



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**

**LA PRÁCTICA DE LA MEDITACIÓN Y LA RESPUESTA
EMOCIONAL ESTUDIADA A TRAVÉS DE LA
REACTIVIDAD PUPILAR**

ALEJANDRA PAULINA VÁSQUEZ ROSATI

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS BIOMÉDICAS
MENCIÓN NEUROCIENCIAS**

Director de Tesis: Prof. Dr. PEDRO MALDONADO

2011

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE MEDICINA
ESCUELA DE POSTGRADO**

INFORME DE APROBACION TESIS DE MAGISTER

Se informa a la Comisión de Grados Académicos de la Facultad de Medicina, que la Tesis de Magíster presentada por la candidata

ALEJANDRA PAULINA VÁSQUEZ ROSATI

ha sido aprobada por la Comisión Informante de Tesis como requisito para optar al Grado de Magíster en Ciencias Biomédicas con mención en Neurociencias en el Examen de Defensa de Tesis rendido el día 26 de Agosto de 2011.

**Prof. Dr. Pedro Maldonado
Director de Tesis
ICBM**

COMISION INFORMANTE DE TESIS

Prof. Dr. José Luis Valdés

Prof. Dr. Luis Risco

**Prof. Dr. Fernando Ivanovic
Presidente Comisión**

INDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 Neurobiología de la percepción interna.....	9
1.2 Meditación, corteza insular y procesamiento afectivo	11
2. HIPÓTESIS	17
3. OBJETIVOS	18
3.1 Objetivos generales:.....	18
3.2 Objetivos específicos:.....	18
4. MÉTODOS	19
4.1 Participantes	19
4.2 Test de Ansiedad	20
4.3 Tarea	21
4.4 Registros.....	26
4.5 Análisis de Datos	26
5. RESULTADOS.....	30
5.1 Evaluación perceptual de las imágenes.	30
5.2 Respuesta pupilar.....	31
5.3 Frecuencia Cardíaca y Conductancia de la piel	47
6. DISCUSIÓN.....	50
7. BIBLIOGRAFÍA	55

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1: Respuesta pupilar en Bradlet et al. (2008)	15
Tabla 1: Resumen de los sujetos considerados en el estudio	20
FIGURA 2: Diagrama del experimento	23
FIGURA 3: Sistema Eye-Tracker	24
FIGURA 4: Fotoplentismógrafo	25
FIGURA 5: Galvanómetro	26
FIGURA 6: Datos del registro sin procesar	29
Tabla 2: Comparación de resultados en la percepción afectiva de las imágenes	30
FIGURA 7: Respuesta pupilar a la luz	32
FIGURA 8: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a las imágenes con valencia emocional	34
FIGURA 9: Resultados estadísticos grupo Control	37
FIGURA 10: Resultados estadísticos grupo Meditadores	38
FIGURA 11: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a imágenes con valencia negativa	40
FIGURA 12: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a imágenes con valencia positiva	42
FIGURA 13: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a imágenes con valencia neutra	44
FIGURA 14: Comparación estadística entre Controles y Meditadores	45
FIGURA 15: Correlación entre el diámetro pupilar previo a la contracción y en su contracción máxima ..	47
FIGURA 16: Frecuencia Cardíaca	49

RESUMEN

En los últimos años, las prácticas meditativas han adquirido cada vez más importancia clínica. Algunos de los beneficios de la meditación tienen relación con la disminución del estado ansioso de los pacientes y aumento de la producción de anticuerpos, lo que a su vez, está conectado con la reducción del tiempo de hospitalización y desarrollo general de bienestar. Estudios neurobiológicos que han buscado examinar el sustrato neuronal de la práctica meditativa, han relacionado a la corteza insular con el procesamiento emocional y la respuesta autonómica, y donde la respuesta pupilar ha sido utilizada como marcador fisiológico de los cambios autonómicos y del procesamiento emocional. Sin embargo, existen pocos estudios acerca de los efectos fisiológicos a largo plazo, observados luego de la incorporación de estas prácticas. Nuestra hipótesis propone que las respuestas pupilares de meditadores, a diferencia de sujetos regulares, son distintas, lo que podría reflejar un procesamiento emocional diferente entre estos dos grupos. Para verificar esta hipótesis, se registró la variación del diámetro pupilar en 11 sujetos meditadores y 10 sujetos sin prácticas meditativas, mientras observaban una secuencia aleatoria de imágenes, con valencia emocional positiva, negativa o neutra. Los resultados muestran que el grupo de meditadores presentó un comportamiento diferente en magnitud de la respuesta pupilar en relación al grupo control. El grupo control presentó una menor contracción pupilar cuando se presentaban imágenes con valencia negativa. Estas respuestas están moduladas por el sistema nervioso autonómico, en sus dos componentes, simpático y parasimpático. Finalmente, este estudio demuestra que la respuesta pupilar puede ser usada como marcador autonómico del procesamiento emocional.

ABSTRACT

Clinically, meditative practices have become increasingly relevant. Some of its benefits relates to decrease of anxiety in patients and increase antibody production, which in turn, correlate with reduced time of hospitalization and general well being. However, there are few studies examining the physiological correlates or effects of the incorporation of meditative practices. Because the pupillary reactivity has become a marker for autonomic changes and emotional processing, we hypothesizes that the pupillary responses of meditation practitioners (MP) and subjects without such practices (NM) differ, reflecting different emotional processing between these two groups. In a group of 10 MP and 11 NM we recorded the pupil diameter using high-resolution video-oculography (Eyelink II) while these subjects viewed random sequence of images with positive, negative or neutral emotional valence (International Affective Picture System), equated by luminance level. As a control, subjects were also presented with pink noise images, interleaved with emotional images. We found that all subjects showed a characteristic response that included a decrease of pupillary size starting at about 200 msec after the onset of the images and peaked at about 500 msec. However, this pupillary contraction was significantly smaller for images with negative emotional content, although more so for NM than for MP. In addition, while neutral and positive images resulted in a restoration of pupil size by 2000 msec, negative images evoked a large and sustained pupil dilatation. This response is also significantly larger for NM than MP. Also, MP show faster pupil contraction than NM, when they view pictures with negative valence. Pupillary responses for pink noise images were similar in all subjects, exhibiting a time course similar to neutral images. These results suggest that meditation practitioners exhibit a distinct, reduced pupillary response to negative images than normal subjects. The time course of this response hints that these differences relate to the sympathetic component of the autonomic pupillary response. Finally, our study demonstrates that contraction and dilation stages of the pupillary response can be used as a marker of emotional processing.

1. INTRODUCCIÓN

La práctica de meditación ha mostrado una reducción de los días de hospitalización, y se ha usado como un eficiente tratamiento para el estrés. Alrededor de 200 programas de clínicas en Estados Unidos han comenzado a implementar la meditación en la rehabilitación de sus pacientes (USA Today). Davidson implementó un programa enfocado a la reducción del estrés (Mindfulness-based Stress Reduction, MBSR), en el cual observó una disminución del estado de ansiedad en aquellas personas que habían accedido al programa. En el mismo estudio, observó que las personas que meditaban aumentaron la producción de anticuerpos, mejorando la función inmune (Davidson et al. 2003). Otros estudios en los que se ha incorporado la práctica de la meditación en el tratamiento de los pacientes han mostrado una disminución en la recaída/recurrencia en pacientes que sufren de Depresión Mayor en comparación con aquellos pacientes que no practican meditación; y en pacientes con Depresión, una disminución de los síntomas como ansiedad y depresión (Chiesa et al. 2010). En niños diagnosticados con déficit atencional e hiperactividad, se ha observado una disminución de los principales síntomas: hiperactividad, impulsividad e inatención. En algunos casos los niños redujeron e incluso dejaron su medicación y aun así, mejoraron sus síntomas (Rubia et al. 2009, Harrison et al. 2004). También la meditación es usada para tratamientos del dolor, insomnio, estrés y síntomas físicos o emocionales asociado a enfermedades crónicas (enfermedades cardíacas, SIDA y cáncer) (National Center of Complementary and Alternative Medicine). Es por esto que han comenzado a considerarse como prácticas que intervienen positivamente en la salud. Así también, se han encontrado efectos positivos en atención (Tang et al. 2009) y cambios en algunas zonas de la corteza

cerebral (Lazar et al. 2005). Algunas explicaciones de los mecanismos de acción podrían ser neurogénesis, reparación neuronal y neuroplasticidad. Se piensa que estos beneficios están asociadas a la producción de BDNF (Brown et al. 2009). También, se han comenzado a utilizar en tratamientos de Alzheimer para prevenir la pérdida de memoria (Xiong et al. 2009). Desde el punto de vista de Brushel, estas prácticas estarían optimizando los procesos de percepción, atención y cognición (Brushel et al. 2009). Sin embargo, ha habido pocas aproximaciones experimentales acerca de los efectos fisiológicos de la incorporación de estas prácticas.

El termino “meditación” se refiere a una amplia variedad de prácticas, desde técnicas para promover la relajación, hasta ejercicios con objetivos mas profundos, como es alcanzar el sentido del bienestar. Aquí conceptualizaremos la meditación como una compleja familia de estrategias de regulación atencional, desarrolladas para diferentes fines; entre ellas, cultivar bienestar y el balance emocional. Dentro del amplio rango de técnicas en la tradiciones Budistas, describimos principalmente tres estilos de meditación: Atención Focalizada (AF), Monitoreo Abierto (MA) y Compasión. Esta última busca generar un estado de amor, amabilidad y compasión, la que invade la mente y la forma de ser. Las prácticas AF y MA muchas veces se combinan durante algunas sesiones o a lo largo del entrenamiento. La meditación AF, consiste en sostener selectivamente la atención momento a momento en un objeto elegido, como sería focalizar la atención en la sensación causada por la respiración, una imagen (*mandala*) o un texto (*mantra*). Para sostener este foco, el meditador debe monitorear constantemente la calidad de su atención. Al comienzo la atención tiende a apartarse del objeto elegido, y la típica instrucción es reconocer la distracción y luego

recuperar la atención hacia el objeto elegido. En niveles avanzados de concentración, se piensa que se podrían correlacionar con una disminución en la reactividad emocional. La práctica de AF típicamente involucra un foco relativamente angosto, y como resultado, la habilidad de identificar estímulos fuera de ese foco, podría estar reducida (Lutz et al. 2008). La meditación MA, comparte algunas características con la primera, especialmente el uso inicial de AF para calmar la mente y reducir las distracciones. Involucra un monitoreo no reactivo del contenido de la experiencia momento a momento, la que otorga el espacio de reconocer la naturaleza emocional y los patrones cognitivos, de modo que su objetivo central es ganar una clara conciencia reflexiva de las características implícitas en la vida mental. La conciencia de esas características permite fácilmente transformar hábitos cognitivos y emocionales (Lutz et al. 2008).

1.1 Neurobiología de la percepción interna

En la búsqueda de los sustratos neurobiológicos que participan en la práctica de la meditación, Lutz encontró que existe una correlación entre la activación de la Corteza Insular (CI) y la ejecución de la práctica meditativa en meditadores Budistas expertos (Lutz et al. 2008). Lutz recogió de aquellos estudios realizados por Craig, la consideración de la Corteza Insular Anterior (CIA) como un sustrato neuronal único, que inicia todas las sensaciones del cuerpo y sentimientos de las emociones en el presente inmediato (ahora). Por lo demás, la CIA incluye la representación interoceptiva, la que provee la base de todas las sensaciones subjetivas del cuerpo y quizás de la conciencia emocional (Craig 2009).

Craig también señala que “los humanos percibimos las sensaciones del cuerpo”. Estas sensaciones proveen el sentido de la condición física, acerca del ánimo y del estado emocional. Actualmente se ha demostrado que todas las sensaciones del cuerpo están representadas en un nuevo sistema filogenético que surgió en primates (Craig 2003), incluyendo en un solo sistema, la distinción entre el sistema somatosensorial “exteroceptivo” (sensaciones de temperatura, picazón y dolor) y el sistema “interoceptivo” (sensaciones viscerales menos distinguidas como la actividad vasomotora, hambre, sed y sensaciones internas). Esta nueva vía homeostática aferente (fibras A δ y C), proyecta desde todas las regiones del cuerpo hacia la lámina I de la vía espinotálamo-cortical y el núcleo del tracto solitario (NTS), proporcionando la base para censar las condiciones fisiológicas del cuerpo, proceso que se lleva a cabo en la corteza insular posterior (CIP), las que posteriormente son re-representadas en la ínsula media y luego en la CIA (Craig 2009). La CIA no solamente se relaciona con las sensaciones internas del cuerpo. Muchos estudios la han vinculado con atención, decisiones cognitivas e intenciones, música, percepción del tiempo, conciencia de las sensaciones y movimientos, percepción visual y auditoria, imagen visual de si mismo y expectación subjetiva (Craig 2009).

Por otro lado, Antonio Damasio (Damasio, 1994) define el sentimiento como el monitoreo continuo de la experiencia del cuerpo. La visión de Damasio es consistente con los reportes realizados por Craig. Este proceso comprende advertir los cambios corporales a medida que suceden y monitorear su continua evolución, así como también percibir sus alteraciones. En el sentir, se activan áreas corticales y subcorticales las que reciben señales desde las vísceras, músculos, articulaciones y señales neuroendocrinas. Este monitoreo continuo es esencial

para la supervivencia, donde el ideal es conseguir la reducción de los estados corporales displacenteros y lograr estados homeostáticos, esto es, estados biológicos funcionalmente equilibrados.

