 y 21 años, con una media de 18,625 años y una S.D. de 1,188.
- Grupo de hombres-sedentarios (controles): 8 sujetos, con un rango de edad de entre los 19 y 41 años, con una media de 24,875 años y una S.D. de 8,476.
- Grupo de mujeres-sedentarias (controles): 8 sujetos, con un rango de edad de entre los 18 y 21 años, con una media de 18,625 años y una S.D. de 1,188.

Para que una persona sea deportista para este estudio, debe tener la condición de semiprofesional (como mínimo) y entrenar un mínimo de cuatro sesiones por semana, una hora y media por sesión y estar haciéndolo durante al menos los últimos dos años. Para tener la condición de sedentario, los sujetos deben no haber hecho ningún tipo de deporte durante el último año.

Los deportes que hemos contemplado en este estudio han abarcado todo el rango de acondicionamiento físico que existe, desde atletas con entrenamiento anaeróbico puro (ej. Saltos), a entrenamiento aeróbico (ej. Fondistas y Mediodondistas), pasando por entrenamientos mixtos (ej. Jugadores de baloncesto o Tenistas).

#### ➤ **Realización de las diferentes pruebas. Cronograma.**

Todos los sujetos que han participado en el estudio voluntariamente han pasado las siguientes pruebas: los datos se han recogido durante los meses de Abril y Mayo de 2009, con un horario de 16:00 pm a 20:00 pm (ya que en este horario la actividad del edificio cesa considerablemente) de Lunes a Viernes. La prueba del RAS/PPI se realizó en un despacho de 11,25 m<sup>2</sup> en la 3ª planta de la E.U. de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca, con un ruido de fondo nunca superior a los 50 dB SPL (presumiblemente en torno a los 20 dB SPL) con el sujeto sentado cómodamente en una silla con respaldo y apoyabrazos, sin ningún objeto delante de él que pueda distraerle. Todas las demás pruebas se realizaron en la Sala 1 del mismo edificio, de 60 m<sup>2</sup> aprox., acondicionada para tal fin.

#### ➤ **Prueba del RAS/PPI.**

Para todos los sujetos utilizamos el paradigma que hemos denominado “*Sesión modifCONS2b*”, el protocolo ha sido: sentar al paciente en la silla, limpiar los puntos donde vamos a colocar los electrodos con alcohol etílico de 96º para remover la grasa superflua de la piel ya que actúa como aislante eléctrico, colocar gel electroconductor en la superficie de los electrodos, pegarlos en la piel (el negro o electrodo de referencia en la mitad izquierda de la frente del sujeto, el rojo o positivo en el músculo orbicular del párpado inferior derecho alineado con la pupila, y el blanco o negativo en el orbicular del párpado inferior derecho por su extremo externo; a continuación encendemos y programamos el aparato y el software, colocamos los auriculares en el paciente, apagamos la luz (dejando la habitación con una iluminación tenue) y empezamos la sesión. Nosotros nos sentamos por detrás para no distraer al paciente. Previo a la prueba, no se le cuenta al paciente en que consiste para que no adopte una posición defensiva o de anticipación.

### **PARÁMETROS FÍSICOS MEDIDOS.**

#### ➤ **Medición Antropométrica.**

Para la realización de la prueba antropométrica hemos contado con una serie de aparatos normalizados (Fig. 7) y aptos para la medición antropométrica: báscula, tallímetro, tensiómetro, medidor de pliegues cutáneos o plicómetro, cinta métrica de plástico, pie de rey de ramas cortas, pie de rey de ramas largas, lápiz especial para pintar sobre la piel y como software para la integración de los datos, un programa “MEDIDEP 2000”, construido sobre la base del FileMaker®. Hemos realizado las siguientes mediciones:

-Peso, talla, tensión arterial y pulso. (Fig. 8)

-Pliegues cutáneos: tricipital, subescapular, pectoral, ileocrestal, supraespinal, abdominal, muslo medio y pierna. Todas las mediciones fueron realizadas siempre por la misma persona (ya que en realidad existe una gran variabilidad inter-medidores), y se repitieron dos o tres veces.

-Diámetros: biepicondíleo humeral, biestiloideo de muñeca y bicondíleo de fémur.

-Perímetros: brazo en contracción máxima, cintura y cadera, muslo medio y pierna.



Fig. 7



Fig. 8

### Figuras 7 y 8. Material para la realización de la Antropometría.

Fig. 7: Plicómetro, cinta métrica, distintos lápices para la piel y pies de rey, de derecha a izquierda. Fig. 8: Tallímetro, báscula y camillas plegables.

#### ➤ Test de Bosco.

El sistema "ERGO-JUMP" se forma con varios fotosensores que se encuentran fijos a una base sobre la cual se efectúan los saltos. Estos sensores se conectan por medio de cables a una tablilla con circuitos que cuenta con voltaje suministrado por una fuente de poder. Cada fotosensor se dirige para captar el haz de luz de una fuente luminosa, una pequeña lámpara en este caso, así cuando un individuo se encuentra sobre la plataforma se obstruye la "vista" entre uno o varios fotosensores y una o varias lámparas. Al ejecutar un salto, los sensores captan la luz desde el momento del despegue hasta que el individuo aterrice. Esta información se manda al puerto paralelo LPT1 de la computadora por medio de un cable DB25. Se utilizan funciones especiales para determinar el tiempo de vuelo del individuo, con los datos que llegan al puerto, que el programa se encarga de leer. Se utiliza la arquitectura de una computadora compatible PC, para llevar a cabo la evaluación y no requiere de más equipo especial ya que se busca realizarlo de la manera más sencilla posible (Fig. 9). Hemos evaluado en cada sujeto los siguientes parámetros:

- Squat Jump: altura de salto y tiempo de vuelo. (Fig. 10)
- Counter Movement Jump: altura de salto y tiempo de vuelo.
- Drop Jump: altura de salto, tiempo de vuelo, tiempo de contacto en el suelo y potencia desarrollada (en W/Kg). (Fig. 11)



Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

### Figuras 9, 10 y 11. Material para la realización del test de Bosco.

Fig. 9: Ordenador ERGO-JUMP. Fig. 10: Sujeto durante el Squat Jump. Fig. 11: Sujeto durante el Drop Jump.

### ➤ Test de Fuerza y de Flexibilidad.

Para medir la fuerza de prensión de la mano hemos empleado un dinamómetro manual de la marca SAMMONS PRESTON Rolyan (4 Sammons Court, Bolingbrook, IL 60440) recalibrado, realizando una prensión máxima y manteniéndola durante cinco segundos, primero con la mano dominante y luego con la no-dominante (Fig 12). Para medir la flexibilidad de la cadena muscular posterior hemos utilizado un cajón calibrado en unidad de longitud (cm) para tal fin; el sujeto se sienta en el suelo, apoya la planta de los pies en el cajón, mantiene las rodillas bloqueadas en extensión (el hueso poplíteo en contacto con el suelo) y a continuación estira la musculatura posterior, empujando con las manos una regla que, en su posición máxima, nos dirá cuánto ha sido el *stretching* logrado en centímetros (Fig. 13).



Fig. 12



Fig. 13

**Figuras 12 y 13. Material para la realización del test de fuerza y de flexibilidad.**

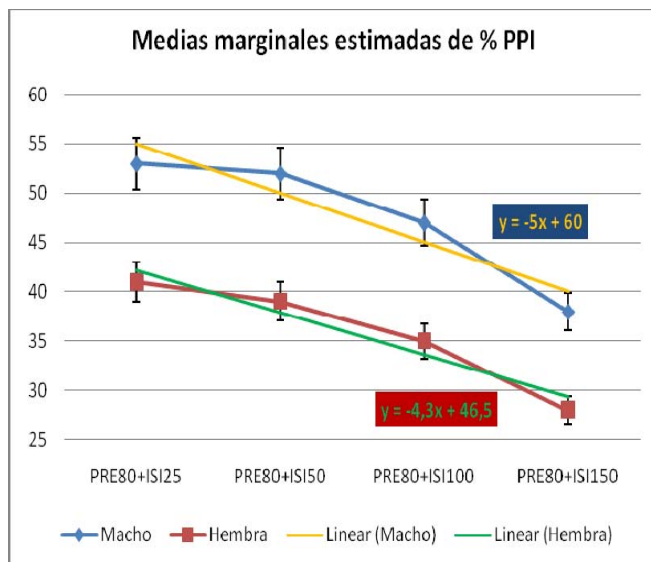
Fig. 12: Sujeto con el dinamómetro manual realizando el test de prensión manual. Fig. 13: Sujeto durante el test de flexibilidad de cadena posterior.

## Resultados.

### INVESTIGACIÓN BÁSICA.

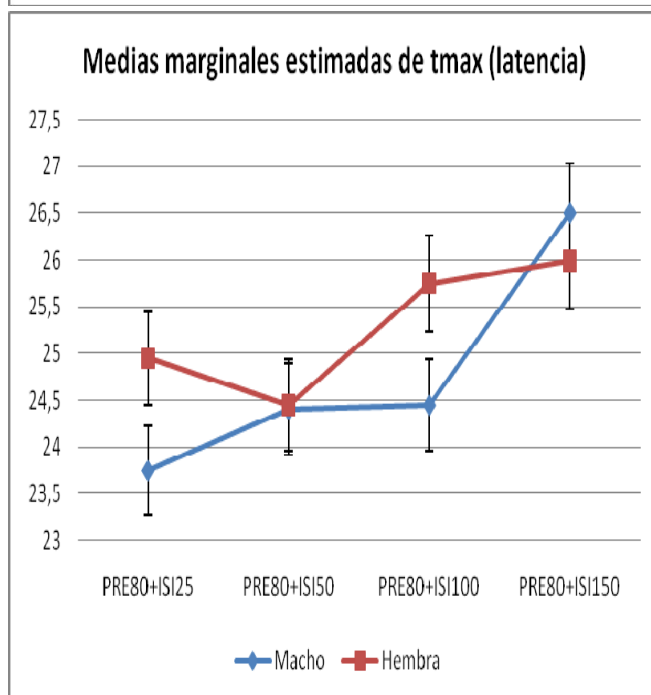
En la rata, tal como hemos visto en la bibliografía, el reflejo auditivo de sobresalto y sobre todo, su inhibición ante un estímulo previo dependen en gran medida del sexo del animal y de la edad que tengan en el momento de la realización de la prueba. Por ello, nos dispusimos a analizar los datos basándonos en estos dos parámetros, utilizando como variables dependientes el porcentaje de inhibición pre-pulso (% PPI) y la latencia (tmax), según los distintos tipos de estímulos con 25, 50, 100 y 150 ms como intervalos interestímulos, ver Anexo III.

Como se observa en la siguiente tabla, existe una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de inhibición ante un estímulo previo entre sexos, siendo las ratas macho las que presentan un mayor % PPI, sin embargo, esta diferencia no se da en cuanto a las latencias, que se asemejan tanto en los tipos de trials (con sus diferentes ISI), como en sexo.



**Fig. 14.** Valores de PPI con diferentes ISI. Estimación de los valores medios de la PPI de machos y hembras frente a diferentes intervalos entre estímulos. Las barras verticales representan el error estándar de la media.

Los resultados demuestran que hay una diferencia significativa inter-género ( $p \leq 0,05$ ), que es mayor en el caso de los machos. El % PPI va disminuyendo progresivamente conforme se va aumentando el intervalo interestímulo; para los machos disminuye a razón de la función ( $y = -5x + 60$ ); y para las hembras, la disminución es a razón de la función ( $y = -4,3x + 46,5$ )



**Fig. 15.** Muestra las medias estimadas de latencia de ratas macho y hembra con sus diferentes intervalos interestímulo y el error típico de la media, en este caso no hay diferencias estadísticamente significativas, pero se observa una tendencia a que cuanto mayor es el intervalo interestímulo, mayor es el tiempo que tarda en dar la respuesta, tanto en machos como en hembras, siendo esto lógico ya que si el ISI es mayor (es decir, existe un mayor retardo entre el prepulso y el pulso) la inhibición que provoca el prepulso sobre la respuesta de sobresalto es menor y se tarda más tiempo en obtener dicha respuesta. Las hembras muestran una leve tendencia a tener latencias un poco más altas que los machos, excepto para ISI de 150 ms. Las hembras presentaron latencias más bajas para ISI de 50 ms que para ISI de 25 ms, lo cual no conlleva importancia ya que estas diferencias no son significativas.

## INVESTIGACIÓN CLÍNICA.

En esta parte hemos analizado las siguientes variables independientes:

- En la prueba del RAS/PPI: Amplitud, Latencia y Habitación del RAS, %PPI y latencias a 30, 60 y 120 ms de ISI.
  - En la Antropometría: el Índice de Masa Corporal, la Endomorfía, la Mesomorfía y la Ectomorfía.
  - En el test de Bosco: (Squat Jump) SJ t vuelo y H salto; (Counter Movement Jump) CJ t vuelo y H salto; (Drop Jump) DJ t vuelo, H salto y potencia de salto.
  - Fuerza de prensión de la mano y Flexibilidad de cadena muscular posterior.
- Y los hemos analizado con respecto al género (hombre/mujer) y a su condición (deportista/control) Obteniendo los siguientes resultados:

### ➤ Medición del RAS:

No se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la amplitud del reflejo auditivo de sobresalto entre sexo ni entre grupos, aunque existe una tendencia a que las personas que practican deporte tengan valores inferiores a las personas sedentarias, siendo de entre todos ellos las mujeres las que presentan valores más

altos (Fig 16). La latencia de respuesta al sobresalto no se modifica en las mujeres, sean o no deportistas. En los hombres, sin embargo, se aprecia cómo los deportistas responden antes a los sonidos inesperados, aunque las diferencias no llegan a ser significativas.

En la Habituaación no se observan diferencias significativas ni por sexos ni por grupos. La mejor habituación se da en el grupo de mujeres deportistas, y las personas que menos se habitúan a los estímulos pertenecen al grupo de hombres deportistas.

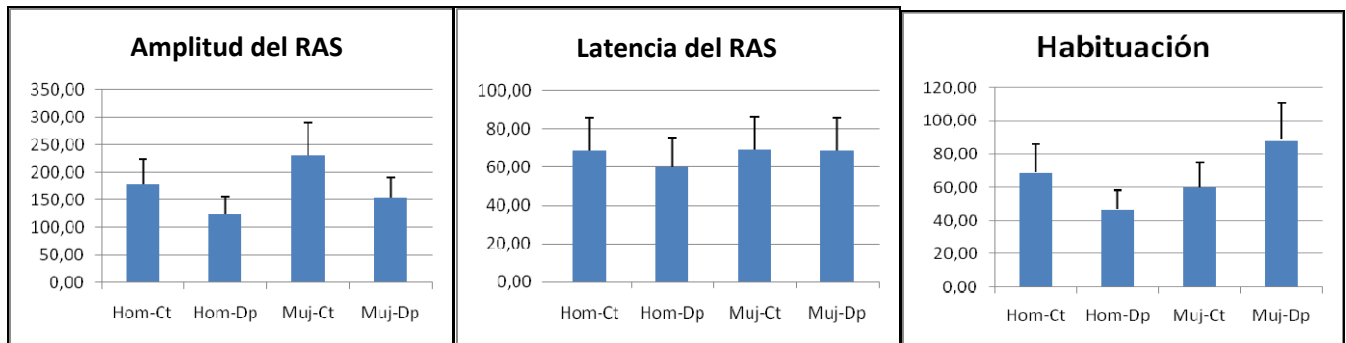


Figura 16. **Parámetros del RAS**

Representación de los valores medios de la amplitud, la latencia y la habituación del RAS en los diferentes grupos estudiados. Las barras verticales representan las desviaciones estándar.

#### ➤ Cálculo de la PPI:

Los hombres-deportistas presentan los valores más altos de % de PPI, y los más bajos los hombres controles. En las mujeres, el practicar deporte parece no afectar a este parámetro (Fig. 17). En cualquier caso, No hay diferencias significativas entre grupos ni entre género en el % de PPI en las mismas condiciones de medición.

A continuación, al no haber diferencias entre grupos, procedimos a estudiar si existían diferencias generales entre las tres mediciones de PPI: a 30, 60 y 120 ms de intervalo interestímulo (test de Bonferroni para comparaciones múltiples). Encontramos diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre la PPI60 y la PPI30, también entre la PPI120 y la PPI30, pero no entre la PPI60 y la PPI120, aunque existe una tendencia. El valor con el que se obtiene una mayor inhibición ante un estímulo previo son 60 ms de ISI, luego con el de 120 ms y por último con el de 30 ms.

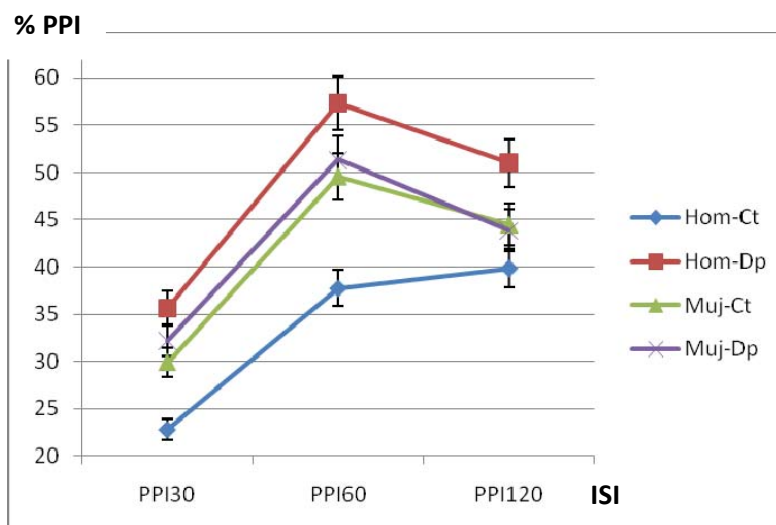


Figura 17. **Porcentaje de PPI frente a los diferentes intervalos interestímulos.**

Representación de los distintos valores de inhibición ante un estímulo previo en los grupos de hombres-controles, hombres-deportistas, mujeres-controles y mujeres-deportistas. Las barras verticales representan las desviaciones estándar.

El siguiente paso fue hacer lo mismo pero para las latencias de los pulsos de las distintas ISI, encontrándonos con los mismos resultados: existe diferencia estadísticamente significativa entre la Tmax60 y la Tmax30, entre la Tmax120 y la Tmax30, pero no entre la Tmax60 y la Tmax120, aunque existe tendencia ( $p \leq 0,05$ ). (Fig. 18).

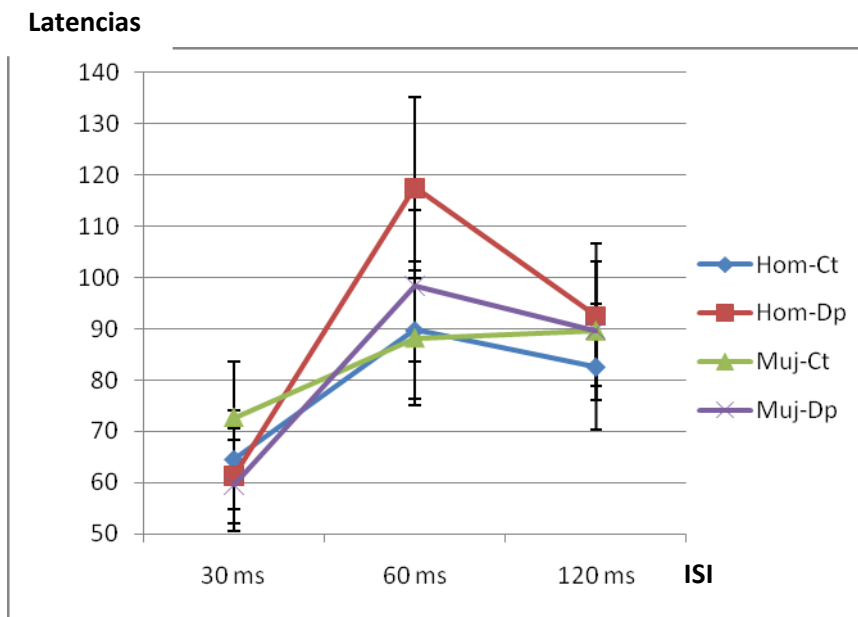


Figura 18. **Latencias frente a los diferentes intervalos interestímulo.**

Representación de los distintos valores de latencias en los grupos de hombres-controles, hombres-deportistas, mujeres-controles y mujeres-deportistas. Las barras verticales representan las desviaciones estándar.

#### ➤ Resultados de las variables de la Antropometría:

El Índice de Masa Corporal (IMC) fue mayor en hombres que en mujeres, no encontrándose diferencias entre los grupos, aunque sí la diferencia fue significativa entre hombres y mujeres ( $p \leq 0,05$ ) (Fig. 19). La Endomorfia sí manifestó diferencias entre grupos, siendo los deportistas los que presentaron valores menores ( $p \leq 0,05$ ). La Mesomorfia, sin embargo, mostró diferencias significativas entre género, siendo las mujeres las que presentan un valor menor ( $p \leq 0,05$ ). Los deportistas tienen valores más altos de ectomorfia que los controles, aunque no hay diferencias significativas ni entre grupos ni de género.

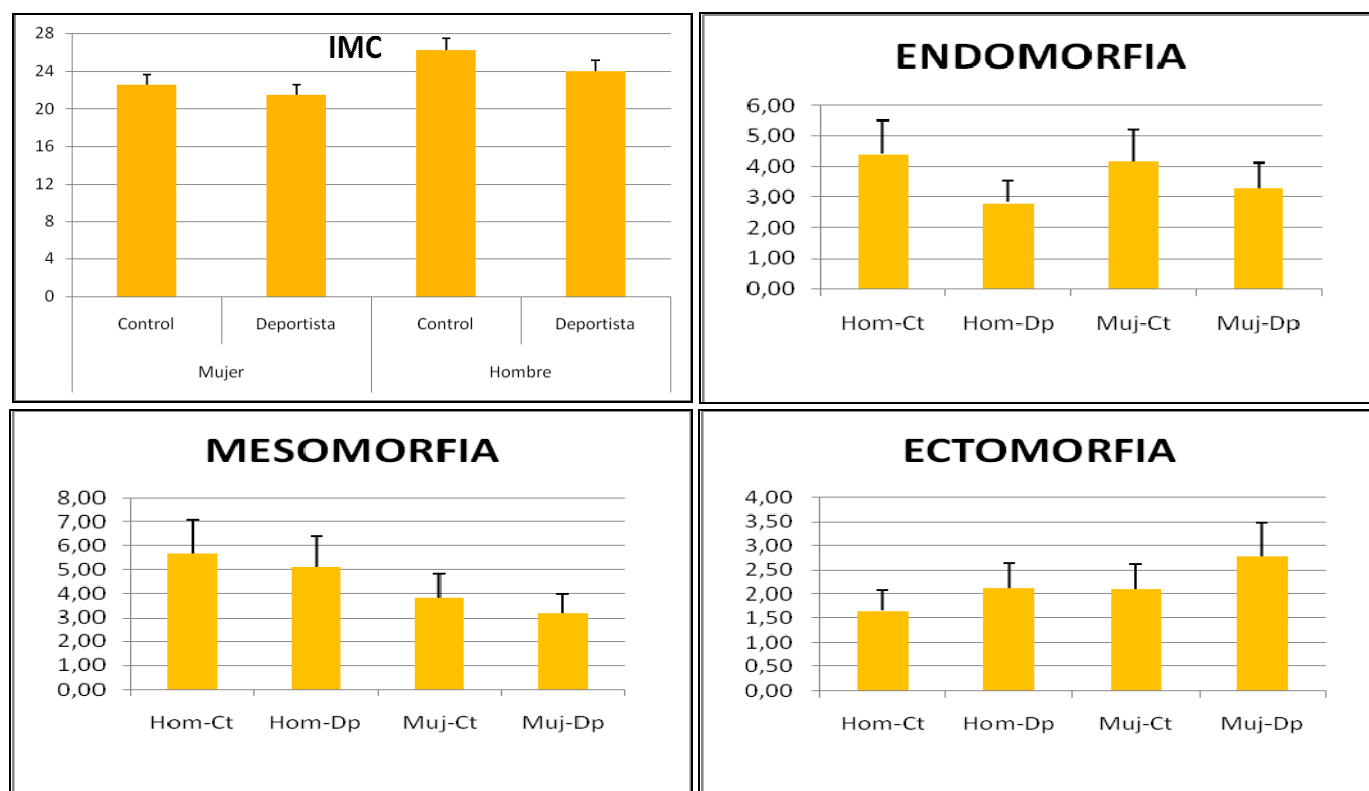
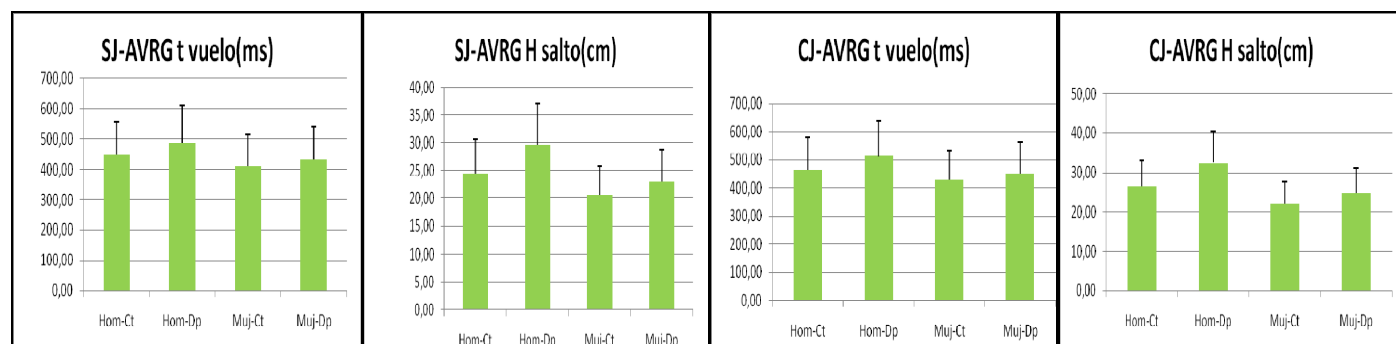