Otra visión acerca del procesamiento de las sensaciones internas es el estudio realizado por Khalsa et al. (2009), quienes proponen que la ínsula no es el único sustrato biológico que permite la conciencia interoceptiva. Utilizaron aproximaciones farmacológicas en el caso de un paciente que presentaba una lesión en la Ínsula y en la Corteza Cingulada Anterior (CCA). A pesar de su lesión, mostró conciencia interoceptiva. De este modo, proponen dos vías que participan en este proceso: Una que involucra las aferencias viscerales proyectando hacia la ínsula y la otra, que involucra las aferencias desde la piel, proyectando hacia la corteza somatosensorial.

1.2 Meditación, corteza insular y procesamiento afectivo

Como anteriormente se menciona, Lutz y colaboradores correlacionaron la activación diferencial de la CI, en budistas expertos en meditación en Compasión. El objetivo de este estudio era comprender como se relaciona el procesamiento afectivo con este tipo de práctica meditativa. Para esto les presentaron a meditadores expertos y meditadores novatos estímulos auditivos con valencia emocional (positiva, negativa y neutra) durante ciclos de meditación y descanso, mientras observaban el comportamiento cerebral mediante resonancia magnética de función (fMRI). Los resultados mostraron un aumento de la respuesta neuronal, principalmente en la región de la CI y CCA en meditadores expertos cuando los sonidos presentados correspondían a aquellos con valencia negativa. Además,

esta activación fue mayor durante la meditación en comparación al descanso. Esto, correlacionado con un aumento del diámetro pupilar durante el estado meditativo. La respuesta fue mayor para expertos que para novatos, positivamente correlacionada con la activación de la ínsula anterior (Lutz et al. 2008).

En este estudio interesa evaluar las diferencias fisiológicas que la incorporación de este tipo de prácticas puedan generar. Una de las herramientas para evaluar cambios fisiológicos es la frecuencia cardíaca, la que está doblemente modulada por el sistema nervioso autónomo (SNA). El aumento de la actividad del sistema nervioso simpático (SNS), está asociado al aumento de la frecuencia cardíaca, mientras que el aumento de la actividad del sistema nervioso parasimpático (SNP), con la disminución de la frecuencia cardíaca, produciendo distancias mas largas entre cada pulso. Lane et al. examinó la covariación entre la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y actividad cerebral durante ciertas emociones. Encontró asociación entre la VFC y la corteza prefrontal medial, núcleo caudado e ínsula izquierda, esta última, consistente con el rol que esta estructura tiene en relación a emociones y regulación autónoma. Con estos antecedentes Lutz et al. (2010) realizó otro estudio en meditadores budistas expertos, donde observó, al igual que el grupo de Lane, la covariación de la VFC con la activación de la ínsula durante la meditación en compasión, encontrando una correlación positiva en la relación de acoplamiento de la VFC y la activación de la ínsula derecha en meditadores expertos en comparación a los controles.

Así como la VFC es una herramienta que permite observar los cambios autonómicos, la respuesta pupilar también ha comenzado a considerarse como un marcador fisiológico de estos cambios, herramienta que será utilizada en esta tesis, permitiendo así, evaluar el efecto

fisiológico de la incorporación de prácticas atencionales. El grupo de sujetos “meditadores” tienen un entrenamiento atencional llamado “Entrenamiento Emocional-Corporal”. Esta práctica atencional consiste principalmente en la focalización de la atención en la sensación de la respiración (así como el tipo meditativo AF), acompañado de ejercicios corporales, donde la atención se dirige a la sensación del movimiento, el que debe ser monitoreado momento a momento (como lo hace el tipo meditativo MA), intentando mantener un doble foco atencional: respiración y movimiento.

Existen pocas aproximaciones en relación a los cambios pupilares y el procesamiento afectivo. Uno de ellos se basa en la presentación de fotografías seleccionadas del International Affective Picture System (IAPS) a personas de la población general. Los resultados muestran que el diámetro pupilar aumenta cuando las personas procesan estímulos emocionales, esto es, cuando la valencia hedónica de la imagen es positiva o negativa, no así cuando es neutra (Figura 1). Esto refleja predominantemente la actividad del sistema nervioso simpático, ya que los cambios pupilares durante la observación de imágenes afectivas, están mediados por el aumento de la actividad simpática y sugiriendo que la dilatación de la pupila está determinada por la alerta emocional (Bradley et al. 2008). Por otro lado, el contenido emocional que integra la imagen, puede gatillar y ser proporcional a la dilatación de la pupila; imágenes muy incómodas o muy placenteras están asociadas con dilataciones mayores (2004). ¿Cómo es la participación del SNA en el cambio del diámetro pupilar? El diámetro pupilar está controlado por dos músculos: Dilatador y Esfínter, los que están diferencialmente influenciados por las divisiones simpática y

parasimpática del SNA. El incremento de la actividad simpática aumenta la actividad del músculo dilatador, promoviendo la dilatación, mientras que la inhibición de la actividad parasimpática, disminuye la contracción del músculo esfínter, lo que también resulta en dilatación (Steinhauer et al. 2004).

En cuanto a los procesos cognitivos y emocionales, la pupila, como otros sistemas autonómicos reflejan el estado de alerta. La dilatación de la pupila, a consecuencia de la presentación de una tarea, representa la activación de módulos de procesamiento en el cerebro o el procesamiento emocional (2004). Los cambios en el diámetro pupilar pueden ser usados también, para asociar un estado de alerta o fatiga. La dilatación tónica de la pupila refleja un estado de alerta, mientras que cambios en el diámetro de la pupila de forma fásica, se relaciona a procesos cognitivos o emocionales; este último es menos sensitivo que el primero (2004). Se piensa que la magnitud de la dilatación pupilar refleja la carga de trabajo y la atención requerida para realizar una tarea (Hoecks et al. 1993).

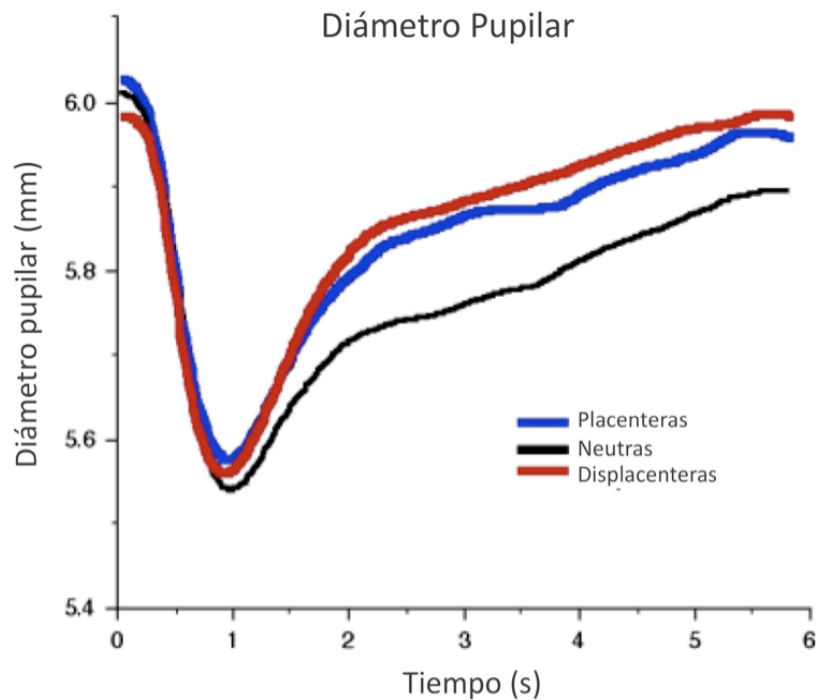


Figura 1: Respuesta pupilar en Bradley et al (2008). Seguimiento del reflejo pupilar a la luz inicial, se observa un aumento del diámetro pupilar cuando los sujetos observan imágenes afectivas. Esto ocurre para imágenes placenteras y displacenteras, no así para las neutras. Adaptada de M.M Bradley et al. (2008).

Si la meditación se ha visto relacionada a activación insular y asociada a cambios autonómicos a través de la VFC, surgen las siguientes interrogantes: ¿será posible usar el diámetro pupilar como un eficiente marcador de estos cambios? ¿Qué relación habrá entre la práctica meditativa y los cambios autonómicos? ¿Se verá afectado el procesamiento emocional por la incorporación de estas prácticas? ¿El tono hedónico de las imágenes producirán la misma reactividad emocional entre los sujetos, entre los grupos? ¿Cuáles son los beneficios de estar alerta de las sensaciones de nuestro cuerpo?

El principal propósito de esta investigación es determinar si el cambio del diámetro pupilar, como marcador del procesamiento emocional, es un buen predictor de la influencia la práctica meditativa “Entrenamiento Emocional-Corporal”. Así también, lo es considerar si la incorporación de esta práctica implica cambios en como nos relacionamos con los estímulos externos, en este caso, las imágenes con valencia emocional. Este trabajo tiene una perspectiva exploratoria, ya que no se han realizado estudios en este tipo de práctica atencional. Sin embargo, es importante determinar la implicancia fisiológica que presenta este entrenamiento. De ser efectivo, podría ayudar a comprender mejor las conductas asociadas a los cambios fisiológicos y los beneficios implicados que este entrenamiento es capaz de producir.

2. HIPÓTESIS

En meditadores, las respuestas autonómicas asociadas a emociones se expresan de manera diferente a lo que ocurre en sujetos sin este tipo de prácticas. Esto se manifiesta en la variación del diámetro pupilar, el que tendrá una magnitud o curso temporal diferente en los meditadores, comparado con los controles, cuando son enfrentados a imágenes visuales con diferente contenido emocional.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivos generales

1. Medir la magnitud de la reactividad pupilar ante imágenes con valencia emocional, en grupos entrenados y no entrenados en esta práctica meditativa.
2. Establecer una relación entre el entrenamiento meditativo y los cambios fisiológicos, frente a la presentación de estímulos con contenido emocional.
3. Validar el uso de la pupilometría como un marcador de los cambios autonómicos.

3.2 Objetivos específicos

1. Realizar las mediciones pupilométricas en grupos con y sin entrenamiento meditativo.
2. Relacionar los resultados de las mediciones, discriminando de acuerdo a las características de cada grupo.
3. Examinar los mecanismos fisiológicos en este entrenamiento meditativo, mediante la comparación de los resultados.
4. Familiarizarse con las técnicas que son utilizadas como marcadores fisiológicos, para el estudio de la respuesta emocional.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Participantes

Este estudio incluye un total de 24 sujetos, 14 sujetos meditadores, y 10 sujetos controles sin conocimientos meditativos, pareados por edad y sexo. El resumen de la comparación de los grupos se encuentra en la Tabla 1. Las variables demográficas edad, sexo, nivel educacional e índice de masa corporal, resultaron estadísticamente no significativas entre ambos grupos. Todos los sujetos presentaron visión normal o normal corregida y no consumían medicamentos que pudiesen afectar el sistema nervioso autónomo y por tanto, la respuesta pupilar. El número de sujetos utilizado está basado en los reportes de la literatura discutida en la introducción. Del total de sujetos registrados, se eliminaron 3 meditadores: 2 por tener más de 65 años, incluyendo uno de ellos por presentar complicaciones durante el registro pupilar, quedando este inutilizable. El tercero se excluyó por haber interrumpido su práctica por más de 2 años. Por lo tanto, para el análisis estadístico se utilizaron los registros de 11 sujetos meditadores y 10 sujetos controles. El entrenamiento de los sujetos experimentales consistió en la práctica semanal en el Centro de Integración Cognitivo Corporal, con una experiencia que fluctuó entre 2 y 15 años. La ventaja de que el grupo de meditadores provengan de un mismo lugar, nos asegura que todos los sujetos comparten el mismo tipo de práctica atencional (www.cognitivocorporal.cl). Previo a la realización del registro se obtuvo el consentimiento informado por escrito de cada uno de los participantes.

Meditadores	Edad	44,6 ± 10,27
Controles		39,6 ± 12,8
	Sexo	9/11 Femenino
		8/10 Femenino
	IMC	23,07 ± 3,2
		23,16 ± 4,3
	Nivel Educativo	Universitario
		Universitario

Tabla 1: Resumen de los sujetos que se consideraron en el estudio. Comparación según edad, sexo, índice de masa corporal y nivel educacional entre los sujetos que conformaron cada grupo. Grupo de meditadores en blanco, grupo control celeste.

4.2 Test de Ansiedad

Se administró a todos los sujetos un fragmento correspondiente a las primeras 20 preguntas del test STAI (State-Trait Anxiety Inventory, Spielberger), las que determinan el estado de ansiedad del momento, con el propósito de descartar la influencia que el estado de ansiedad previo al registro pudiera tener en la respuesta pupilar. Los registros se comenzaron a realizar luego del terremoto del 27 de Febrero del 2010, por esto, se consideró importante observar el nivel de ansiedad del momento de los sujetos previo a la realización de la tarea. Asimismo, también es importante evaluar y comparar si existen diferencias en el estado basal de ansiedad de los sujetos, producto de las prácticas meditativas. Los resultados del test STAI no mostraron diferencias significativas entre los grupos (promedio grupo control $23,5 \pm 3,33$; promedio meditadores $25,78 \pm 2,16$; $p > 0,05$). Todos los participantes se

encuentran con puntuaciones entre el percentil 50 y 65 para la edad y sexo de los participantes, encontrándose dentro de los rangos normales de la población.