Figura 19. **Parámetros antropométricos.**

Representación de los distintos valores medios de los parámetros antropométricos estudiados en los grupos de hombres-controles, hombres-deportistas, mujeres-controles y mujeres-deportistas. Las barras verticales representan las desviaciones estándar de las medias.

#### ➤ Resultados de las variables del test de Bosco:

Todas las variables medidas en el test de Bosco de saltos, (Squat Jump) SJ t vuelo y H salto; (Counter Movement Jump) CJ t vuelo y H salto; (Drop Jump) DJ t vuelo, H salto y potencia de salto dieron un menor valor en el grupo de las mujeres controles, y el mayor en los hombres deportistas (Fig. 20). Mujeres deportistas y hombres controles tuvieron resultados muy similares. Encontramos diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el SJ t vuelo (tanto por sexos como por grupos), en el SJ H salto (tanto por sexos como por grupos), en el CJ t vuelo (tanto por sexos como por grupos), en el CJ H salto (tanto por sexos como por grupos), en el DJ t vuelo (sólo por sexos, entre hombres y mujeres), al igual que en el DJ H salto (sólo por sexos, entre deportistas y controles no había diferencias), y en el DJ Potencia de salto (tanto por sexos como por grupos).



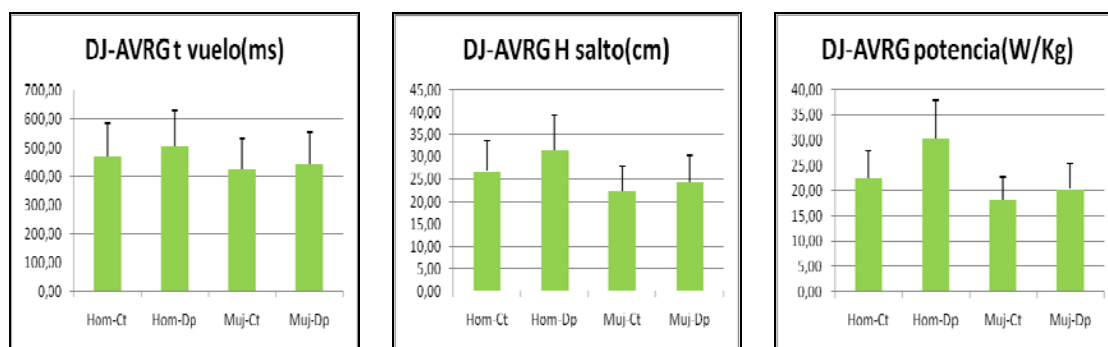


Figura 20. **Resultados en el test de Bosco.**

Representación de los distintos valores medios de los parámetros medidos en el test de Bosco de saltos, estudiados en los grupos de hombres-controles, hombres-deportistas, mujeres-controles y mujeres-deportistas. Las barras verticales representan las desviaciones estándar.

### ➤ Resultados de las variables del test de fuerza y el de flexibilidad:

Los valores de fuerza y flexibilidad se representan en Fig. 21 A y B respectivamente. Encontramos diferencias significativas en el test de fuerza de prensión de la mano entre sexos ( $p \leq 0,05$ ) (los hombres poseen una mayor fuerza que las mujeres) y entre condición (los deportistas tienen mayor fuerza que los sedentarios). En relación al test de flexibilidad de cadena posterior, no encontramos ninguna diferencia estadística; las mujeres tienen una mayor flexibilidad que los hombres, pero esa diferencia no es significativa.

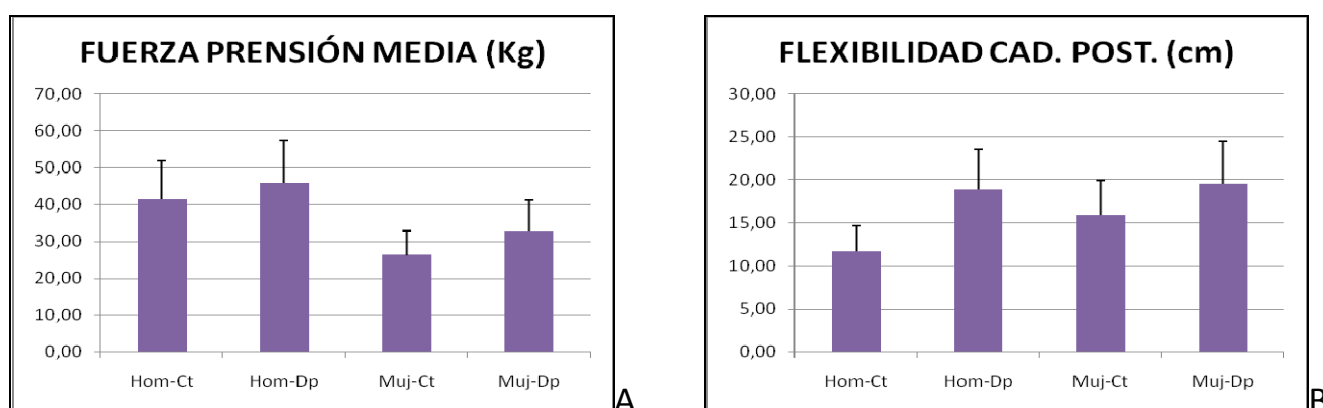


Figura 21. **Resultados en el test de fuerza y de flexibilidad.**

Representación de los distintos valores medios de los parámetros medidos en el test de fuerza de prensión de la mano y en el test de flexibilidad de cadena muscular posterior estudiados en los grupos de hombres-controles, hombres-deportistas, mujeres-controles y mujeres-deportistas. Las barras verticales representan las desviaciones estándar.

### ➤ Análisis de correlaciones.

Realizamos una correlación estadística entre la amplitud y la latencia del RAS, con todas las demás variables, para ver si existía alguna relación significativa entre ellas, mediante el Test de Pearson y la significación bilateral, con un intervalo de confianza al 95%. Los resultados muestran que el reflejo auditivo de sobresalto y su latencia no guardan ningún tipo de relación estadística con el resto de variables (de la antropometría, del test de Bosco, del test de fuerza y el de flexibilidad). Ver Anexo IV

Por último realizamos la misma operación, pero esta vez intentando correlacionar las distintas PPI y latencias con el resto de variables medidas. En este caso tampoco encontramos ninguna relación significativa entre algunos de los valores de inhibición ante un estímulo previo y las variables de la antropometría, las del test de Bosco, la del test de fuerza y la del test de flexibilidad. Ver Anexo V.

## Discusión.

### ➤ **Discusión metodológica.**

Hemos realizado una serie de mediciones antropométricas para categorizar a los diferentes individuos del grupo experimental. Este sistema de clasificación puede incluirse como parte de la Biotipología, disciplina que estudia el biotipo, o tipo constitucional, a partir de mediciones corporales. La obtención de estos datos, encaminados a emparejar procesos como el rendimiento deportivo con unas determinadas características corporales, se engloban en la denominada cineantropometría. Los parámetros antropométricos medidos son: peso, talla, pliegues cutáneos, perímetros musculares, diámetros óseos, alturas y longitudes, que permiten estimar los valores de composición corporal, biotipológicos y proporcionales.

Dentro de las clasificaciones del hombre por su forma se encuentra el somatotipo que según la definición original del método utilizado es la conformación morfológica presente, y está formado por tres componentes interrelacionados denominados *endomorfia* que es la tendencia de la masa adiposa relativa, *mesomorfia* que es el grado de desarrollo músculo-esquelético asociado a la talla y *ectomorfia* que se refiere a la linealidad del cuerpo. Somatotipo: "Cuantificación de los tres componentes primarios (endomorfia, mesomorfia y ectomorfia) del cuerpo humano que configuran la morfología del individuo, expresado en tres cifras". *Sheldon; 1954*. También, "La descripción numérica de la configuración morfológica de un individuo en el momento de ser evaluado". *Carter; 1975*.

Las oscilaciones en la práctica son:

- \* Endomorfia de 1 a 14.
- \* Mesomorfia de 1 a 10.
- \* Ectomorfia de 0.5 a 9.

Se puede considerar que un valor:

- \* De 0.5 a 2.5 es bajo.
- \* De 3.0 a 5.0 es medio.
- \* De 5.5 a 7.0 es alto.
- \* Más de 7.0 es muy alto.

Los tipos de saltos que hemos usado en el test de Bosco son:

- Squat Jump: permite valorar la fuerza explosiva de los miembros inferiores mediante el registro de la altura alcanzada por el individuo.
- Counter Movement Jump: el contramovimiento incluye la valoración de la participación de los elementos elásticos y la sucesiva reutilización de energía elástica en la acción realizada.
- Drop Jump: en este test el individuo debe efectuar una acción de salto vertical después de una caída desde un escalón de 40cm. Al momento del contacto el individuo debe amortiguar la caída mediante una contracción excéntrica en la cual se almacena energía elástica que luego se reutiliza en la contracción concéntrica sucesiva.

El sistema de medición para saltos verticales "ERGO-JUMP" es el principal elemento para realizar el "Test de Bosco" ya que los datos que se obtienen de este sistema se utilizan después para dar paso a la valoración de la fuerza de cada individuo. Para realizar este Test, se valora de forma analítica e individualmente los diversos componentes que constituyen el complejo fenómeno biológico en que se basan las diversas pruebas que se realizan, con una instrumentación simple en concepto, pero llevada a la práctica con una definición científica. Gracias a este sistema que se basa en el método inventado por el Finlandés Ph. D. Carmelo Bosco llamado "Test de Bosco" se cuenta con una herramienta más para valorar las características individuales y la selección de la cualidad específica de cada atleta o persona.

El "Ergo-Jump" consta de una plataforma de material sintético en donde el individuo salta verticalmente, por medio de Hardware se envían las señales de cada salto, esto es, la señal que existe desde que el individuo despegue los pies de la plataforma hasta que vuelve a hacer contacto con ella. Estos datos se envían al puerto de una

computadora que por medio de Software son procesados; el sistema toma los datos ya procesados y por medio fórmulas especiales realiza los cálculos correspondientes como son la altura de cada salto, el promedio de saltos, con los datos de peso y estatura de la persona se calcula su potencia mecánica y la fuerza que desarrolla. Todo esto se presenta al usuario del sistema con una cómoda interfaz, y para mayor claridad los resultados se presentan mediante gráficas que hacen más fácil la interpretación de la información. Además el sistema incorpora una base de datos donde se almacena el historial de las personas que se someten al Test de Bosco.

Aspectos Matemáticos del test de Bosco: en el caso de un salto vertical, se tiene que el impulso mecánico dividido por la masa del sujeto nos proporciona la velocidad vertical de su centro de gravedad en el momento del despegue ( $V_v$ ). La elevación del centro de gravedad del sujeto se obtiene de la fórmula:

$$h = V_v^2 / 2g,$$

En donde  $g$ =constante gravitatoria  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Se utilizan procedimientos matemáticos para procesarlos automáticamente en un ordenador, en el pasado se puso de relieve la capacidad de salto, hasta que dos grandes fisiólogos y biomecánicos introducen la genial idea de medir la elevación del centro de gravedad del sujeto durante la prueba de salto, se observa el tiempo empleado en la fase de vuelo (Asmussen y Bonde-Petersen, 1974). De lo anterior, se obtiene que:

$$h = t_v^2 \times 1,226 ;$$

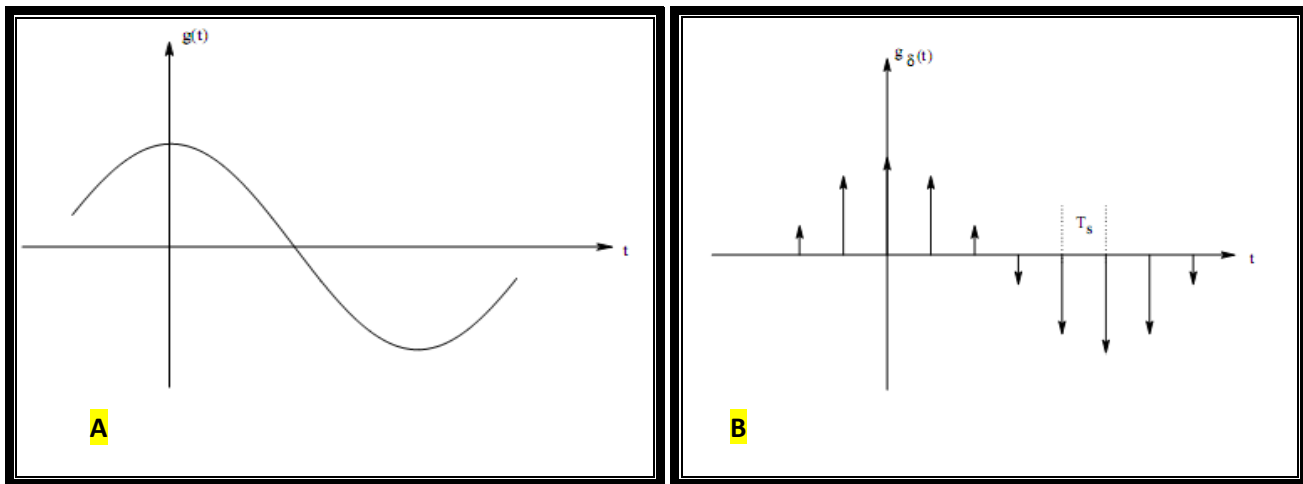
En el cual  $t_v$ =tiempo de vuelo se mide entre el registro de la fuerza que desarrolla el momento del despegue y la que se produce en el momento del contacto con el suelo después del salto, es decir, en el impacto de caída. Este interesante procedimiento de cálculo se utiliza en sucesivos trabajos científicos.

El ERGO-JUMP BOSCO SYSTEM utiliza el cálculo directo del tiempo de vuelo para el cálculo de la elevación del centro de gravedad. Para esto se utiliza una alfombra conductiva conectada a un sistema de cronometraje electrónico que es accionado automáticamente por el sujeto que salta en el momento del despegue abriendo el circuito y en el momento que el pie toca el terreno en el aterrizaje cerrando el circuito.

Para calibrar los distintos sistemas de medición del RAS/PPI, tanto en humanos como en animales, hemos tenido que considerar el Teorema de Nyquist-Shannon. El teorema se refiere a la forma de obtención de datos, que no debe ser confundido o asociado con la cuantificación, proceso que sigue al de muestreo en la digitalización de una señal y que, al contrario del muestreo, no es reversible (se produce una pérdida de información en el proceso de cuantificación, incluso en el caso ideal teórico, que se traduce en una distorsión conocida como error o ruido de cuantificación y que establece un límite teórico superior a la relación señal-ruido). Dicho de otro modo, desde el punto de vista del teorema, las muestras discretas de una señal son valores exactos que aún no han sufrido redondeo o truncamiento alguno sobre una precisión determinada, esto es, aún no han sido cuantificadas.

El teorema demuestra que la reconstrucción exacta de una señal periódica continua en banda base a partir de sus muestras es matemáticamente posible si la señal está limitada en banda y la tasa de muestreo es superior al doble de su ancho de banda. (Figura 22).

Dicho de otro modo, la información completa de la señal analógica original que cumple el criterio anterior está descrita por la serie total de muestras que resultaron del proceso de muestreo. No hay nada, por tanto, de la evolución de la señal entre muestras que no esté perfectamente definido por la serie total de muestras.



**Figura 22. Ejemplo de muestreo, conversión de una señal analógica en digital mediante el Teorema de Nyquist.**

A: Señal arbitraria de energía finita. B: La señal de la figura X muestreada idealmente.

Se puede enunciar el Teorema de Muestreo o Teorema de Nyquist para señales limitadas en banda de energía finita de dos modos:

- Una señal limitada en banda de energía que no tiene componentes a frecuencias mayores que  $W$  Hz se puede representar de forma exacta especificando los valores de la señal en instantes de tiempo separados  $T_s = 1/2W$  segundos.
- Una señal limitada en banda de energía sin componentes frecuenciales superiores a  $W$  Hz se puede recuperar de forma exacta a partir de sus muestras tomadas a una tasa de  $f_s = 2W$  muestras por segundo.

POR TANTO, LA FRECUENCIA DE MUESTREO TIENE QUE SER IGUAL O SUPERIOR A DOS VECES EL ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL ANALÓGICA PARA QUE SE CUMPLA EL TEOREMA.

### ➤ **Discusión de resultados.**

Como se puede observar, los resultados de la parte clínica no son tan espectaculares como “a priori” cabría esperar, esto se debe probablemente a un impedimento metodológico en la selección de los casos; para empezar, el número de casos es insuficiente en todos los grupos, tanto por sexo como por condición, las tendencias que hemos ido relatando consisten en diferencias estadísticas no significativas, que con un número mayor de casos, probablemente hubieran resultado significativas. Por otra parte, las diferencias entre los sujetos que practican deporte y los sedentarios no son tan heterogéneas como se hubiera deseado en un principio, puesto que a los que hemos llamado deportistas no lo son tanto (ninguno está situado a nivel profesional) y los que hemos llamado sedentarios tampoco lo son tanto, la mayoría han salido de la Carrera de Fisioterapia, y los que estudian esta carrera no son sedentarios típicos; también la edad ha jugado en nuestra contra, ya que los sedentarios son muy jóvenes y sus resultados en todas las pruebas se asemejan mucho a los deportistas. Es por ello que los grupos no son lo suficientemente heterogéneos como para observar las diferencias esperadas entre ellos. Debido a estas causas, existe una manifiesta necesidad de ampliar el estudio en busca de las citadas correlaciones en el futuro. Hoy en día la prueba de RAS/PPI se puede emplear en infinidad de situaciones de laboratorio, se pueden resumir de la siguiente manera:

-Por un lado nos encontramos el empleo de esta prueba dentro de la investigación básica, podemos emplear determinados modelos animales para conocer el sustrato neuroquímico, morfológico e histológico que subyacen en este fenómeno, los modelos más usados son los roedores (por ejemplo, ratas de la cepa Wistar) e incluso se están usando primates. También nos podemos servir de modelos animales para determinadas patologías neuropsiquiátricas que cursan con déficits en el procesamiento de la información (Sensory Gating) para estudiarlos desde el punto de vista etiopatogénico y farmacológico, mediante la administración de distintas sustancias,

principalmente antipsicóticos; estamos hablando de modelos de esquizofrenia, principalmente, y en segundo término distintas demencias (como por ejemplo Alzheimer) y Parkinson.

-Por otro lado podemos usar la prueba del RAS/PPI desde la visión de la investigación clínica, lo más extendido basándome en la literatura, son los grupos que realizan la prueba en pacientes con esquizofrenia, ya que la PPI está notablemente alterada, e intentan casar sus resultados con parámetros relacionados, como la edad, el sexo, el hábito tabáquico, otros hábitos nocivos, etc. Aunque también se puede emplear la técnica para analizar pacientes de Parkinson o con distintas demencias, este último campo creo que será de especial importancia en el futuro, ya que estos pacientes son susceptibles de presentar anomalías en los valores de PPI y todavía no ha sido explotado, desde nuestro laboratorio pretendemos establecer una relación con el recién creado Centro de Referencia Estatal de Alzheimer en Salamanca (CREA Salamanca) para aprovechar estos recursos.

-Aunque no sólo se puede emplear la técnica del RAS/PPI en grupos patológicos, también se debe utilizar en sujetos normales (no pacientes) con un objetivo muy claro: **pretendemos crear una base de datos donde delimitemos cuáles son los valores de normalidad en cuanto a RAS y sobre todo PPI**; por ejemplo el colesterol como un parámetro bioquímico; sabemos cuál es su rango de normalidad, por exceso y por defecto, cuando viene un paciente y le hacemos un estudio bioquímico de la sangre (una analítica), sabemos si sus valores de colesterol entran dentro del rango, o están por debajo en exceso. Esto es también lo que se pretende hacer con los valores de PPI, crear la base de datos para que cuando vaya un sujeto a la clínica, en un estado prodrómico de una enfermedad neuropsiquiátrica, si presenta valores alterados de PPI podamos anticiparnos al diagnóstico y empecemos a tratar la enfermedad antes de que sea demasiado tarde. No es lo mismo asistir a un sujeto, posible esquizofrénico, antes si quiera de que haya tenido el primer brote psicótico, que un paciente que haya sufrido varios y esté trastornado, los costes para la salud del individuo, para su familia y para la sociedad en general son mucho menores.

-Pero aquí no acaban los usos de la técnica del RAS/PPI, porque existe un determinado grupo de personas que podrían ser muy interesantes para estudiarlos desde este paradigma: los deportistas. Las personas que practican deporte son el grado máximo de desarrollo del organismo desde el punto de vista físico; ¿los reflejos son innatos, o se pueden entrenar? Lo que está claro es que si en una competición de alto nivel, en la prueba de atletismo de 100 m lisos, se encuentran los mejores atletas del mundo en esos momentos y una persona que no hace deporte entre ellos, cuando se da la salida (recordemos que es un disparo al aire con una pistola), los deportistas tienen una capacidad de reacción explosiva tan grande, que cuando la persona que no hace deporte sale y empieza a correr, los demás ya van por la mitad de la carrera, y eso puede ser reflejo auditivo de sobresalto. ¿Entonces podemos decir que los reflejos se entrenan? ¿O son innatos, y los atletas que están en el máximo nivel, están ahí precisamente porque nacieron con esos reflejos, y lo que hacen es sino potenciarlos? Lo que está claro es que sería posible, de alguna manera, poder seleccionar deportistas, o futuros talentos, mediante una prueba tan simple, barata y sencilla como es la prueba del RAS/PPI, en este nivel las posibilidades económicas serían inmensas, pero también es verdad que estamos hablando de una cuestión que está en pañales, y en principio es un poco como soñar despiertos. Pero todo es posible.

-Por todo lo anterior escrito, es más que evidente, que es necesario hoy en día realizar la optimización y la estandarización de la prueba del RAS/PPI para lograr todos los objetivos que nos propongamos. Con la optimización de la prueba, pretendemos conseguir una economización del tiempo, tanto del sujeto-paciente como del profesional que realiza la medición, con lo que esperamos ampliar el espectro de patologías susceptibles de emplear esta prueba como método diagnóstico y de seguimiento.