4.3 Tarea

El paradigma experimental consistió en la presentación consecutiva de 180 imágenes en escala de colores, de las cuales 60 correspondían a valencia positiva, 60 a valencia negativa y 60 a valencia neutra. Estas imágenes pertenecen al set estandarizado IAPS (Internacional Affective Picture System, Lang et al. 2005). Las imágenes fueron presentadas durante cuatro segundos de manera pseudoaleatoria, e intercaladas con imágenes en escala de grises con características de ruido rosa, sin contenido visual concreto, cuya duración fue variable entre 3 y 5 seg. (Figura 2). Estas imágenes de ruido tuvieron el propósito de eliminar el efecto cognitivo del ensayo previo y llevar el diámetro pupilar a un nivel basal después de cada presentación de imagen con contenido emocional. La presentación total de imágenes se subdividió en 6 bloques de 30 imágenes cada uno. Entre bloques se realizó la recalibración y la eventual corrección de movimiento de las cámaras producida intrabloque. Las imágenes fueron presentadas en un monitor ViewSonic P815 de 21" (20" visuales reales), ubicado a 57 centímetros del sujeto, por lo cual las imágenes abarcaban 40° horizontales y 30° verticales. La instrucción para ambos grupos de sujetos consistió en mantener la atención en la sensación de la respiración, mientras observaban libremente las imágenes.

Posterior al registro de diámetro pupilar, se evaluó en cada sujeto la percepción afectiva de las imágenes. Los sujetos debieron observar en diferido las imágenes ya presentadas, las que clasificaron en términos de la valencia percibida. Se aplicó la escala "feliz versus infeliz".

La presentación de las imágenes se modificó del protocolo original (Lang et al. 2005). Se presentaron las imágenes con valencia hedónica por 4 segundos, donde los sujetos solo tenían que observar la imagen y luego una imagen negra por 4 segundos, durante la cual tenían que responder la percepción afectiva en la hoja de respuesta.

4.4 Registros

Diámetro pupilar

Los sujetos se sentaron cómodamente en una sala oscura acondicionada para el registro de actividad pupilar. Se registró el diámetro pupilar utilizando el sistema de seguimiento ocular Eye-Tracker (EyeLink 2, SR Research Ltd.), de posicionamiento sobre la cabeza (Figura 2). Este sistema está compuesto por 2 pequeñas cámaras de video de alta resolución para el registro binocular simultáneo de diámetro pupilar y posición ocular. Una cámara ubicada sobre el sistema de posicionamiento frontal realiza la compensación de los movimientos de la cabeza en los distintos ejes, para lo cual detecta y compara de manera continua 4 marcadores infrarrojos ubicados en cada esquina de la pantalla de presentación de estímulos. Debido a las variaciones inherentes en la distancia de posicionamiento de las cámaras de registro con respecto a los ojos entre sujetos, el diámetro pupilar se registra en unidades arbitrarias. La posición ocular dentro del campo visual de la pantalla se registra en unidades cartesianas. Ambas mediciones se registran a una tasa de muestreo de 500 Hz. Simultáneamente se realiza la detección en línea de los eventos relevantes de movimiento ocular (fijaciones y sacadas). Toda la información se almacena en un archivo binario.

Para el análisis posterior, la duración de cada época se definió como el período entre los 80 ms previos a la presentación de cada imagen hedónica y los 8 segundos posteriores al inicio de la misma (Figura 2).

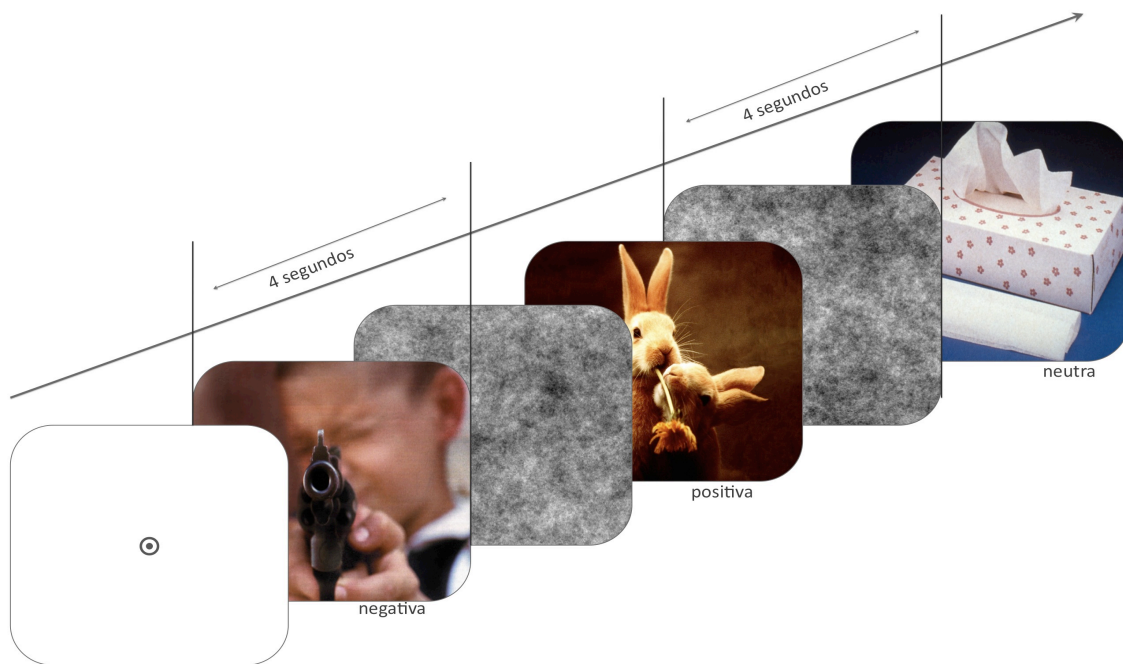


Figura 2: Diagrama del experimento. Se muestra un punto de fijación en el centro de la pantalla. En el momento en que el sujeto centra la vista en el punto central y presiona un botón, comienza la secuencia de imágenes. Primero una imagen con valencia emocional (positiva, negativa o neutra) durante 4 segundos, seguida de un ruido rosa el que dura aproximadamente 4 segundos.



Figura 3: Sistema de Eye Traker utilizado para realizar el registro de diámetro pupilar. A la izquierda, el sistema de montaje y cámaras. A la derecha el setup para visualizar el estado de los ojos y posición de la cabeza en el registro a tiempo real.

Mediciones autonómicas complementarias

Como mediciones complementarias se realizó el registro de la frecuencia cardíaca y de conductividad de la piel. Estos fueron realizados a través de equipos fabricados en el laboratorio. Para la medición de la frecuencia cardíaca se fabricó un fotopletismógrafo (Figura 4). Este determina la frecuencia cardíaca usando el volumen de sangre en arterias y capilares. Para ello se utiliza un diodo de luz infrarroja para transmitir luz dentro de la piel. El hierro (Fe) en la sangre refleja la luz infrarroja la que es detectada por un sensor recibidor, la salida de la señal es proporcional a la cantidad de sangre en los tejidos. Finalmente esta información es procesada y amplificada, obteniendo la curva de pulso (Sara Sieg y Bill Ziebold, 1999). Este sensor fue colocado en el dedo índice de la mano izquierda de 10 sujetos meditadores y 9 sujetos no meditadores. Para la medición de la conductancia eléctrica de la piel se fabricó un circuito eléctrico que censa los cambios de conductibilidad de la piel (Figura 5). Estos cambios están dados por el aumento o disminución de la humedad de la piel.

(Referencia de Internet, EDA sensor). Los sensores se ubicaron en la palma de la mano de 5 sujetos meditadores y 8 sujetos controles.

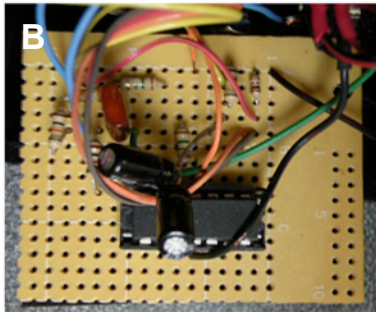
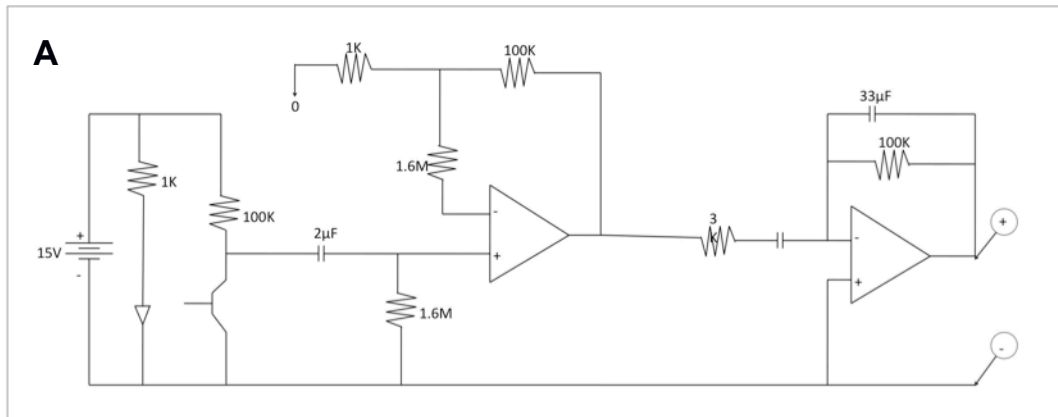


Figura 4: Fotoplentismógrafo. A) Circuito eléctrico del fotoplentismógrafo. Adaptado de Sara Sieg y Bill Ziebold (1999). B) Circuito fabricado en el laboratorio a partir del circuito eléctrico en A.

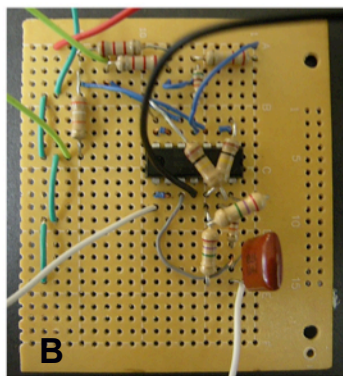
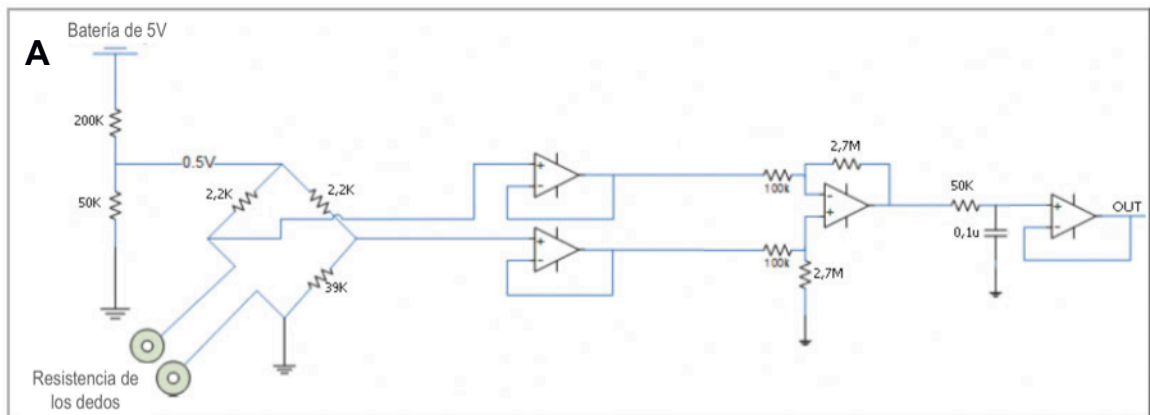


Figura 5: Galvanómetro. A) Circuito eléctrico del galvanómetro. Adaptado de “EDA sensor - Electrodelmal Activity Meter” (Internet). B) Circuito fabricado en el laboratorio a partir del circuito eléctrico en A.