-Este trabajo es un primer acercamiento a estos objetivos, nos hemos propuesto estandarizar los valores de la prueba a través de dos paradigmas distintos en los que medimos los diferentes intervalos interestímulos para objetivar cuáles son los que da mejores resultados, mediante la utilización de 18 ratas de la cepa Wistar; y por otro lado hemos intentado optimizar valores en seres humanos, para ello hemos seleccionado cuatro grupos de personas jóvenes (hombres sedentarios, mujeres sedentarias, hombres deportistas y mujeres deportistas) a los que hemos aplicado un determinado paradigma desarrollado para obtener los valores de RAS y PPI y los hemos correlacionado con determinados parámetros físicos (antropometría, test de Bosco de saltos para la integración neuromuscular, test de fuerza de prensión de la mano y test de flexibilidad de cadena muscular posterior), con el objeto de dilucidar si existe una relación causa-efecto entre el practicar un deporte de forma regular y los valores del reflejo auditivo de sobresalto y su inhibición ante un estímulo previo.

## **Conclusiones.**

### **➤ BÁSICA.**

1ª El porcentaje de inhibición ante un estímulo previo y las latencias en las ratas de la cepa Wistar dependen del sexo.

2ª En machos, el % PPI es mayor que en hembras, desciende en ambos a una determinada razón lineal cuanto mayor es el intervalo interestímulo, obteniéndose los mejores resultados con un ISI de 25ms.

3ª Las latencias en las ratas aumentan conforme lo hace el ISI, existiendo una leve tendencia a ser mayores en las hembras.

### **➤ CLÍNICA.**

4ª No existen diferencias significativas entre las sesiones CONS, modifCONS y modifCONS2b.

5ª Las personas que practican deporte tienen unos valores de RAS que tienden a ser menores que los de las personas sedentarias.

6ª Los hombres deportistas tienden a tener una latencia de RAS menores que los demás grupos.

7ª El valor de ISI con el que se obtiene un mayor % PPI es 60 ms, seguido del de 120 ms y en último lugar 30 ms.

8ª Existen diferencias significativas en el IMC y en la Mesomorfia con respecto al sexo (hombre/mujer), y en la Endomorfia con respecto a la condición (deportista/sedentario).

9ª Existen diferencias significativas en cuanto a sexo y condición (ambas a la vez) en el SJ t vuelo, SJ H salto, en el CJ t vuelo, CJ H salto, DJ en potencia de salto y fuerza de prensión de la mano; y sólo en cuanto al sexo en DJ t vuelo y DJ H salto.

10ª No encontramos correlaciones estadísticas entre el RAS y su Latencia por un lado y las distintas PPI y sus latencias por otro, con respecto al resto de medidas que hemos realizado, lo que podría explicarse por la falta de heterogeneidad inter-grupo, el limitado número de casos y la edad de los sujetos.

11ª Es necesario una ampliación del estudio en el futuro para acabar de perfilar las correlaciones estadísticas entre las diferentes variables y terminar de desarrollar la estandarización y optimización de la Prueba del RAS/PPI como herramienta diagnóstica y clínica.

## Bibliografía.

- A. Benasich. Infant discrimination of rapid auditory cues predicts later language impairment, *Behav. Brain Res.* 136 (2002) 31–49.
- A.A. Benasich, N. Choudhury, J.T. Friedman, T. Realpe-Bonilla, C. Chojnowska, Z. Gou, The infant as a prelinguistic model for language learning impairments: predicting from event-related potentials to behavior, *Neuropsychologia* 44 (2006) 396–411.
- A.M. Peiffer, C.K. Dunleavy, M. Frenkel, L.A. Gabel, J.J. LoTurco, G.D. Rosen, R.H. Fitch, Impaired detection of variable duration embedded tones in ectopic NZB/BINJ mice, *NeuroReport* 12 (2001) 2875–2879.
- A.M. Peiffer, G.D. Rosen, Fitch R.H., Rapid auditory processing and MGN morphology in rats reared in varied acoustic environments, *Dev. Brain Res.* 138 (2002) 187–193.
- A.M. Peiffer, G.D. Rosen, R.H. Fitch, Sex differences in auditory processing deficits in microgyric rats, *Dev. Brain Res.* 148 (2004) 53–57.
- A.M. Peiffer, J.T. Friedman, G.D. Rosen. Impaired gap detection in juvenile microgyric rats, *Dev. Brain Res.* 152 (2004) 93–98.
- A.M. Peiffer, M.M. McClure, S.W. Threlkeld, G.D. Rosen, R.H. Fitch, Severity of focal microgyria and associated rapid auditory processing deficits, *NeuroReport* 15 (2004) 1923–1926.
- C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," *Proc. Institute of Radio Engineers*, vol 37, nº1, págs 10-21, enero 1949.
- D.L. Braff, C. Grillon, M.A. Geyer, Gating and habituation of the startle reflex in schizophrenic patients, *Arch. Gen. Psychiatry* 49 (1992) 206–215.
- D.S. Leitner, G.R. Hammond, C.P. Springer, K.M. Ingham, A.M. Mekilo, P.R. Bodison, M.T. Aranda, M.A. Shawaryn, Parameters affecting gap detection in the rat, *Percept. Psychophys.* 54 (1993) 395–405.
- David L. Braff, Gregory A. Light, and Neal R. Swerdlow. Prepulse Inhibition and P50 Suppression Are Both Deficient but not Correlated in Schizophrenia Patients. *BIOL PSYCHIATRY* 2007;61:1204–1207
- Gerónimo Maximiliano Gris. Biotipología, Asignatura: Metodología de la evaluación y estadística aplicada. Universidad Maimónedes.
- H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," *Trans. AIEE*, volumen 47, páginas 617-644, abril 1928.
- H.S. Hoffman, J.R. Ison, Reflex modification in the domain of startle: I. Some empirical findings and their implications for how the nervous system processes sensory input, *Psychol. Rev.* 87 (1980) 175–189.
- Hägg G.M. Interpretation of EMG spectral alterations & alteration indexes at sustained contraction. *J Appl Physiol* 1992;73:1211–1217.
- Ison, L.A. Pinckney. Reflex inhibition in humans: sensitivity to brief silent periods in white noise. *Percept. Psychophys* 34 (1983) 84–88.
- J. Chen, M.M. McClure, R.H. Fitch, E.J. Markus, Crossmodal sensory processing assessments in rodent models of early brain damage, *Soc. Neurosci. Abst.* 29 (2004), p. 919.3.
- J. Zhang, J.A. Engel, M. Ericson, L. Svensson, Involvement of the medial geniculate body in prepulse inhibition of acoustic startle, *Psychopharmacology* 141 (1999) 189–196.
- J.R. Ison, G.P. Bowen, J. Pak, E. Gutierrez, Changes in the strength of prepulse inhibition with variation in the startle baseline associated with individual differences and with old age in rats and mice, *Psychobiology* 25 (1997) 266–274.
- J.R. Ison, G.R. Hammond, Modification of the startle reflex in the rat by changes in the auditory and visual environments, *J. Comp. Physiol. Psychol.* 75 (1971) 435–452.
- J.R. Ison, H.S. Hoffman, Reflex modification in the domain of startle: II. The anomalous history of a robust and ubiquitous phenomenon, *Psychol. Bull.* 94 (1983) 3–17.
- J.R. Ison, K. O'Connor, G.P. Bowen, A. Bocirnea, Temporal resolution of gaps in noise by the rat is lost with functional decortication, *Behav. Neurosci.* 105 (1991) 33–40.
- J.R. Ison, Temporal acuity in auditory function in the rat: reflex inhibition by brief gaps in noise, *J. Comp. Physiol. Psychol.* 96 (1982) 945–954.
- J.T. Friedman, A. Peiffer, M. Clark, A. Benasich, R.H. Fitch, Age and experience related improvements in gap detection in the rat, *Dev. Brain Res.* 152 (2004) 83–91.
- J. Wecker, J. Ison, J. Foss, Reflex modification as a test for sensory function, *Neurobehav. Toxicol. Teratol.* 7 (1985) 733–738.
- K. Ludewig, S. Ludewig, A. Seitz, M. Obrist, M.A. Geyer, F.X. Vollenweider, The acoustic startle reflex and its modulation: effects of age and gender in humans, *Biol. Psychol.* 63 (2003) 311–323.
- K.F. Dean, L.P. Sheets, K.M. Crofton, L.W. Reiter, The effect of age and experience on inhibition of the acoustic startle response by gaps in background noise, *Psychobiology* 18 (1990) 89–95.
- K.M. Crofton, K.F. Dean, L.P. Sheets, Evidence for involvement of associative conditioning in reflex modification of the acoustic startle response with gaps in background noise, *Psychobiology* 18 (1990) 467–474.

- Kasman G.S., Cram J.R. and Wolf S.L. Clinical Applications in surface Electromyography – Chronic Musculoskeletal Pain. 1997, Aspen Publishers, Gaithersburg. pp 1–415
- L. Leumann, D. Sterchi, F. Vollenweider, K. Ludewig, H. Fruh, A neural network approach to the acoustic startle reflex and prepulse inhibition, *Brain Res. Bull.* 56 (2001) 101–110.
- L.G.J.E. Reijmers, B.W.M.M. Peeters, Effects of acoustic prepulses on the startle reflex in rats; a parametric analysis, *Brain Res.* 661 (1994) 174–180.
- Li L, Frost BJ. 2000. Azimuthal directional sensitivity of prepulse inhibition of the pinna startle reflex in decerebrate rats. *Brain Res Bull.* 51:95–100.
- Li L, Korngut LM, Frost BJ, Beninger RJ. 1998a. Prepulse inhibition following lesions of the inferior colliculus: prepulse intensity functions. *Physiol Behav* 65:133–139.
- Li L, Priebe PM, Yeomans JS. 1998b. Prepulse inhibition of acoustic or trigeminal startle of rats by unilateral electrical stimulation of the inferior colliculus. *Behav Neurosci* 112:1187–1198.
- Li L, Yeomans JS. 2000. Using intracranial electrical stimulation to study the timing of prepulse inhibition of the startle reflex. *Brain Res Protoc* 5:67–74.
- Li L, Yue Q. 2002. Auditory gating processes and binaural inhibition in the inferior colliculus. *Hear Res* 168:98–109.
- Lindström L. and Petersén I. Power spectrum analysis of EMG signals and its applications. In *Computer-aided electromyography*. Desmedt J.E (Ed) 1983, pp 1–51. S. Karger AG, Basel.
- Loeb G.E. and Gans C. *Electromyography for experimentalists*. 1986, The University of Chicago Press, Chicago, London.
- López DE, Merchán MA, Bajo VM, Saldaña E. 1993. The cochlear root neurons in the rat, mouse and gerbil. In: Merchán MA, Juiz JM, Godfrey DA, Mugnaini E, editors. *The mammalian cochlear nuclei: organization and function*. New York: Plenum Press. p 291–301.
- López DE, Saldaña E, Nodal FR, Merchán MA, Warr WB. 1999. Projections of cochlear root neurons, sentinels of the auditory pathway in the rat. *J Comp Neurol* 415:160–174.
- M. Clark, G. Rosen, P. Tallal, R.H. Fitch, Impaired processing of complex auditory stimuli in rats with induced cerebrocortical microgyria, *J. Cog.Neurosci.* 12 (2000) 828–839.
- M. Davis, D.S. Gendelman, M.D. Tischler, P.M. Gendelman, A primary acoustic startle circuit: lesion and stimulation studies, *J. Neurosci.* 2 (1982)791–805.
- M. Fendt, L. Li, J.S. Yeomans, Brain stem circuits mediating prepulse inhibition of the startle reflex, *Psychopharmacology* 156 (2001) 216–224.
- M. Koch, H.U. Schnitzler, The acoustic startle response in rats—circuits mediating evocation, inhibition and potentiation, *Behav. Brain Res.* 89 (1997) 35–49.
- M. McClure, A.M. Peiffer, G.D. Rosen, R.H. Fitch, Auditory processing deficits in rats with neonatal hypoxic-ischemic injury, *Int. J. Dev. Neurosci.* 23 (2005) 351–362.
- M. McClure, S. Threlkeld, R.H. Fitch, Auditory processing and learning/memory following erythropoietin administration in neonatally HI injured rats, *Brain Res.* 1132 (2007) 203–209.
- M.G. Clark, G.F. Sherman, H.A. Bimonte, R.H. Fitch, Perceptual auditory gap detection deficits in ectopic male BXSB mice, *NeuroReport* 11 (2000)693–696.
- M.Koch, The neurobiology of startle, *Prog.Neurobiol.* 59 (1999) 107–128.
- M.M.McClure, S.W. Threlkeld,G.D. Rosen, R.H. Fitch,Auditory processing deficits in unilaterally and bilaterally injured hypoxic-ischemic rats, *NeuroReport* 16 (2005) 1309–1312.
- M.McClure, S. Threlkeld,G. Rosen, R.H. Fitch, Rapid auditory processing and learning deficits in rats with P1 versus P7 neonatal hypoxic-ischemic injury, *Behav. Brain Res.* 172 (2006) 114–121.
- M.McClure, S.Threlkeld,R.H. Fitch,The effects of erythropoietin on auditory processing following neonatal hypoxic-ischemic injury, *Brain Res.* 1087 (2006) 190–195.
- Marisol Castañeda Franco, Elsa Tirado Durán. Deficiencias mnésicas, ejecutivas y atencionales como endofenotipos neurocognitivos del trastorno bipolar: una revisión. *Salud Mental*, marzo-abril, año/vol. 31, número 002.
- Marsh RR, Hoffman HS, Stitt CL. 1976. Eyeblink inhibition by monaural and binaural stimulation: one ear is better than two. *Science* 192:390–391.
- Merchán MA, Collía F, López DE, Saldaña E. 1988. Morphology of cochlear root neurons in the rat. *J Neurocytol* 17:711–725.
- Morest DK, Hutson KA, Kwok S. 1990. Cytoarchitectonic atlas of the cochlear nucleus of the chinchilla, *Chinchilla laniger*. *J Comp Neurol* 300:230–248.
- N. Choudhury, P.H. Leppanen, H.J. Leevvers, A.A. Benasich, Infant information processing and family history of specific language impairment: converging evidence for RAP deficits from two paradigms, *Dev. Sci.* 10(2007) 213–236.
- N. Kraus, T. McGee, T. Littman, T. Nicol, C. King, Nonprimary auditory thalamic representation of acoustic change, *J. Neurophysiol.* 72 (1994)1270–1277.