4.5 Análisis de datos

La señal cruda de diámetro pupilar y posición ocular fue importada a una plataforma de análisis donde se realizó todo el análisis posterior (Matlab, The Mathworks, Inc). La visualización de la señal de cada época y el análisis cuantitativo se realizó a través de una interfaz gráfica desarrollada en el laboratorio para tales efectos. Se realizó una inspección visual de los datos del diámetro pupilar, permitiendo la visión general y particular de la señal. En la figura 6 se muestra el registro sin procesar, directamente obtenido del registro pupilar. Para realizar la cuantificación y el análisis estadístico se realizó la eliminación de artefactos oculares y la posterior normalización de las señales. Para ello se eliminaron aquellas épocas

que presentaban parpadeos en torno a la presentación del estímulo (tiempo 0) en un rango de 200 ms así como durante la respuesta máxima de la contracción pupilar (alrededor de los 500 ms). Posteriormente se realizó la eliminación e interpolación lineal de los parpadeos presentes durante el resto del registro. El registro fue corregido restándose a la señal de cada época el promedio de la señal obtenido durante el período de línea de base. Durante la realización de movimientos oculares se produce un desplazamiento en bloque ('offset') de la señal de diámetro pupilar producto del cambio súbito de ángulo entre las cámaras de registro (fijas) y la pupila. Debido a esto se realizó una corrección de "offsets" en la señal de pupila, basada en la definición de un umbral sobre la señal de aceleración del diámetro pupilar, en cada sujeto, lo que permitió tener una señal limpia en términos de artefactos. Finalmente se realizó un rechazo de épocas por umbral, que incluyó la eliminación de los pestaños u otros artefactos que no fueron eliminados mediante los métodos anteriores. Las señales libres de artefactos fueron agrupadas por condición (positiva, negativa o neutra), promediadas para cada sujeto, y adjudicadas a los siguientes grupos: Meditadores y Controles (sin prácticas meditativas). Para obtener el promedio de las señales entre sujetos, se realizó la normalización de las curvas de cada categoría, en cada sujeto, en base a la máxima respuesta de contracción encontrada para la condición neutra (sin valencia hedónica), en la cual la contracción máxima de esta curva tomó el valor -1. Los valores obtenidos están expresados en unidades normalizadas (un) en un rango de -1 a $+\infty$.

Finalmente, se comparó el comportamiento intra e inter-grupo(s), mediante pruebas estadísticas no paramétricas debido a la distribución no normal de los datos de diámetro pupilar. Se aplicaron las pruebas de Kruskal-Wallis y Wilcoxon. Los parámetros analizados

fueron los siguientes: contracción pupilar máxima, dilatación pupilar máxima, velocidad de contracción pupilar, velocidad de dilatación pupilar, latencia de contracción pupilar y la diferencia entre el punto de máxima contracción y máxima dilatación pupilar. Para la contracción pupilar máxima, se determinó el punto mínimo para cada sujeto entre los 200 ms y los 1500 ms. Para el punto de dilatación pupilar máxima, se determinó el punto máximo entre los 800 ms y los 2400 ms. La velocidad de contracción y dilatación pupilar se determinó como el valor promedio de la región de la curva que presentaba valores entre el percentil 85 y 99 de velocidad, tanto para la región de contracción (pendiente negativa) como para la región de dilatación (pendiente positiva), respectivamente.

Para el análisis de la frecuencia cardíaca, se calculó la frecuencia instantánea de cada ciclo cardíaco posterior a la aparición de la imagen hedónica, mediante la medición del período de ciclo. Para ello la señal fotopleletismográfica adquirida fue filtrada (filtro pasa-alto a 0.3 Hz) y posteriormente analizada mediante un algoritmo de 'cruce de ceros' que permitió obtener el valor de inicio y fin de cada ciclo. Las frecuencias obtenidas se promediaron en ventanas de un segundo para cada categoría (valencia emocional). Luego se correlacionó el cambio de la variación de la frecuencia cardíaca en cada grupo (meditadores y controles). Para el análisis de la conductancia de la piel fue imposible encontrar un filtro adecuado para observar la señal.

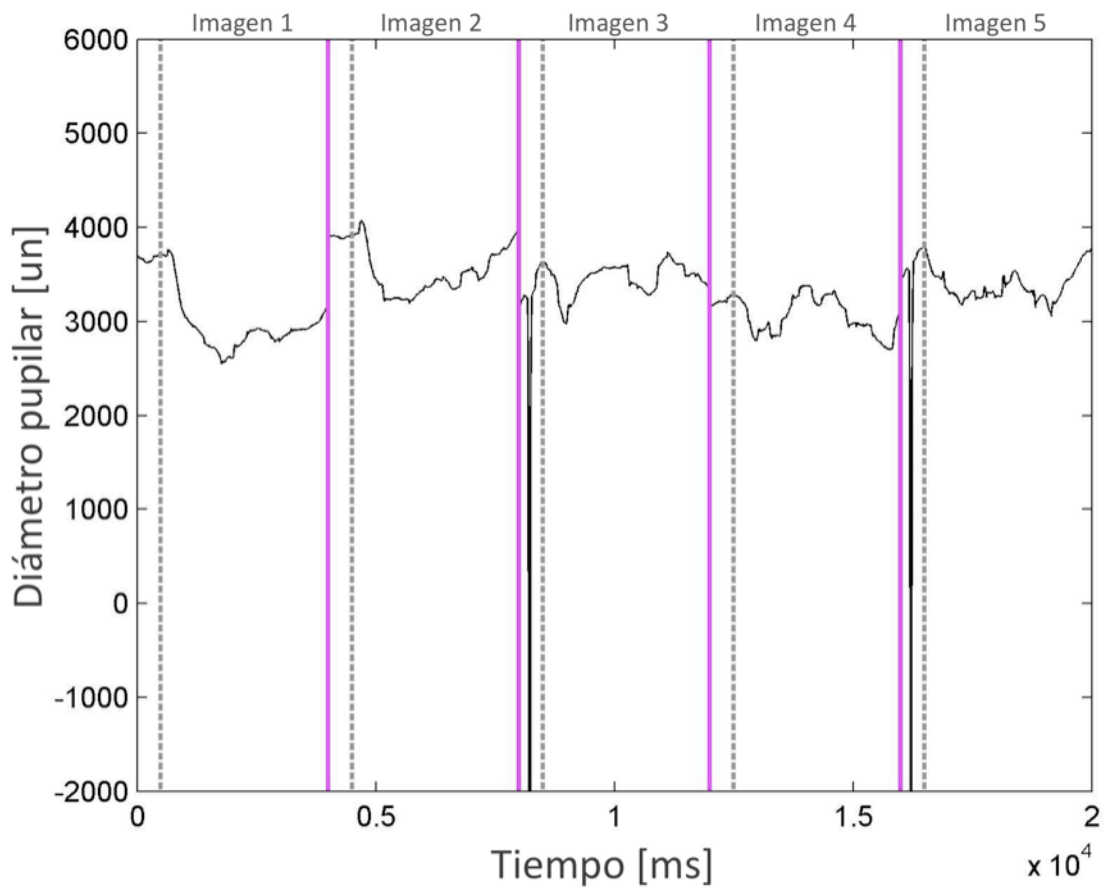


Figura 6: Datos del registro pupilar sin procesar. Se muestran 5 registros de 4 segundos cada uno. Estos 4 segundos corresponden a los cambios pupilares en respuesta a la presentación de la imagen con valencia hedónica. Las líneas rosadas indican inicio y término del registro. Las líneas punteadas indican la presentación del estímulo. Las imágenes 2 y 5 son un ejemplo de los registros eliminados por presentar parpadeos en la región utilizada para normalizar los datos. El diámetro pupilar se encuentra en unidades arbitrarias (ua).

5. RESULTADOS

5.1 Evaluación perceptual de las imágenes.

Se realizó la evaluación de la percepción afectiva de las imágenes, donde los sujetos debían evaluar en términos de “cómo se sienten” observando las imágenes. Esta evaluación se utilizó con el objetivo de descartar que las respuestas pupilares pudieran estar asociadas a la percepción subjetiva de otra valencia, por ejemplo, que un sujeto percibiera una imagen positiva como neutra. No se obtuvieron resultados que indicaran la asociación de una imagen con una valencia errada (Tabla 2). Los sujetos respondieron de acuerdo a la clasificación de las valencias de las imágenes, coincidiendo con la evaluación obtenida por Lang et al. (2008).

Condición	Grupos	Felicidad-Infelicidad
Positiva	Meditadores	7,24 ± 0,5
	Controles	7,43 ± 0,8
	IAPS	7,5 ± 1,5
Negativa	Meditadores	2,37 ± 0,9
	Controles	1,66 ± 0,5
	IAPS	2,4 ± 1,5
Neutra	Meditadores	5,15 ± 0,5
	Controles	4,85 ± 0,3
	IAPS	5,0 ± 1,4

Tabla 2: Comparación de resultados en la percepción afectiva de las imágenes. Se compara la puntuación obtenida en los diferentes grupos: Meditadores, Controles e IAPS, este último realizado por Lang et al. (2008).

5.2 Respuesta pupilar

La respuesta pupilar a la luz consiste principalmente en la contracción de la pupila en consecuencia del aumento de la luminancia en el ambiente. En la figura 7 se muestra la contracción de la pupila en respuesta a la luz. La contracción máxima ocurre alrededor de los 500 – 650 ms. Esta contracción es seguida de la dilatación pupilar o recuperación del tamaño pupilar, el que alcanza una meseta. Los parámetros que observamos en la respuesta pupilar, tienen relación con la magnitud y el curso temporal de la respuesta pupilar. En relación a la magnitud: la contracción pupilar máxima (cuando disminuye el diámetro de la pupila) y la dilatación pupilar máxima (cuando aumenta el diámetro de la pupila). En relación al curso temporal: latencia de contracción pupilar máxima y las pendientes de contracción y dilatación pupilar, las que hablan de la velocidad de respuesta.

En la figura 8 se muestra las curvas promedio para el grupo control en unidades normalizadas (un), donde el tiempo 0, representado por la línea punteada, indica la presentación del estímulo. En la figura 8 (panel superior) se observa la respuesta pupilar para el grupo control, donde se observan 3 curvas (condiciones): en rojo, la respuesta pupilar para imágenes con valencia negativa; en azul, la respuesta pupilar para imágenes con valencia positiva; y en negro, la respuesta pupilar para imágenes con valencia neutra.

Luego de la presentación del estímulo, alrededor de los 250 ms comienza la contracción pupilar para las tres condiciones; sin embargo la respuesta no es la misma. La contracción pupilar máxima es menor para la condición negativa (-0.3409 un), en relación a la contracción pupilar de la condición positiva (-0.9476 un; $p < 0.01$) y la condición neutra (-1.00

un; $p < 0.01$). Las condiciones positiva y neutra no presentan diferencia significativas entre si ($p > 0,05$). La dilatación pupilar máxima es mayor para la condición negativa, la que supera la línea de base (0.7481 un), esta dilatación es significativamente mayor que la respuesta de dilatación de la condición positiva y neutra (-0.2431 positiva; $p < 0.01$, -0.3893 neutra; $p < 0.01$). Las condiciones positiva y neutra también presentan diferencias significativas entre si ($p < 0.05$).

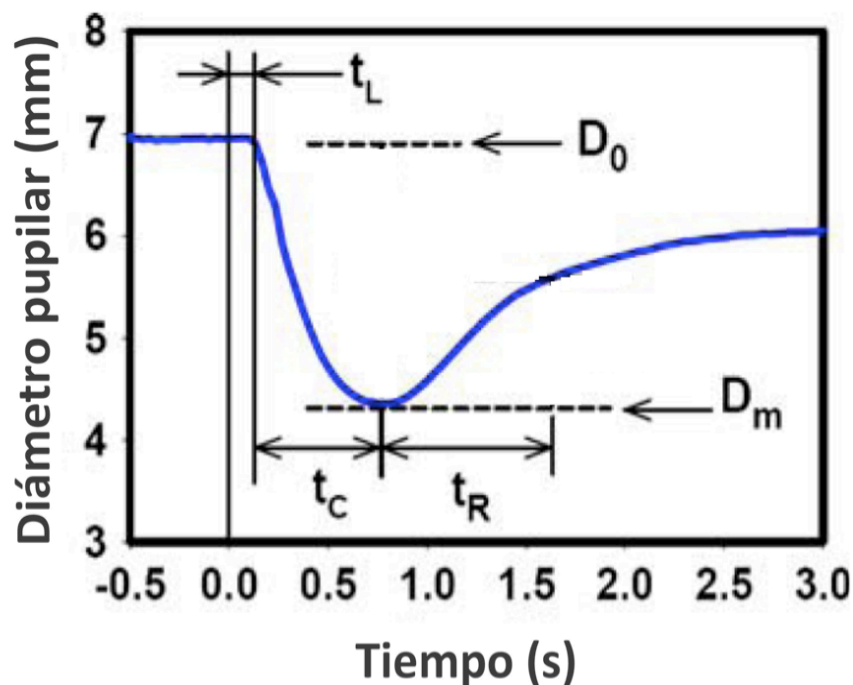


Figura 7: Respuesta pupilar a la luz. Esta respuesta consiste principalmente en la contracción de la pupila, seguido de la recuperación del tamaño pupilar. t_L tiempo que demora en comenzar la contracción, t_c tiempo de contracción pupilar, t_R tiempo de recuperación del tamaño de la pupila, D_0 diámetro pupilar inicial, D_m diámetro pupilar mínimo. Adaptada de Fan X. et al. (2009).

La latencia de contracción pupilar, esto es, el tiempo que demora en alcanzar la pupila la contracción máxima desde la presentación del estímulo. La menor latencia corresponde a la condición negativa (535.6 ms) en comparación a las condiciones positiva y neutra (757.6 ms positiva, $p < 0,01$; 777.2 ms, $p < 0,01$). Aunque hay una tendencia, no se encontraron diferencias significativas entre la condición positiva y neutra ($p = 0.053$).

La velocidad de contracción pupilar para imágenes negativas es mayor que para la condición positiva y neutra (-0.0043 negativa, -0.0081 positiva, $p < 0.01$; -0.0088 neutra, $p < 0,01$). No se encontraron diferencias significativas entre las condiciones positiva ($p > 0,05$). Con respecto a la velocidad de dilatación pupilar, esta es significativamente mayor para la condición negativa en relación a la condición positiva y neutra (0.0029 negativa, 0.0021 positiva, $p < 0.01$; 0.0019 neutra; $p < 0,01$), mientras que no hay diferencia significativas entre las condiciones positiva y neutra ($p > 0,05$). Por otro lado, se evaluó la diferencia entre la contracción pupilar máxima y la dilatación pupilar máxima. Encontramos diferencias significativas entre las imágenes negativas (1.089 un) en relación a las imágenes positivas y neutras (0.7045 un positivas, 0.6107 neutras; $p < 0.05$). No así entre las imágenes positiva y neutra ($p > 0.05$). En resumen, el comportamiento de la pupilar en el grupo control, se manifiesta significativamente diferente en la condición de imágenes con valencia negativa con respecto a las otras dos condiciones, para todos los análisis realizados. Además, en cuanto a la dilatación pupilar máxima, todas las condiciones son significativamente diferentes entre sí.

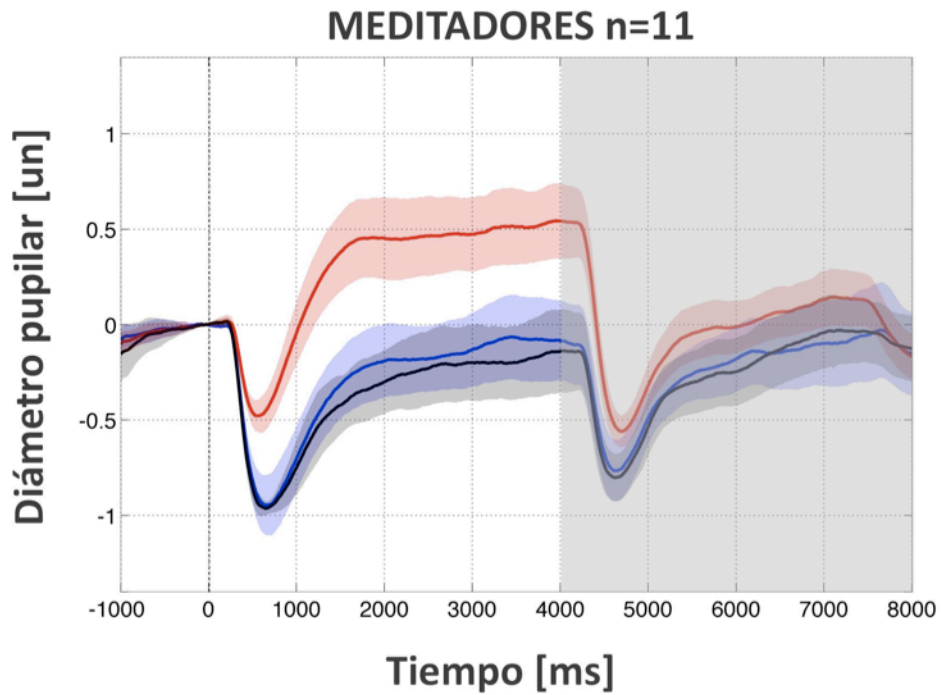
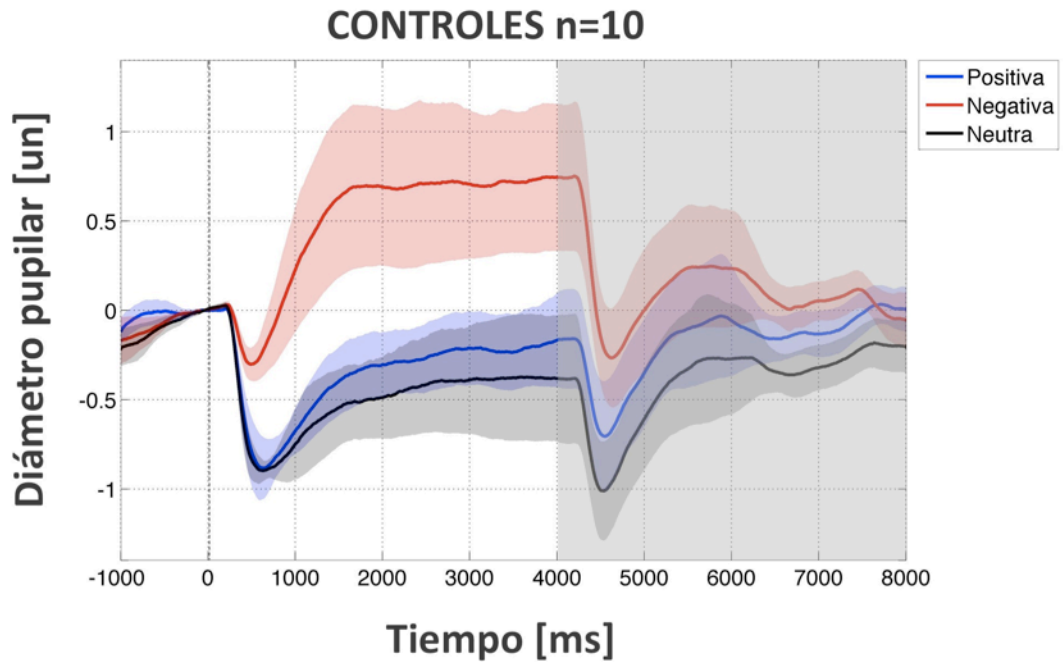


Figura 8: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a las imágenes con valencia emocional. Panel superior: grupo control. Panel inferior: grupo meditadores. La zona blanca representa la respuesta pupilar cuando se presenta la imagen con valencia hedónica. La línea punteada, indica la presentación del estímulo. La zona sombreada representa la respuesta pupilar cuando se presenta el ruido rosa.

En la figura 8 (panel inferior) se muestra la curva para el grupo meditadores al igual que en el gráfico anterior, el tiempo 0 que está representado por la línea punteada, indica la presentación del estímulo. La contracción pupilar comienza alrededor de los 250 ms. La contracción pupilar máxima es menor para la condición negativa (-0.5006 un), en relación a la contracción pupilar de la condición positiva (-0.9846 un $p < 0.01$) y la condición neutra (-1.0 un y $p < 0.01$). Las condiciones positiva y neutra no presentan diferencias significativas entre si ($p > 0,05$). La dilatación pupilar máxima es mayor para la condición negativa, la que supera la línea de base (0.5065 un negativa). Esta dilatación es significativamente mayor que la respuesta de dilatación de la condición positiva y neutra (-0.1406 un positiva; $p < 0.01$, -0.2227 un neutra; $p < 0.01$). Las condiciones positiva y neutra no presentan diferencia significativas entre si ($p > 0,05$).

La latencia de contracción pupilar, es menor para la condición negativa (574.9 ms) en comparación a las condiciones positiva y neutra (658.7 ms, $p < 0.01$; 672.3 ms neutra, $p < 0.01$). No se encontraron diferencias significativas entre la condición positiva y neutra ($p > 0,05$).

Con respecto a las velocidades de contracción y dilatación pupilar, la velocidad de contracción pupilar es mayor en la condición negativa en relación a la condición positiva (-0.0053 negativa, -0.0082 positiva; $p < 0.01$) y la condición neutra (-0.0088 neutra, $p < 0.01$). Entre las condiciones positiva y neutra no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). En la velocidad de dilatación pupilar, se encontraron diferencias significativas entre las condiciones negativa y positiva (0.0028 negativa, 0.0025 positiva; $p < 0,01$) y negativa y neutra (0.0023 neutra; $p > 0,05$). No se encontraron diferencias entre las condiciones positiva y neutra ($p > 0,05$). En la evaluación de la diferencia entre la dilatación pupilar máxima y la

contracción pupilar máxima se encontraron diferencias significativas entre la condición negativa y positiva (1.0071 un negativa, 0.8440 un positiva; $p < 0.01$) y las condiciones negativa y neutra (0.7773 un neutra; $p < 0.01$). No se encontraron diferencias entre las condiciones positiva y neutra ($p > 0.05$). En resumen, el comportamiento de la pupilar en el grupo de meditadores, se manifiesta significativamente diferente en la condición de imágenes con valencia negativa con respecto a las otras dos condiciones, para todos los análisis realizados. Las condiciones positiva y negativa no presentan diferencias significativas entre si. En las figuras 10 y 11 se muestran las comparaciones estadísticas de estos resultados.

Estadísticas para el grupo CONTROL

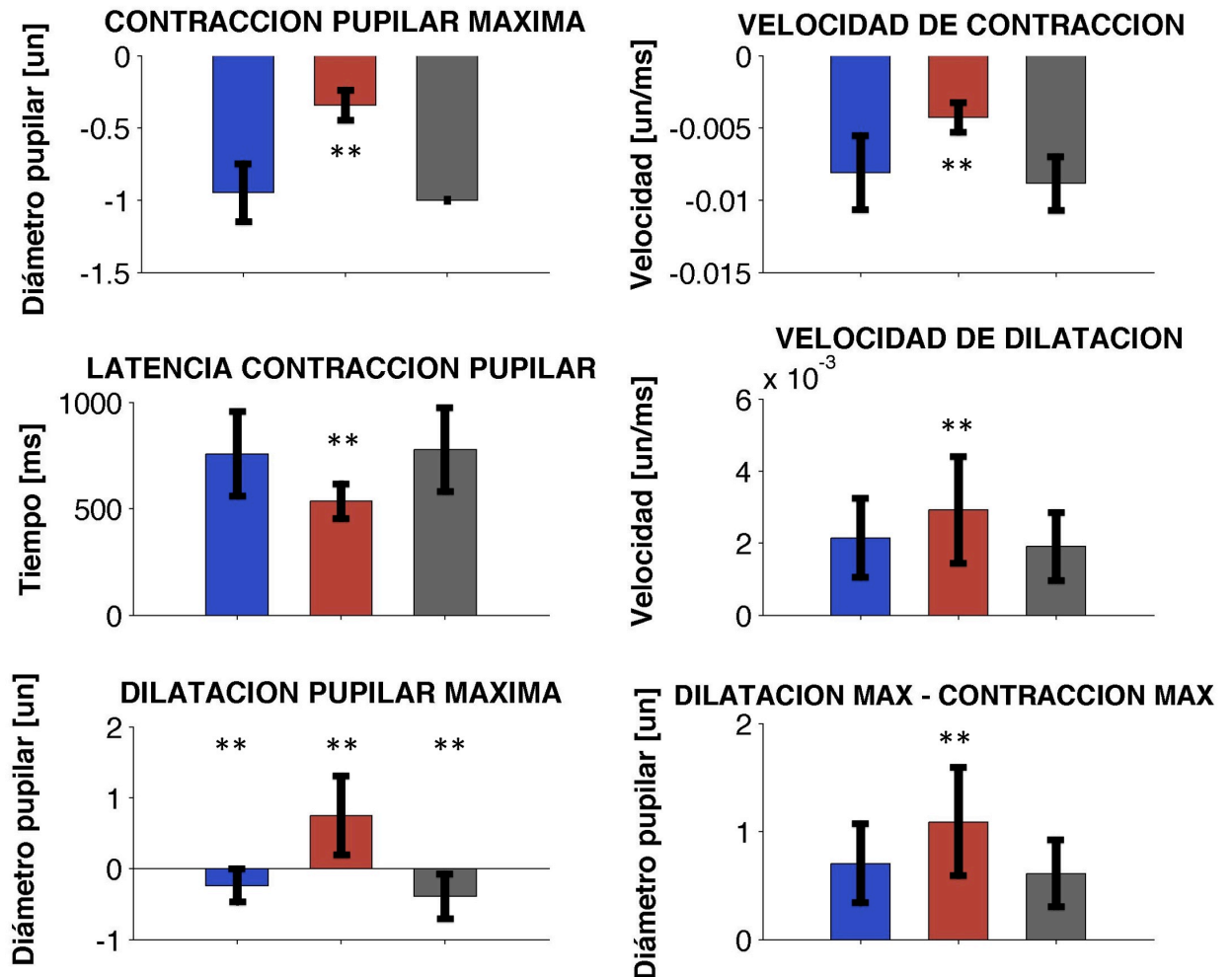


Figura 9: Resultados estadísticos del grupo Control. Los gráficos muestran las barras de error de los parámetros: contracción pupilar máxima (primera columna, primera fila), latencia de contracción máxima (primera columna, segunda fila), dilatación pupilar máxima (primera columna, tercera fila), velocidad de contracción pupilar (segunda columna, primera fila), velocidad de dilatación pupilar (segunda columna, segunda fila) y diferencia entre la dilatación pupilar máxima y contracción pupilar máxima (segunda columna, tercera fila). Imágenes positivas en azul, negativas en rojo y neutras en negro. Los asteriscos ** indican una diferencia significativa entre los grupos de imágenes con un valor de $p < 0.01$.