- N.R. Swerdlow, M.A. Geyer, D.L. Braff, Neural circuit regulation of prepulse inhibition of startle in the rat: current knowledge and future challenges, *Psychopharmacology* 156 (2001) 194–215.
- Nodal FR, López DE. 2003. Direct input from cochlear root neurons to pontine reticulospinal neurons in albino rat. *J Comp Neurol* 460:80–93.
- Osen KK, López DE, Slyngstad TA, Ottersen OP, Storm-Mathisen J. 1991. GABA-like and glycine-like immunoreactivities of the cochlear root nucleus in rat. *J Neurocytol* 20:17–25.
- P.K. Pilz, H.U. Schnitzler, D. Menne. Acoustic startle threshold of the albino rat (*Rattus norvegicus*), *J. Comp. Psychol.* 101 (1987) 67–72.
- Paxinos G, Watson C. 1998. The rat brain in stereotaxic coordinates. New York: Academic Press.
- R.H. Fitch, P. Tallal, C. Brown, A. Galaburda, G. Rosen, Induced microgyria and auditory temporal processing in rats: a model for language impairment? *Cereb. Cortex* 4 (1994) 260–270.
- R.H. Fitch, P. Tallal, Neural mechanisms of language-based learning impairments: insights from human populations and animal models, *Behav. Cog. Neurosci. Rev.* 2 (2003) 155–178.
- Raúl Pablo Rodrigo Chamorro. Test de Wingate y Test de Bosco: cómo evaluar la fuerza de nuestros deportistas. Servicio de Apoyo al Deportista del Centro de Tecnificación de Alicante. Consellería de Cultura, Educació i Esport de la Generalitat Valenciana. E-mail: raulpablo@terra.es
- Ross W.D., Wilson N.C. *A stratagem for proportional growth assessment*. In J. Borms & Hebbelinck M (eds.), *Children in Exercise*. Acta Paed. Bel 28: 169-182. 1974.
- S.W. Threlkeld, M.M. McClure, G.D. Rosen, R.H. Fitch, Developmental timeframes for the induction of microgyria and rapid auditory processing deficits in the rat, *Brain Res.* 1109 (2006) 22–31.
- S.W. Threlkeld, C.A. Hill, G.D. Rosen, R.H. Fitch, Effects of cortical developmental disruption and test experience on rapid auditory processing in rats, *Soc. Neurosci. Abst.* 33 (2007).
- Schmid S, Weber M. 2002. Neurons of the superior olivary complex do not excite startle-mediating neurons in the caudal pontine reticular formation. *Neuroreport* 13:2223–2227.
- Sinex DG, López DE, Warr WB. 2001. Electrophysiological responses of cochlear root neurons. *Hear Res* 158:28–38.
- Siri W.E. *Body Composition from fluid space and density. Analysis of Methods*. In *Techniques of Measuring Body Composition*, Washington: Nat Acad Sci. 1961.
- Siri W.E. *The gross composition of the body*. In: Tobias CA, Lawrence J.H. (eds.). *Advances in biological and medical physics*. Vol. 4 New York: Academic press, 239-80. 1966.
- T. Parisi, J.R. Ison, Development of the acoustic startle response in the rat: ontogenetic changes in the magnitude of inhibition by prepulse stimulation, *Dev. Psychobiol.* 12 (1979) 219–230.
- T. Parisi, J.R. Ison, Ontogeny of control over the acoustic startle reflex by visual prestimulation in the rat, *Dev. Psychobiol.* 14 (1981) 311–316.

## Anexo I.

### HOJA DE ANAMNESIS

Número de identificación:

Paciente:

Edad:

Sexo:

Fecha de nacimiento:

Dirección y teléfono de contacto:

Profesión/Actividad:

Años de escolarización (col+inst+univ+otros):

**FECHA:**

**HORA:**

**SEMIOLÓGÍA:** (marcar con una cruz los síntomas actuales o padecidos en el último año)

-General:

Pérdida de conocimiento

Mareo/vértigo

Insomnio

Nerviosismo

Parestesias

Pérdida de peso

Cefaleas

Convulsiones

Otras:

-Síntomas gastrointestinales:

Cambios de apetito

-Cardiovascular:

Hipertensión/hipotensión

Arritmias

-Oídos:

Infección

Pérdida auditiva

-Músculo-esquelético:

Dolores musculares (región)

Problemas articulares (dolor, inflamación, artritis, artrosis)

Ligamentos/esguinces

Problemas óseos/fracturas

Lesiones recientes/de interés

-Mujeres:

Día del último periodo:

Días de menstruación:

Periodicidad:

Embarazo(s):

Complicaciones:

-Alteraciones neuropsiquiátricas:

Depresión

Estrés

Ansiedad

Esquizofrenia

-Alergias:

#### ENFERMEDADES ACTUALES O PASADAS:

#### MEDICAMENTOS QUE TOMA ACTUALMENTE (o ha tomado en los últimos 3 meses):

#### HOSPITALIZACIONES:

Fecha:

Causa:

Intervenciones quirúrgicas:

Accidentes:

#### ANTECEDENTES FAMILIARES:

Ojo a las siguientes enfermedades: adicción, diabetes, enfermedad psiquiátrica.

**HÁBITO DEPORTIVO:**

- Deporte que practica/especialidad:
- Profesional/Semiprofesional/Amateur:
- Tipo de entrenamiento:
- Veces por semana:
- Horas:
- Años de entrenamiento:

**HÁBITOS: (sustancia y cantidad al día)**

|                         | SI/NO | Cantidad | Frecuencia |
|-------------------------|-------|----------|------------|
| Cafeína                 |       |          |            |
| Té                      |       |          |            |
| Colas                   |       |          |            |
| Tabaco                  |       |          |            |
| Drogas (cocaína/hachís) |       |          |            |
| Tranquilizantes         |       |          |            |
| Suplementos<br>¿cuáles? |       |          |            |

**TEST DE BOSCO**

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| Squat Jump:<br><br>Counter Movement Jump:<br><br>Drop Jump: |
|-------------------------------------------------------------|

**TEST DE FUERZA**

|                                                   |
|---------------------------------------------------|
| Mano Dominante:<br><br>Derecha:<br><br>Izquierda: |
|---------------------------------------------------|

**TEST DE FLEXIBILIDAD**

|                                     |
|-------------------------------------|
| Cadena muscular posterior: _____ cm |
|-------------------------------------|

**PRUEBA RAS/PPI**

|                                                             |
|-------------------------------------------------------------|
| Capacidad auditiva:<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br> |
|-------------------------------------------------------------|

## Anexo II.

Organización de las pruebas en ratas. Organigrama.

| DÍA             | Nº ANIMAL | SESIÓN   | SEXO | FILENAME | PESO(g) | EDAD(semanas) |
|-----------------|-----------|----------|------|----------|---------|---------------|
| Martes 12/05    | L12-09/22 | prepisi1 | M    | IMNCRN01 | 220     | 14,5          |
| Martes 12/05    | L12-09/23 | prepisi1 | M    | IMNCRN02 | 192     | 14,5          |
| Martes 12/05    | L12-09/24 | prepisi1 | M    | IMNCRN03 | 204     | 14,5          |
| Martes 12/05    | L12-09/25 | prepisi2 | H    | JHNCRN04 | 153     | 14,5          |
| Martes 12/05    | L12-09/26 | prepisi2 | H    | JHNCRN05 | 163     | 14,5          |
| Martes 12/05    | L12-09/27 | prepisi2 | H    | JHNCRN06 | 163     | 14,5          |
| Miércoles 13/05 | L12-09/31 | prepisi1 | M    | IMNCRJ07 | 196     | 10            |
| Miércoles 13/05 | L12-09/32 | prepisi1 | M    | IMNCRJ08 | 194     | 10            |
| Miércoles 13/05 | L12-09/33 | prepisi1 | M    | IMNCRJ09 | 184     | 10            |
| Miércoles 13/05 | L12-09/34 | prepisi2 | M    | JMNCRJ10 | 188     | 10            |
| Miércoles 13/05 | L12-09/38 | prepisi2 | H    | JHNCRJ11 | 143     | 10            |
| Miércoles 13/05 | L12-09/39 | prepisi2 | H    | JHNCRJ12 | 135     | 10            |
| Jueves 14/05    | L12-09/28 | prepisi1 | H    | IHNCRN13 | 160     | 14,5          |
| Jueves 14/05    | L12-09/29 | prepisi1 | H    | IHNCRN14 | 155     | 14,5          |
| Jueves 14/05    | L12-09/30 | prepisi1 | H    | IHNCRN15 | 161     | 14,5          |
| Jueves 14/05    | L12-09/35 | prepisi2 | H    | JHNCRJ16 | 130     | 10            |
| Jueves 14/05    | L12-09/36 | prepisi2 | H    | JHNCRJ17 | 130     | 10            |
| Jueves 14/05    | L12-09/37 | prepisi2 | H    | JHNCRJ18 | 153     | 10            |
| Martes 19/05    | L12-09/22 | prepisi2 | M    | JMNCR%19 | 236     | 15,5          |
| Martes 19/05    | L12-09/23 | prepisi2 | M    | JMNCR%20 | 215     | 15,5          |
| Martes 19/05    | L12-09/24 | prepisi2 | M    | JMNCR%21 | 230     | 15,5          |
| Martes 19/05    | L12-09/25 | prepisi1 | H    | IHNCR%22 | 171     | 15,5          |
| Martes 19/05    | L12-09/26 | prepisi1 | H    | IHNCR%23 | 176     | 15,5          |
| Martes 19/05    | L12-09/27 | prepisi1 | H    | IHNCR%24 | 180     | 15,5          |
| Miércoles 20/05 | L12-09/31 | prepisi2 | M    | JMNCRK25 | 220     | 11            |
| Miércoles 20/05 | L12-09/32 | prepisi2 | M    | JMNCRK26 | 214     | 11            |
| Miércoles 20/05 | L12-09/33 | prepisi2 | M    | JMNCRK27 | 210     | 11            |
| Miércoles 20/05 | L12-09/34 | prepisi1 | M    | IMNCRK28 | 215     | 11            |
| Miércoles 20/05 | L12-09/38 | prepisi1 | H    | IHNCRK29 | 163     | 11            |
| Miércoles 20/05 | L12-09/39 | prepisi1 | H    | IHNCRK30 | 146     | 11            |
| Jueves 21/05    | L12-09/28 | prepisi2 | H    | JHNCR%31 | 174     | 15,5          |
| Jueves 21/05    | L12-09/29 | prepisi2 | H    | JHNCR%32 | 175     | 15,5          |
| Jueves 21/05    | L12-09/30 | prepisi2 | H    | JHNCR%33 | 181     | 15,5          |
| Jueves 21/05    | L12-09/35 | prepisi1 | H    | IHNCRK34 | 149     | 11            |
| Jueves 21/05    | L12-09/36 | prepisi1 | H    | IHNCRK35 | 149     | 11            |
| Jueves 21/05    | L12-09/37 | prepisi1 | H    | IHNCRK36 | 167     | 11            |