Estadísticas para el grupo MEDITADORES

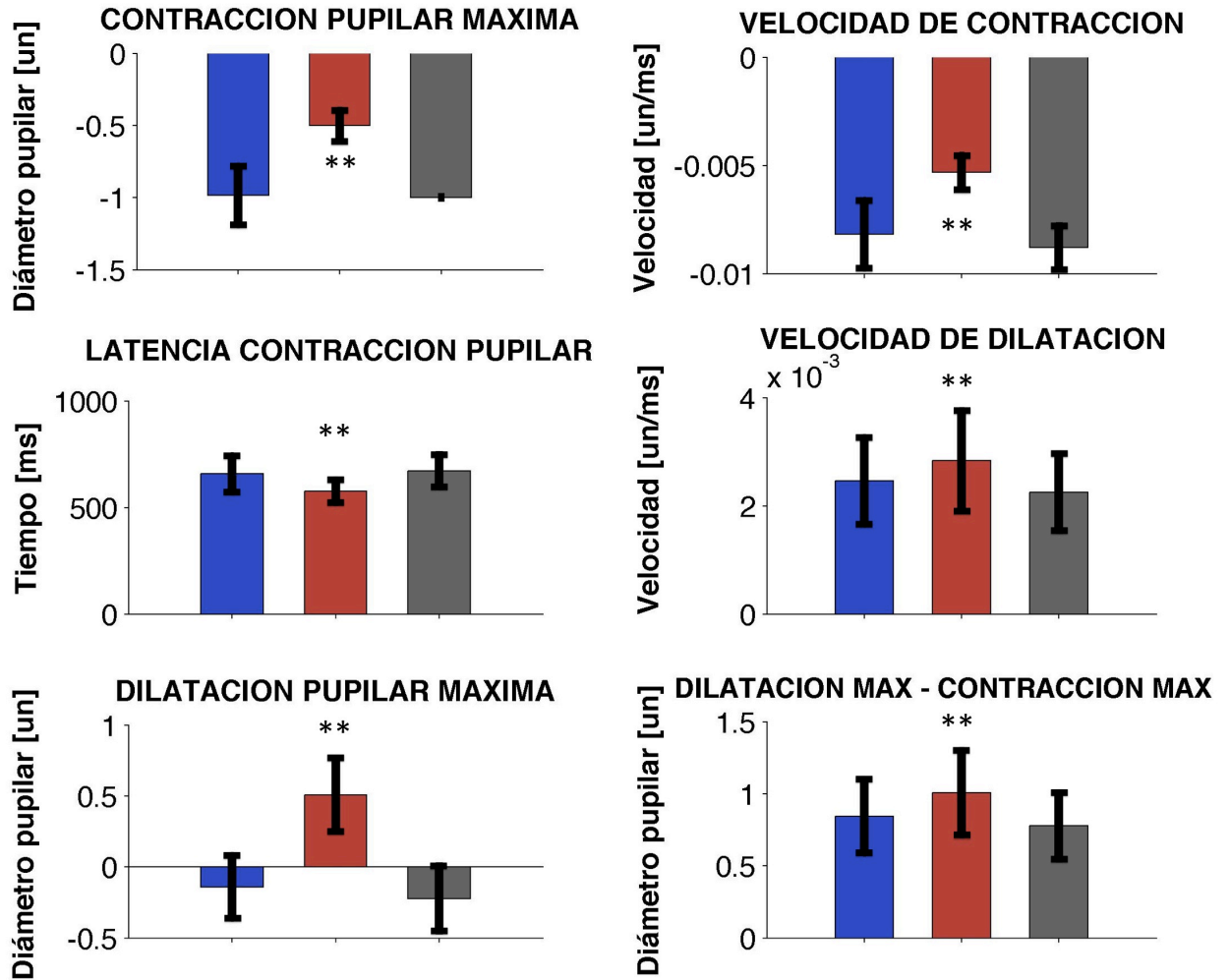


Figura 10: Resultados estadísticos del grupo Meditadores. Los gráficos muestran las barras de error de los parámetros: contracción pupilar máxima (primera columna, primera fila), latencia de contracción máxima (primera columna, segunda fila), dilatación pupilar máxima (primera columna, tercera fila), velocidad de contracción pupilar (segunda columna, primera fila), velocidad de dilatación pupilar (segunda columna, segunda fila) y diferencia entre la dilatación pupilar máxima y contracción pupilar máxima (segunda columna tercera fila). Imágenes positivas en azul, negativas en rojo y neutras en negro. Los asteriscos ** indican una diferencia significativa entre los grupos de imágenes con un valor de $p < 0.01$.

A continuación se realizó la comparación entre los grupos, para cada condición. Primeramente, se comparó la respuesta entre el grupo control y el grupo de meditadores para la condición de imágenes con valencia negativa (Figura 11). Se utilizaron los mismos parámetros anteriores, estos son: contracción pupilar máxima, dilatación pupilar máxima, latencia de contracción máxima, pendientes de contracción y de dilatación pupilar y la diferencia entre la dilatación pupilar máxima y la contracción pupilar máxima.

Se observó que la contracción pupilar máxima es mayor para el grupo de meditadores que para el grupo control (-0.3409 un controles, -0.5006 un meditadores; $p < 0.05$). Para la dilatación pupilar máxima no se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($p > 0.05$). En cuanto a las velocidades de contracción y de dilatación, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$); sin embargo, la velocidad de contracción muestra una tendencia a ser diferente (-0.0053 meditadores, -0.0043 controles; $p = 0.09$). Las latencias de contracción pupilar no presentan diferencias significativas entre los grupos para las imágenes negativas (574.9 ms meditadores, 535.6 ms controles; $p > 0.05$). Tampoco se encontraron resultados significativos al comparar la diferencia entre los máximos de dilatación y contracción pupilar (1.0071 un meditadores, 1.0890 controles; $p > 0.05$).

En conclusión, la respuesta pupilar para imágenes negativas, el grupo de meditadores, presentan una mayor contracción pupilar y tiende a tener una menor velocidad de contracción pupilar, en comparación al grupo control.

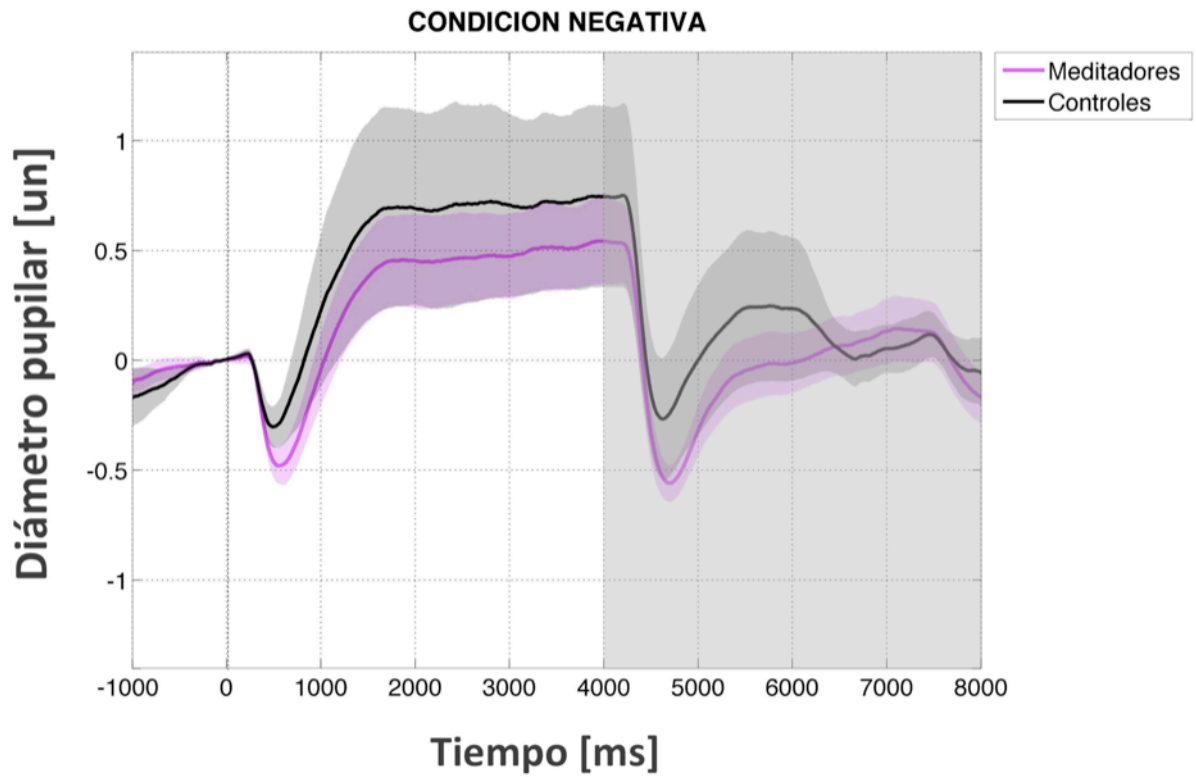


Figura 11: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a las imágenes con valencia negativa. En negro, grupo control. En rosado, grupo meditadores. La zona blanca representa la respuesta pupilar cuando se presenta la imagen con valencia hedónica. La línea punteada, indica la presentación del estímulo. La zona sombreada representa la respuesta pupilar cuando se presenta el ruido rosa.

En segundo lugar, se comparó la respuesta pupilar del grupo control versus el grupo de meditadores en la condición de imágenes con valencia positiva (Figura 12). Se observó que los grupos no presentan diferencias estadísticas entre si para ninguna de las variables. Estas son: contracción pupilar máxima (-0.9476 un controles, -0.9846 meditadores; $p>0,05$), dilatación pupilar máxima (-0.2431 un controles, -0.1406 un meditadores; $p>0,05$), latencia de contracción pupilar (757.6 ms controles, 658.7 ms meditadores; $p>0,05$), pendiente de contracción pupilar (-0.0081 controles, -0.0082 meditadores, $p>0,05$), pendiente de dilatación pupilar (0.0021 controles, 0.0025 meditadores; $p>0,05$) y diferencia entre el máximo de la dilatación y contracción pupilar (0.7045 un controles, 0.844 un meditadores; $p>0,05$).

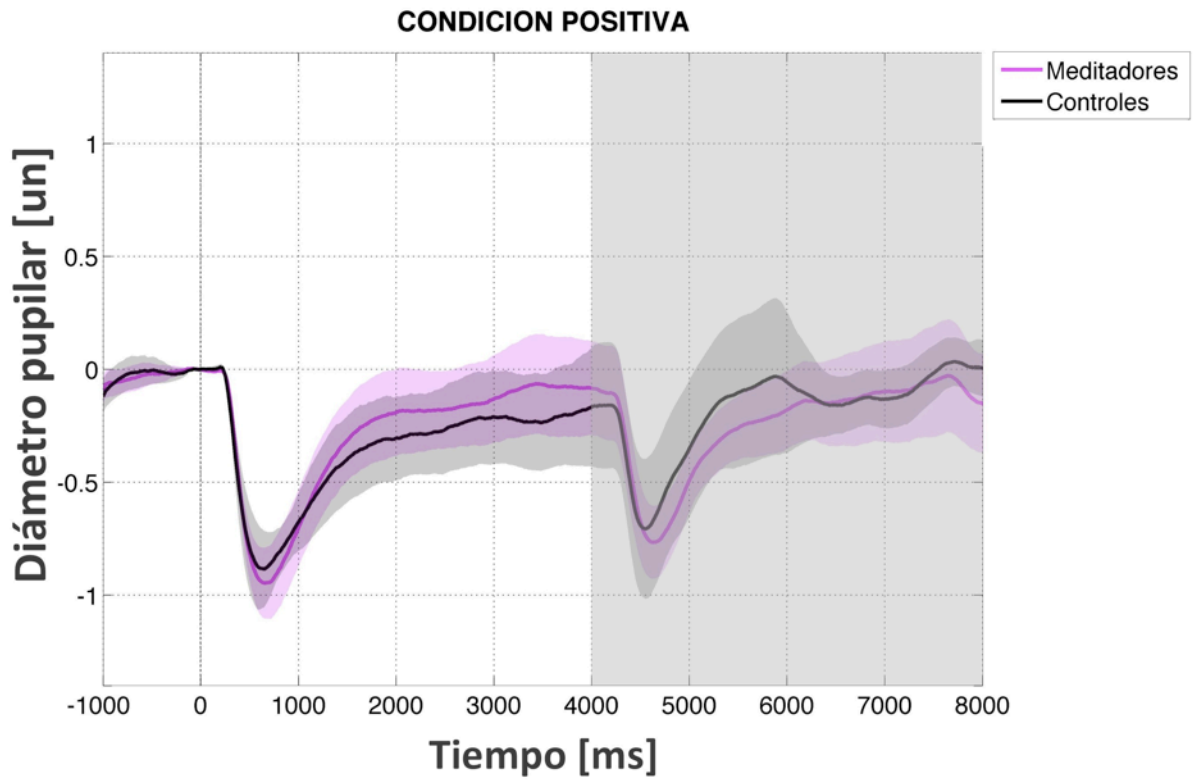


Figura 12: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a las imágenes con valencia positiva. En negro, grupo control. En rosado, grupo meditadores. La zona blanca representa la respuesta pupilar cuando se presenta la imagen con valencia hedónica. La línea punteada, indica la presentación del estímulo. La zona sombreada representa la respuesta pupilar cuando se presenta el ruido rosa.

En tercer lugar, se comparó la respuesta pupilar del grupo control versus el grupo de meditadores, en la condición de imágenes con valencia neutra (Figura 13). Se observó que los grupos no presentan diferencias estadísticas entre sí, para ninguna de las variables. Estas son: contracción pupilar máxima (-1 un controles, -1 meditadores; $p>0,05$) (ya que los grupos fueron normalizados respecto a este parámetro), dilatación pupilar máxima (-0.3893 un controles, -0.2227 un meditadores; $p>0,05$), latencia de contracción pupilar (777.2 ms controles, 672.3 ms meditadores; $p>0,05$), pendiente de contracción pupilar (-0.0088 controles, -0.0088 meditadores, $p>0,05$), pendiente de dilatación pupilar (0.0019 controles, 0.0023 meditadores; $p>0,05$) y diferencia entre el máximo de la dilatación y contracción pupilar (0.6107 un controles, 0.7773 un meditadores; $p>0,05$). En las figura 14 se muestran las comparaciones estadísticas entre grupos por valencia emocional.

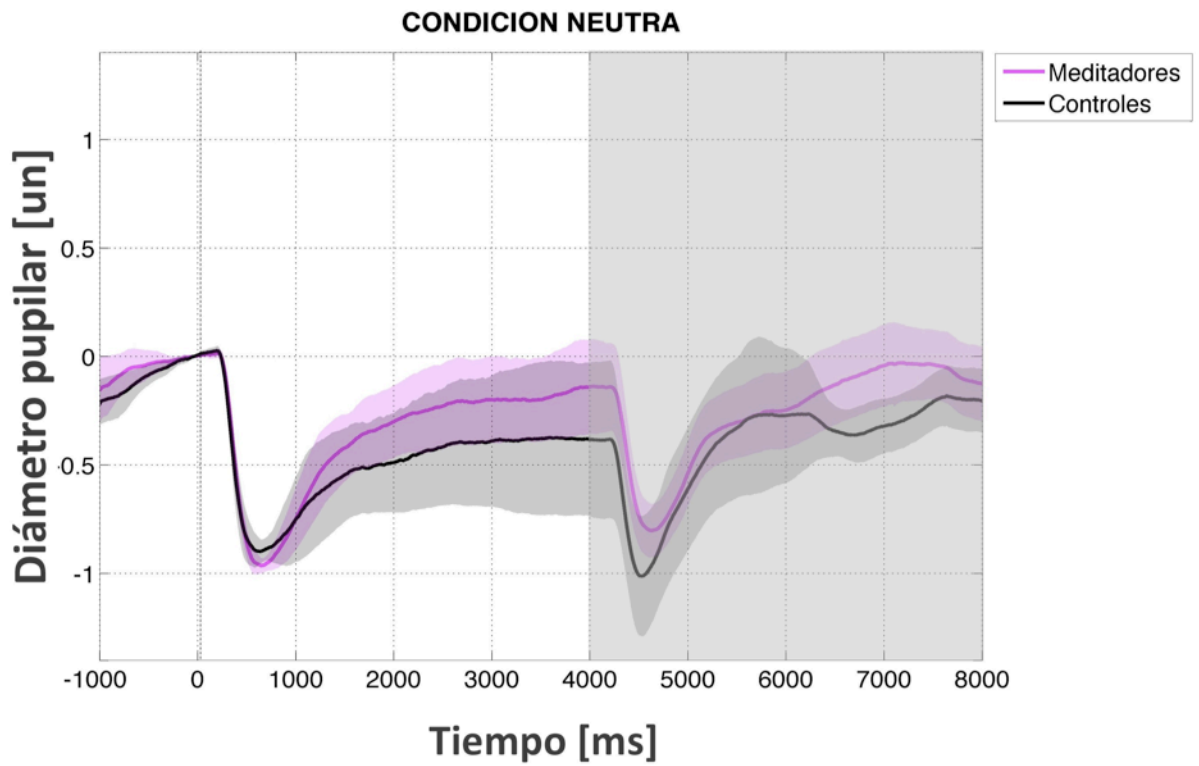


Figura 13: Promedio de la respuesta pupilar en respuesta a las imágenes con valencia neutra. En negro, grupo control. En rosado, grupo meditadores. La zona blanca representa la respuesta pupilar cuando se presenta la imagen con valencia hedónica. La línea punteada, indica la presentación del estímulo. La zona sombreada representa la respuesta pupilar cuando se presenta el ruido rosa.

Estadísticas entre grupo CONTROL y MEDITADORES

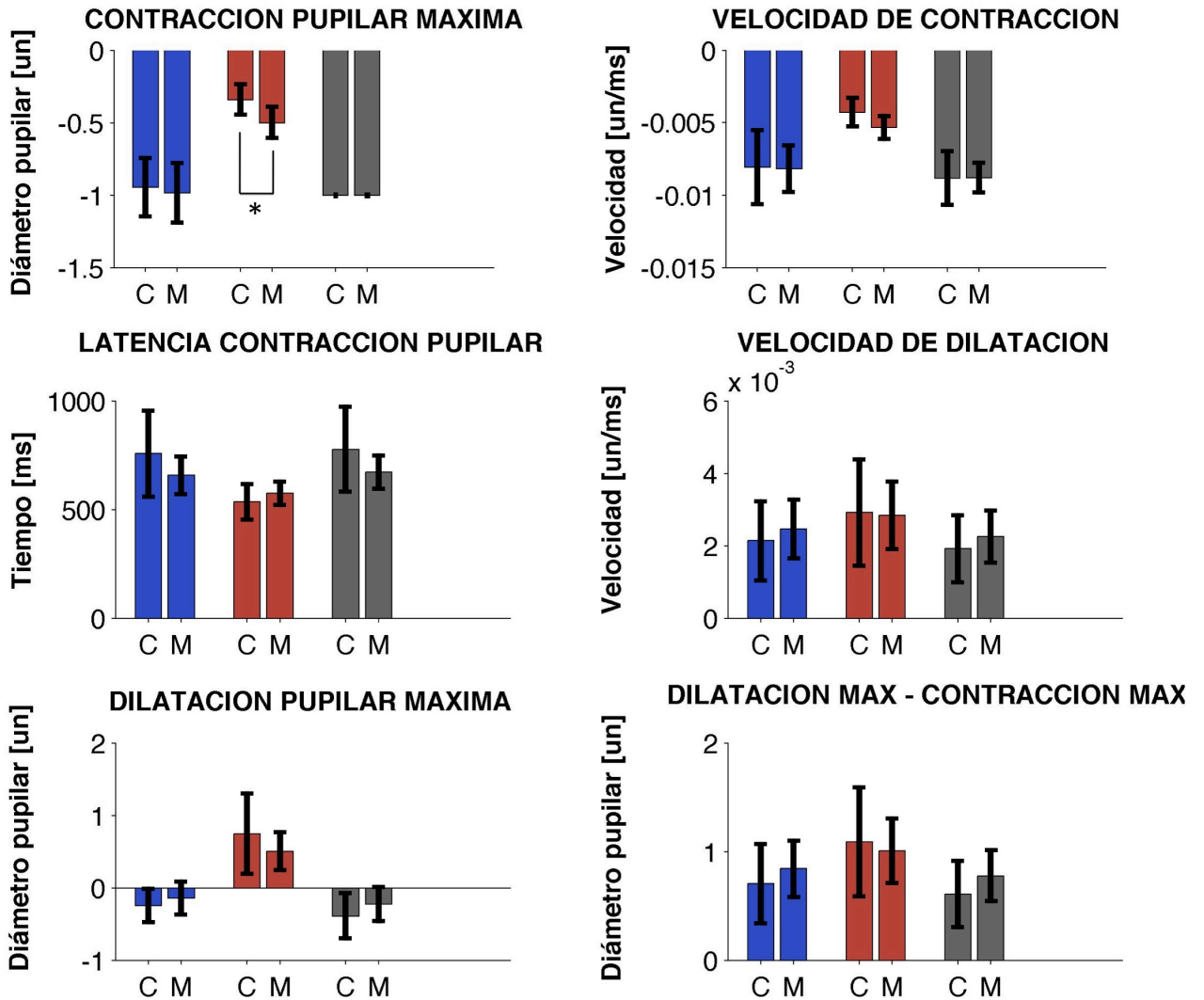


Figura 14: Comparación estadística entre el grupo Control y Meditadores. Los gráficos muestran las barras de error de los parámetros: contracción pupilar máxima (primera columna, primera fila), latencia de contracción pupilar (primera columna, segunda fila), dilatación pupilar máxima (primera columna, tercera fila), velocidad de contracción pupilar (segunda columna, primera fila), velocidad de dilatación (segunda columna, segunda fila) y diferencia entre la dilatación pupilar máxima y la contracción pupilar máxima (segunda columna, tercera fila). Imágenes positivas en azul, negativas en rojo y neutras en negro. El asterisco * indican una diferencia significativa entre los grupos de imágenes con un valor de $p < 0.05$.

En forma adicional al análisis estadístico de la respuesta pupilar a imágenes con valencia emocional, se realizó el análisis estadístico a algunos parámetros de la respuesta pupilar producida por el ruido rosa. En este caso evaluamos la recuperación de la pupila para corroborar que el tamaño pupilar se reestablece independientemente de la valencia de la imagen presentada. En este caso no se encontraron diferencias significativas dentro de cada grupo ($p > 0.05$) o entre los grupos por valencia ($p > 0.05$). Finalmente, se realizó una correlación entre el tamaño del diámetro pupilar inicial y el final en dos casos. La primera correlación se realizó tomando los valores del tamaño pupilar en el tiempo de presentación del estímulo de cada uno de los sujetos y se correlacionó con el valor de contracción máxima de cada uno de los sujetos (Figura 16, panel superior). Estos resultados no muestran ninguna correlación entre los tamaños del diámetro pupilar (controles $r = -0,17$; meditadores $r = 0,05$). En la segunda correlación (Figura 16, panel inferior) se tomaron los valores del tamaño pupilar en el momento de la presentación del ruido rosa (4000 ms), los que se correlacionaron con los valores de contracción máxima de la pupila en respuesta a este estímulo. El resultado obtenido es una correlación positiva en ambos grupos (controles $r = 0,8$; meditadores $r = 0,8$). Esto manifiesta que la contracción pupilar generada por el ruido rosa es proporcional al tamaño inicial del diámetro pupilar. Estos resultados indican que la intensidad de la contracción pupilar generada por las imágenes con valencia hedónica, es producto de la respuesta emocional modulada por cambios en el sistema nervioso autónomo, descartando la idea de que fueran estas respuestas producto de la intensidad de luminiscencia de las imágenes.

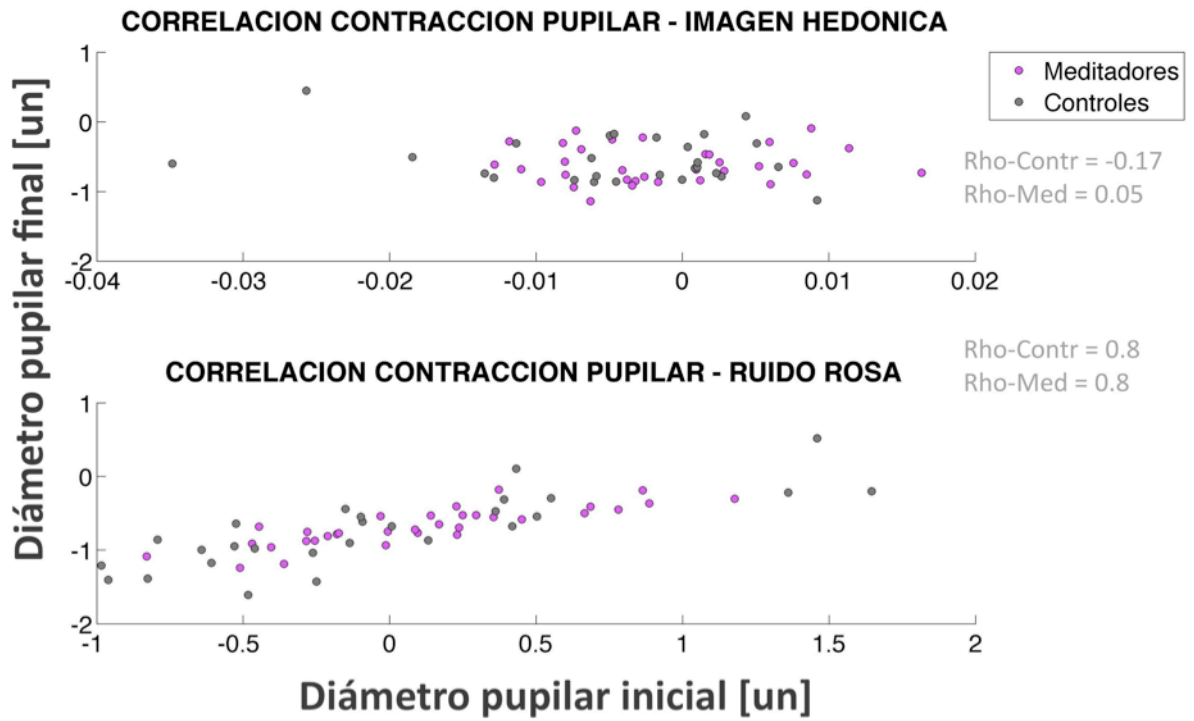


Figura 15: Correlación entre el diámetro pupilar previo a la contracción y el diámetro pupilar en su contracción máxima. Panel superior: Correlación para imágenes con valencia hedónica. Panel inferior: Correlación para imágenes de ruido rosa.