## Anexo III.

Tabla de los datos obtenidos en las sesiones de las ratas.

| 1. Tipo estímulo * sexo * edad |               |      |             |       |            |                                |                 |
|--------------------------------|---------------|------|-------------|-------|------------|--------------------------------|-----------------|
| Variable depend.               | Tipo estímulo | sexo | edad (sems) | Media | Error típ. | Intervalo de confianza al 95%. |                 |
|                                |               |      |             |       |            | Límite inferior                | Límite superior |
| % PPI                          | PRE80+ISI50   | ♀    | 10          | 31,07 | 7,96       | 15,23                          | 46,90           |
|                                |               |      | 11          | 46,87 | 7,96       | 31,03                          | 62,70           |
|                                |               |      | 15          | 36,44 | 7,26       | 21,99                          | 50,90           |
|                                |               |      | 16          | 41,45 | 7,26       | 27,00                          | 55,91           |
|                                |               | ♂    | 10          | 41,88 | 8,90       | 24,18                          | 59,58           |
|                                |               |      | 11          | 60,77 | 8,90       | 43,07                          | 78,48           |
|                                |               |      | 15          | 43,33 | 10,27      | 22,89                          | 63,78           |
|                                |               |      | 16          | 64,51 | 10,27      | 44,07                          | 84,95           |
|                                | PRE80+ISI25   | ♀    | 10          | .(a)  | .          | .                              | .               |
|                                |               |      | 11          | 51,72 | 7,96       | 35,89                          | 67,55           |
|                                |               |      | 15          | 22,68 | 10,27      | 2,24                           | 43,13           |
|                                |               |      | 16          | 47,86 | 10,27      | 27,42                          | 68,30           |
|                                |               | ♂    | 10          | 42,02 | 10,27      | 21,57                          | 62,46           |
|                                |               |      | 11          | 72,57 | 17,79      | 37,16                          | 107,98          |
|                                |               |      | 15          | 44,60 | 10,27      | 24,1                           | 65,05           |
|                                |               |      | 16          | .(a)  | .          | .                              | .               |
|                                | PRE80+ISI100  | ♀    | 10          | 25,66 | 7,96       | 9,83                           | 41,50           |
|                                |               |      | 11          | 40,55 | 7,96       | 24,72                          | 56,39           |
|                                |               |      | 15          | 31,64 | 7,26       | 17,19                          | 46,10           |
|                                |               |      | 16          | 39,76 | 7,26       | 25,30                          | 54,21           |
|                                |               | ♂    | 10          | 29,68 | 8,90       | 11,98                          | 47,39           |
|                                |               |      | 11          | 53,63 | 8,90       | 35,93                          | 71,33           |
|                                |               |      | 15          | 41,83 | 10,27      | 21,39                          | 62,28           |
|                                |               |      | 16          | 62,76 | 10,27      | 42,32                          | 83,20           |
|                                | PRE80+ISI150  | ♀    | 10          | 19,39 | 7,96       | 3,56                           | 35,23           |
|                                |               |      | 11          | .(a)  | .          | .                              | .               |
|                                |               |      | 15          | 24,15 | 10,27      | 3,70                           | 44,59           |
|                                |               |      | 16          | 39,07 | 10,27      | 18,62                          | 59,51           |
|                                |               | ♂    | 10          | 20,68 | 17,79      | -14,73                         | 56,09           |
|                                |               |      | 11          | 42,64 | 10,27      | 22,20                          | 63,08           |
|                                |               |      | 15          | .(a)  | .          | .                              | .               |
|                                |               |      | 16          | .(a)  | .          | .                              | .               |

|      |              |   |    |       |       |       |       |
|------|--------------|---|----|-------|-------|-------|-------|
| Tmax | PRE80+ISI50  | ♀ | 16 | 48,13 | 10,27 | 27,69 | 68,58 |
|      |              |   | 10 | 26,20 | 1,38  | 23,46 | 28,94 |
|      |              |   | 11 | 25,46 | 1,38  | 22,73 | 28,20 |
|      |              |   | 15 | 23,87 | 1,26  | 21,37 | 26,36 |
|      |              | ♂ | 16 | 22,09 | 1,26  | 19,59 | 24,59 |
|      |              |   | 10 | 24,97 | 1,54  | 21,91 | 28,03 |
|      |              |   | 11 | 23,59 | 1,54  | 20,53 | 26,66 |
|      |              |   | 15 | 24,10 | 1,78  | 20,57 | 27,64 |
|      |              |   | 16 | 24,60 | 1,78  | 21,07 | 28,14 |
|      | PRE80+ISI25  | ♀ | 10 | .(a)  | .     | .     | .     |
|      |              |   | 11 | 22,46 | 1,38  | 19,73 | 25,20 |
|      |              |   | 15 | 27,46 | 1,78  | 23,92 | 30,99 |
|      |              |   | 16 | 24,92 | 1,78  | 21,38 | 28,45 |
|      |              | ♂ | 10 | 23,81 | 1,78  | 20,28 | 27,35 |
|      |              |   | 11 | 26,25 | 3,08  | 20,13 | 32,37 |
|      |              |   | 15 | 21,10 | 1,78  | 17,57 | 24,64 |
|      |              |   | 16 | .(a)  | .     | .     | .     |
|      | PRE80+ISI100 | ♀ | 10 | 26,63 | 1,38  | 23,89 | 29,36 |
|      |              |   | 11 | 24,79 | 1,38  | 22,05 | 27,53 |
|      |              |   | 15 | 26,22 | 1,26  | 23,72 | 28,72 |
|      |              |   | 16 | 23,57 | 1,26  | 21,07 | 26,07 |
|      |              | ♂ | 10 | 23,36 | 1,54  | 20,30 | 26,42 |
|      |              |   | 11 | 24,42 | 1,54  | 21,36 | 27,48 |
|      |              |   | 15 | 25,17 | 1,78  | 21,63 | 28,70 |
|      |              |   | 16 | 24,52 | 1,78  | 20,99 | 28,06 |
|      | PRE80+ISI150 | ♀ | 10 | 26,60 | 1,38  | 23,86 | 29,34 |
|      |              |   | 11 | .(a)  | .     | .     | .     |
|      |              |   | 15 | 27,08 | 1,78  | 23,55 | 30,62 |
|      |              |   | 16 | 24,42 | 1,78  | 20,88 | 27,95 |
|      |              | ♂ | 10 | 30,19 | 3,08  | 24,07 | 36,31 |
|      |              |   | 11 | 23,50 | 1,78  | 19,97 | 27,04 |
|      |              |   | 15 | .(a)  | .     | .     | .     |
|      |              |   | 16 | 25,58 | 1,78  | 22,05 | 29,12 |

a. Esta combinación de niveles de los factores no tiene observaciones, por lo que la correspondiente media marginal poblacional no es estimable.

**Continuación del Anexo III.****Pruebas de los efectos inter-sujetos**

| Fuente               | Variable dependiente | Suma de cuadrados tipo III | Grados de libertad | Media cuadrática | F        | Significación |
|----------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|------------------|----------|---------------|
| Modelo corregido     | % PPI                | 14828,935(a)               | 27                 | 549,220          | 1,735    | ,031          |
|                      | tmaxmed              | 277,415(b)                 | 27                 | 10,275           | 1,086    | ,377          |
| Intersección         | % PPI                | 145765,826                 | 1                  | 145765,826       | 460,483  | ,000          |
|                      | tmaxmed              | 52097,277                  | 1                  | 52097,277        | 5506,187 | ,000          |
| ttrial               | % PPI                | 2117,336                   | 3                  | 705,779          | 2,230    | ,091          |
|                      | tmaxmed              | 19,816                     | 3                  | 6,605            | ,698     | ,556          |
| sexo                 | % PPI                | 2642,276                   | 1                  | 2642,276         | 8,347    | ,005*         |
|                      | tmaxmed              | ,013                       | 1                  | ,013             | ,001     | ,970          |
| edad                 | % PPI                | 6693,649                   | 3                  | 2231,216         | 7,049    | ,000*         |
|                      | tmaxmed              | 37,666                     | 3                  | 12,555           | 1,327    | ,271          |
| ttrial * sexo        | % PPI                | 361,027                    | 3                  | 120,342          | ,380     | ,768          |
|                      | tmaxmed              | 15,356                     | 3                  | 5,119            | ,541     | ,656          |
| ttrial * edad        | % PPI                | 698,427                    | 9                  | 77,603           | ,245     | ,986          |
|                      | tmaxmed              | 49,525                     | 9                  | 5,503            | ,582     | ,808          |
| sexo * edad          | % PPI                | 488,336                    | 3                  | 162,779          | ,514     | ,674          |
|                      | tmaxmed              | 29,032                     | 3                  | 9,677            | 1,023    | ,387          |
| ttrial * sexo * edad | % PPI                | 98,144                     | 5                  | 19,629           | ,062     | ,997          |
|                      | tmaxmed              | 76,204                     | 5                  | 15,241           | 1,611    | ,167          |
| Error                | % PPI                | 25323,969                  | 80                 | 316,550          |          |               |
|                      | tmaxmed              | 756,927                    | 80                 | 9,462            |          |               |
| Total                | % PPI                | 217781,371                 | 108                |                  |          |               |
|                      | tmaxmed              | 66835,913                  | 108                |                  |          |               |
| Total corregida      | % PPI                | 40152,905                  | 107                |                  |          |               |
|                      | tmaxmed              | 1034,342                   | 107                |                  |          |               |

a R cuadrado = ,369 (R cuadrado corregida = ,156)

b R cuadrado = ,268 (R cuadrado corregida = ,021)

## Anexo IV.

Correlación 1 en humanos: amplitud y latencia de RAS con el resto de variables.

| Correlaciones                                                  |                        |                 |                 |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
|                                                                |                        | Amplitud<br>RAS | LATENCIA<br>RAS |
| RAS                                                            | Correlación de Pearson | 1               | 0,147           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       |                 | 0,415           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| LATENCIA<br>RAS                                                | Correlación de Pearson | 0,147           | 1               |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,415           |                 |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| IMC                                                            | Correlación de Pearson | 0,159           | 0,040           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,376           | 0,824           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| ENDOM                                                          | Correlación de Pearson | 0,167           | 0,100           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,352           | 0,581           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| MESOM                                                          | Correlación de Pearson | -0,043          | -0,037          |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,810           | 0,838           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| ECTOM                                                          | Correlación de Pearson | -0,310          | -0,045          |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,079           | 0,802           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| SJ-AVRG t<br>vuelo(ms)                                         | Correlación de Pearson | -0,081          | 0,009           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,656           | 0,958           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| SJ-AVRG H<br>salto(cm)                                         | Correlación de Pearson | -0,117          | 0,000           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,516           | 1,000           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| CJ-AVRG t<br>vuelo(ms)                                         | Correlación de Pearson | -0,058          | 0,022           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,747           | 0,903           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| CJ-AVRG H<br>salto(cm)                                         | Correlación de Pearson | -0,113          | 0,003           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,530           | 0,987           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| DJ-AVRG t<br>vuelo(ms)                                         | Correlación de Pearson | 0,039           | 0,039           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,831           | 0,831           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| DJ-AVRG H<br>salto(cm)                                         | Correlación de Pearson | 0,005           | 0,031           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,978           | 0,865           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| DJ-AVRG<br>potencia(W/Kg)                                      | Correlación de Pearson | -0,056          | -0,084          |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,756           | 0,642           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| FUERZA<br>PRENSIÓN<br>MEDIA (Kg)                               | Correlación de Pearson | -0,177          | -0,139          |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,324           | 0,442           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| FLEXIBILIDAD<br>CAD. POST.<br>(cm)                             | Correlación de Pearson | -0,098          | 0,084           |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,586           | 0,644           |
|                                                                | N                      | 33              | 33              |
| **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). |                        |                 |                 |
| *. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).  |                        |                 |                 |

## Anexo V.

Correlación 2 en humanos: PPI y sus latencias con el resto de variables.

| Correlaciones                                                  |                        | PPI30    | PPI60    | PPI120   | Tmax30   | Tmax60   | Tmax120  |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PPI30                                                          | Correlación de Pearson | 1        | ,813(**) | ,734(**) | -0,092   | 0,034    | 0,053    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       |          | 0,000    | 0,000    | 0,609    | 0,849    | 0,768    |
| PPI60                                                          | Correlación de Pearson | ,813(**) | 1        | ,870(**) | -,422(*) | -0,145   | -0,084   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,000    |          | 0,000    | 0,015    | 0,422    | 0,642    |
| PPI120                                                         | Correlación de Pearson | ,734(**) | ,870(**) | 1        | -0,276   | 0,009    | 0,178    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,000    | 0,000    |          | 0,121    | 0,961    | 0,321    |
| Tmax                                                           | Correlación de Pearson | -0,092   | -,422(*) | -0,276   | 1        | ,510(**) | ,401(*)  |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,609    | 0,015    | 0,121    |          | 0,002    | 0,021    |
| Tmax60                                                         | Correlación de Pearson | 0,034    | -0,145   | 0,009    | ,510(**) | 1        | ,498(**) |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,849    | 0,422    | 0,961    | 0,002    |          | 0,003    |
| Tmax120                                                        | Correlación de Pearson | 0,053    | -0,084   | 0,178    | ,401(*)  | ,498(**) | 1        |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,768    | 0,642    | 0,321    | 0,021    | 0,003    |          |
| IMC                                                            | Correlación de Pearson | 0,132    | 0,087    | 0,196    | -0,067   | 0,139    | 0,046    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,464    | 0,631    | 0,274    | 0,709    | 0,439    | 0,798    |
| ENDOM                                                          | Correlación de Pearson | 0,005    | 0,030    | 0,120    | -0,035   | 0,024    | 0,073    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,980    | 0,867    | 0,506    | 0,849    | 0,894    | 0,688    |
| MESOM                                                          | Correlación de Pearson | 0,075    | 0,054    | 0,130    | 0,036    | 0,119    | 0,012    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,679    | 0,766    | 0,471    | 0,844    | 0,510    | 0,947    |
| ECTOM                                                          | Correlación de Pearson | -0,262   | -0,190   | -0,248   | 0,098    | -0,054   | -0,035   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,140    | 0,290    | 0,165    | 0,589    | 0,766    | 0,847    |
| SJ-AVRG t vuelo(ms)                                            | Correlación de Pearson | 0,167    | 0,119    | 0,031    | 0,085    | 0,117    | -0,052   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,352    | 0,511    | 0,863    | 0,638    | 0,515    | 0,773    |
| SJ-AVRG H salto(cm)                                            | Correlación de Pearson | 0,153    | 0,111    | 0,020    | 0,105    | 0,126    | -0,039   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,395    | 0,540    | 0,911    | 0,561    | 0,484    | 0,828    |
| CJ-AVRG t vuelo(ms)                                            | Correlación de Pearson | 0,094    | 0,005    | -0,066   | 0,077    | 0,096    | -0,039   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,604    | 0,979    | 0,716    | 0,670    | 0,597    | 0,831    |
| CJ-AVRG H salto(cm)                                            | Correlación de Pearson | 0,071    | -0,008   | -0,076   | 0,095    | 0,109    | -0,023   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,695    | 0,965    | 0,674    | 0,598    | 0,544    | 0,900    |
| DJ-AVRG t vuelo(ms)                                            | Correlación de Pearson | 0,087    | 0,024    | -0,015   | 0,075    | 0,055    | 0,002    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,630    | 0,895    | 0,934    | 0,678    | 0,760    | 0,993    |
| DJ-AVRG H salto(cm)                                            | Correlación de Pearson | 0,081    | 0,028    | -0,021   | 0,072    | 0,054    | 0,007    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,656    | 0,877    | 0,909    | 0,691    | 0,767    | 0,971    |
| DJ-AVRG potencia(W/Kg)                                         | Correlación de Pearson | 0,112    | 0,144    | 0,052    | 0,035    | -0,080   | 0,063    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,534    | 0,425    | 0,772    | 0,845    | 0,658    | 0,727    |
| FUERZA PRENSIÓN MEDIA (Kg)                                     | Correlación de Pearson | 0,191    | 0,227    | 0,251    | -0,117   | 0,048    | -0,082   |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,288    | 0,203    | 0,158    | 0,516    | 0,789    | 0,651    |
| FLEXIBILIDAD CAD. POST. (cm)                                   | Correlación de Pearson | 0,257    | 0,164    | 0,132    | 0,053    | 0,136    | 0,195    |
|                                                                | Sig. (bilateral)       | 0,149    | 0,363    | 0,464    | 0,769    | 0,451    | 0,277    |
| Núm. Casos                                                     |                        | 33       | 33       | 33       | 33       | 33       | 33       |
| **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral). |                        |          |          |          |          |          |          |
| *. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).   |                        |          |          |          |          |          |          |

## ANEXO VI.

Datos de la elección de la sesión. CONS vs. modifCONS1 vs. modifCONS2b.

| SUJETO   | SESIÓN      | FECHA           | Vmax<br><i>i</i> | Tmax<br><i>i</i> | Vmax<br><i>m</i> | Tmax<br><i>m</i> | Vmax<br><i>pre30</i> | Vmax<br><i>pre60</i> | Vmax<br><i>pre120</i> | Tmax<br><i>pre30</i> | Tmax<br><i>pre60</i> | Tmax<br><i>pre120</i> | PPI 30 | PPI 60 | PPI 120 | Vmax <i>f</i> | Tmax <i>f</i> | Habitución |
|----------|-------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------|--------|---------|---------------|---------------|------------|
| Victoria | CONS        | 06/03/200913:10 | 260,8            | 110              | 291,5            | 69,833           | 112,71               | 85,31                | 78                    | 113,64               | 95,92                | 88,31                 | 61,33  | 70,73  | 73,242  | 107,6         | 64            | 153,2      |
| Victoria | modifCONS1  | 07/03/200913:02 | 196,5            | 57               | 143,33           | 62               | 84,57                | 69,714               | 93,285                | 60,857               | 110,57               | 83,428                | 41     | 51,36  | 34,916  | 108,4         | 87,6          | 88,1       |
| Victoria | modifCONS2b | 14/03/200916:54 | 437,4            | 70               | 198              | 60               | 92,083               | 80,5                 | 51,21                 | 105,25               | 72,357               | 77,857                | 53,49  | 59,34  | 74,136  | 189,2         | 67,6          | 248,2      |
| José M.  | CONS        | 07/03/200913:58 | 301,8            | 70               | 286,5            | 61,5             | 175                  | 146,5                | 194,21                | 78,15                | 54,28                | 117,21                | 38,92  | 48,87  | 32,213  | 243           | 57            | 58,8       |
| José M.  | modifCONS1  | 07/03/200914:14 | 178              | 65               | 153              | 62               | 134,57               | 157                  | 149,28                | 111,14               | 54,28                | 59,86                 | 12,05  | 0      | 2,4314  | 156,4         | 58,6          | 21,6       |
| José M.  | modifCONS2b | 14/03/200916:32 | 241,75           | 66,25            | 179,83           | 66,33            | 105,72               | 109,93               | 157,14                | 130,18               | 164,35               | 54,29                 | 41,21  | 38,87  | 12,617  | 120,2         | 55,2          | 121,55     |
| Roger    | CONS        | 12/03/200921:40 | 100,6            | 167              | 63,5             | 94,75            | 69,64                | 70,857               | 63,54                 | 454,64               | 458,5                | 380,53                | 0      | 0      | 0       | 61,6          | 342,4         | 39         |
| Roger    | modifCONS1  | 12/03/200919:19 | 99               | 75               | 65               | 54,33            | 67,71                | 52,28                | 56,167                | 381,14               | 175,71               | 374,667               | 0      | 19,57  | 13,589  | 50,8          | 207,2         | 48,2       |
| Roger    | modifCONS2b | 14/03/200913:53 | 72,4             | 62               | 57               | 70,33            | 44,43                | 47                   | 44,43                 | 289                  | 314,285              | 223,93                | 22,05  | 17,54  | 22,053  | 57,8          | 114,4         | 14,6       |
| Vanessa  | CONS        | 04/03/200910:57 | 963,25           | 123              | 665              | 77,167           | 644,27               | 565,9                | 545,43                | 52,9                 | 64,54                | 57,5                  | 3,117  | 14,9   | 17,98   | 608           | 80,25         | 355,25     |
| Vanessa  | modifCONS1  | 04/03/200919:21 | 1122             | 83               | 744              | 58               | 700,67               | 543                  | 792,43                | 44,33                | 54,5                 | 50,14                 | 5,824  | 27,02  | 0       | 676,8         | 67,6          | 445,2      |
| Vanessa  | modifCONS2b | 16/03/200913:11 | 623,75           | 71,75            | 630              | 67,167           | 359,38               | 305,82               | 376                   | 47,846               | 54,1                 | 53,84                 | 42,96  | 51,46  | 40,317  | 538,2         | 94,6          | 85,55      |
| Mario    | CONS        | 04/03/200919:53 | 831,2            | 90,8             | 667,33           | 72               | 369,44               | 146,5                | 251,3                 | 39,889               | 52,625               | 58,54                 | 44,64  | 78,05  | 62,342  | 603,6         | 66,4          | 227,6      |
| Mario    | modifCONS1  | 04/03/200910:23 | 877,8            | 94,4             | 709,667          | 107              | 520,6                | 187,4                | 158,2                 | 39,2                 | 229                  | 198                   | 26,64  | 73,59  | 77,708  | 568,4         | 79,6          | 309,4      |
| Mario    | modifCONS2b | 16/03/200913:33 | 764,6            | 80,8             | 540,2            | 75,8             | 262,86               | 127                  | 222,857               | 44                   | 55,667               | 56                    | 51,34  | 76,49  | 58,745  | 539,75        | 71,25         | 224,85     |
| Laura    | CONS        | 12/03/200917:18 | 273,5            | 60               | 223              | 70               | 307,93               | 67,61                | 68,28                 | 122,07               | 138                  | 62,14                 | 0      | 69,68  | 69,381  | 240,2         | 70,2          | 33,3       |
| Laura    | modifCONS1  | 12/03/200920:19 | 327              | 63,2             | 260,33           | 68               | 150,43               | 111,5                | 79,57                 | 49,43                | 58                   | 67,857                | 42,22  | 57,17  | 69,435  | 244           | 66,4          | 83         |
| Laura    | modifCONS2b | 16/03/200913:54 | 250              | 67,8             | 297              | 66,667           | 129,92               | 92,07                | 166,23                | 72,38                | 129,857              | 62,77                 | 56,26  | 69     | 44,03   | 245           | 61,4          | 5          |
| Beatriz  | CONS        | 06/03/200912:06 | 325,4            | 62,2             | 193              | 66,167           | 170,857              | 179,857              | 207,615               | 142,64               | 100,07               | 108,15                | 11,47  | 6,81   | 0       | 131,8         | 69,8          | 193,6      |
| Beatriz  | modifCONS1  | 05/03/200911:54 | 487,25           | 57               | 232,667          | 211              | 211,286              | 113                  | 210,57                | 58,714               | 49,43                | 116,28                | 9,19   | 51,43  | 9,4973  | 217,8         | 63,4          | 269,45     |
| Beatriz  | modifCONS2b | ?               | ?                | ?                | ?                | ?                | ?                    | ?                    | ?                     | ?                    | ?                    | ?                     | ?      | ?      | ?       | ?             | ?             | ?          |