5.3 Frecuencia Cardíaca y Conductancia de la piel

Otros marcadores fisiológicos de los cambios autonómicos son la frecuencia cardíaca y la conductividad de la piel. Se realizaron ambos registros para observar si estos variaban en conjunto con la respuesta pupilar. Sin embargo, el registro de frecuencia cardíaca no fue lo suficientemente sensible como se esperaba. Esto, no nos permitió encontrar diferencias significativas entre las condiciones dentro y entre los grupos (Figura 17). La única diferencia que se puede rescatar es la diferencia de frecuencia cardíaca basal entre los grupos. Con respecto al registro de conductividad de la piel, el circuito fabricado en el laboratorio presenta una relación señal ruido muy alta, por lo que ha sido muy difícil filtrar y analizar este registro.

Frecuencia Cardíaca

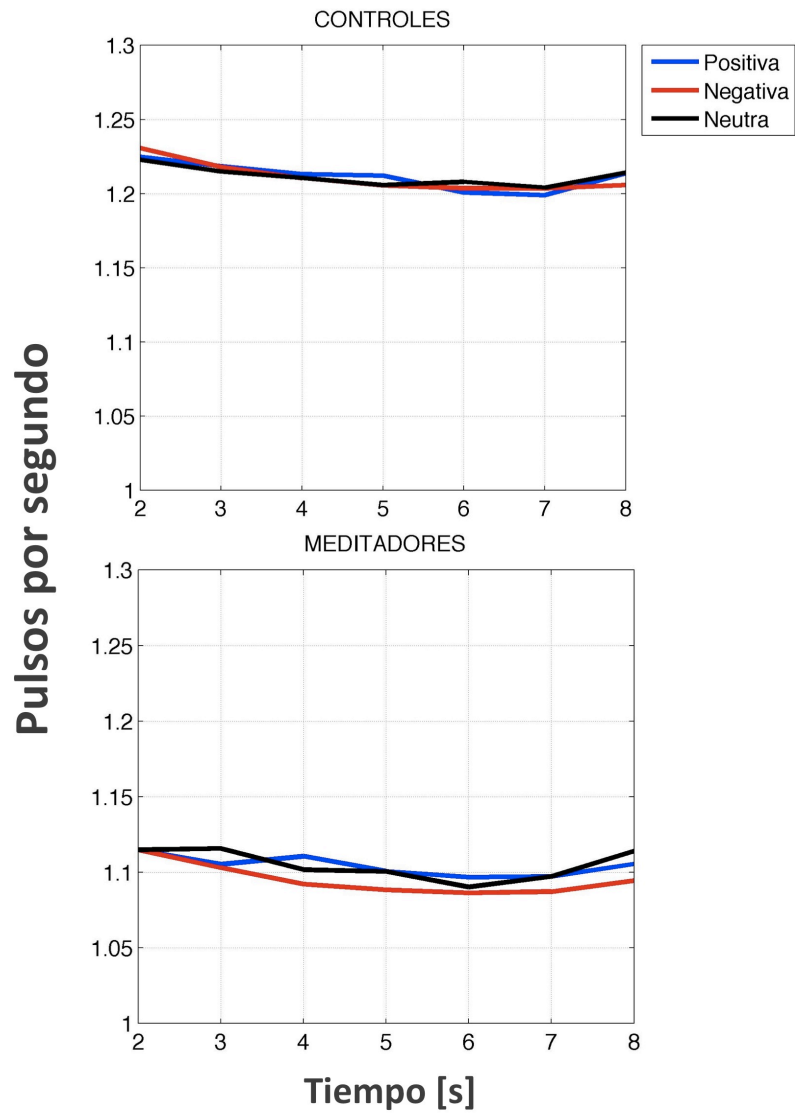


Figura 16: Frecuencia cardíaca. Arriba, grupo Control. Abajo, grupo Meditadores. Se observan pulsos por segundo a través del tiempo. Promedio de la frecuencia cardíaca inmediata, con frecuencia temporal de 1 segundo. No hay diferencias significativas entre los grupos.

6. DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las respuestas a imágenes con valencia negativa presentan mayor reactividad pupilar que las respuestas a imágenes con valencia positiva y neutra, fenómeno que es observable en el grupo de meditadores y controles. Luego, al comparar el comportamiento de la respuesta pupilar entre los grupos por valencia, se observa que los sujetos que practican meditación tienen una contracción pupilar mayor que aquellos que no meditan, y también, muestran una tendencia a tener una velocidad de respuesta mayor en contracción pupilar en respuesta a imágenes negativas. Mientras, la respuesta a las otras dos condiciones (positiva y neutra), no presentan diferencias significativas entre los grupos.

Según lo descrito anteriormente, nuestros resultados muestran respuestas pupilares que difieren a la propuesta de Bradley et al., la que consiste en que las imágenes con valencia negativa y positiva, presentan una mayor dilatación pupilar, diferenciándose ambas curvas de las imágenes neutras (Figura 1). Por otro lado, las contracciones pupilares muestran la misma intensidad de respuesta para todas las condiciones, llegando todas al mismo punto máximo de contracción pupilar, y explicando este fenómeno, como respuesta pupilar reflejo a la luz. Sin embargo, es posible presumir que estos resultados, si bien diferentes, son a la vez mas robustos que los resultados presentados por Bradley et al. Algunas de las razones que pueden explicar estas diferencias son: 1) en las mediciones realizadas por Bradley et al. se utilizó un sistema de Eye-Tracker con menor precisión (60 Hz) que en este (500 Hz). 2) En los registros de Bradley et al. se utilizó como unidad de medida de diámetro pupilar, el tamaño absoluto (en milímetros), mientras que este sistema utiliza unidades arbitrarias. Esto es digno

de ser destacado, dado que el diámetro inicial en el sistema videooculográfico varía críticamente con la distancia de colocación de las cámaras y es difícil lograr que tenga el mismo tamaño en todos los sujetos. Esto hace a nuestro sistema más preciso y permite un análisis más objetivo. 3) El análisis de datos utilizado por Bradley et al. creemos no es el adecuado en términos de normalización de datos, ya que como se menciona más arriba, éste no elimina el artefacto que produce la distancia que se encuentran las cámaras de los ojos y los tamaños relativos de pupila entre los sujetos. Por lo tanto, los sujetos no son directamente comparables entre sí. Esta nueva metodología fue incorporada al análisis de nuestros resultados. 4) El grupo de Bradley et al. presentó las imágenes en tonos de gris y nosotros en colores. Sin embargo, descartamos que la diferente intensidad de las respuestas de contracción pupilar estén relacionados con la luminosidad de las imágenes presentadas en este estudio, ya que entre los grupos de imágenes no muestran diferencias en luminancia, descartando que sea esta respuesta reflejo a la luz. Por otro lado, esto queda demostrado con la correlación del tamaño del diámetro pupilar generado por el ruido rosa, donde la contracción pupilar es proporcional al tamaño pupilar inicial. Esto es, si la pupila está muy dilatada, entonces generará una contracción mayor en respuesta al ruido rosa, en comparación a los diámetros pupilares más pequeños, que se contraerán en menor intensidad.

En este trabajo encontramos que los sujetos meditadores presentan respuestas de contracción pupilar mayores a imágenes negativas, tanto en la velocidad de contracción y de contracción máxima, en comparación al grupo control, donde se observa que la contracción

pupilar es menor. Esto podría explicarse por la rápida manifestación del sistema nervioso simpático (SNS) en el grupo control, indicando que este grupo tiene una mayor reactividad emocional que el grupo de meditadores a imágenes displacenteras. Esto es consistente con otros estudios, en los que el SNS se ha visto relacionado con la alerta emocional, provocando una mayor dilatación pupilar (Bradley 2008). Sin embargo, nuestros resultados no muestran diferencias significativas en el diámetro pupilar máximo; de ser así, reafirmaría que los sujetos controles tengan una manifestación del SNS más fuerte que los sujetos meditadores. Una razón que podría explicar este fenómeno es que los 4 segundos de presentación de la imagen con valencia hedónica no son suficientes para determinar el punto real de dilatación máxima y el punto en que comienza a decaer el diámetro pupilar naturalmente. En ese entonces aparece el ruido rosa irrumpiendo con una nueva contracción pupilar. Por otro lado, la dispersión de los datos en el grupo meditadores es mucho menor que la del grupo de controles, mostrando por una parte, que el comportamiento pupilar es mas homogéneo. Además, la gran dispersión de los datos del grupo control produce que los intervalos de confianza de las dos muestras se superpongan más de lo esperado. Esto podría comprobarse realizando mas mediciones en personas sin prácticas meditativas.

El comportamiento del grupo control es lo que esperaríamos que ocurriera en la población general y por tanto podríamos pensar que el efecto de la meditación es lo que está modulando la respuesta del sistema nervioso autonómico, ¿cómo?. La práctica meditativa podría estar produciendo una atenuación de la activación del SNS a través de la activación del sistema nervioso parasimpático (SNP). En nuestros resultados lo podemos observar en la

contracción pupilar máxima, la que es mayor que en el grupo control. Algunos estudios podrían avalar esta hipótesis. La meditación, según Wallace et al. (1990), es una práctica que está acompañada de cambios fisiológicos relacionados al consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca, resistencia de la piel y algunas frecuencias de EEG. Tang et al. (2009) observó que la actividad del sistema nervioso parasimpático aumenta durante esta práctica, ya que aumenta la variabilidad de la frecuencia cardíaca, disminuye la frecuencia respiratoria, aumenta la amplitud respiratoria y disminuye la conductividad de la piel. De este modo, la respuesta pupilar presenta una menor reactividad emocional a imágenes con valencia negativa. Esto se ve reflejado en una mayor contracción pupilar y una posible menor dilatación pupilar.

A pesar de los resultados encontrados por Tang et al. (2009), nosotros no encontramos diferencias significativas en los registros realizados para la frecuencia cardíaca o conductibilidad de la piel. Creemos que esta situación se debe a que los instrumentos fabricados en el laboratorio, si bien acusaban cambios de conductancia de la piel, no eran lo suficientemente sensibles y precisos para detectar los cambios del sistema nervioso autónomo. Sin embargo, estos se realizaron de manera complementaria al registro de reactividad pupilar, el que era el objetivo principal de este trabajo. Los resultados de respuesta pupilar si concuerdan con la propuesta de Wallace et al. (1990) y Tang et al. (2009) y es un instrumento lo suficientemente sensible para observar estos cambios, lo que valida el uso de pupilometría como marcador fisiológico de los cambios autonómicos y del procesamiento emocional.

Con estos resultados observamos que el entrenamiento metódico y continuo de esta práctica atencional, produce un cambio en la modulación del SNA y la respuesta emocional, el que se refleja en los procesos fisiológicos, manifestado en las variaciones del diámetro pupilar. Aunque aun falta por comprender con profundidad como esta práctica modula los procesos fisiológicos, es importante resaltar que todos los cambios observados guardan relación con el efecto benéfico de la incorporación de estas prácticas. Por esto, es interesante y necesario considerar la integración de la meditación en la mantención y reestablecimiento de la salud.

7. BIBLIOGRAFÍA

Margaret M. Bradley, Laura Miccoli, Miguel A. Escrig and Peter J. Lang. (2008). *The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation*. *Psychophysiology*, 45, 602 – 607.

Richard P. Brown and Patricia L. Gerbarg (2009). *Yoga Breathing, Meditation, and Longevity*. *Longevity, Regeneration, and Optimal Health*. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1172: 54–62.

Alberto Chiesa, Alessandro Serretti (2010). *Mindfulness based cognitive therapy for psychiatric disorders: A systematic review and meta-analysis*. *Psychiatry Research*, May 187 (3) 441-453.

A. D. Craig. (2003) *Interoception: the sense of the physiological condition of the body*. *Current Opinion in Neurobiology*, 13:500 – 505.

A. D Craig. (2002) *How do you feel? Interoception: the sense of physiological condition of the body*. *Nature Reviews*. Vol 3, 655 – 666.

A. D. Craig. (2009) *How do you feel – now? The anterior insula and human awareness*. *Nature Reviews*. Vol 10, 59 – 70.

Antonio Damasio. (1994) *Descartes' Error: Emotion, Reason and the Human Brain*, Pan Macmillan.

Antonio Damasio. (2000) *The Feeling of What Happens: Body and Emotion in the Making of Consciousness*, Harvest Books.

Richard J. Davidson, Jon Kabat-Zinn, Jessica Schmacher, Melissa Rosenkranz, Daniel Muller, Saki F. Santorelli, Ferris Urvanowski, Anne Harrington, Katherine Bonus and John F. Sheridan (2003). *Alterations in Brain and Immune Function Produced by Mindfulness Meditation*. *Psychosomatic Medicine* 65:564–570.

Electrodermal Activity Meter

(http://courses.cit.cornell.edu/ee476/FinalProjects/s2006/hmm32_pjw32/index.html)

Linda J. Harrison, Ramesh Manocha, Katya Rubia (2004). *Sahaja Yoga Meditation as a Family Treatment Programme for Children with Attention Deficit-Hyperactivity Disorder Clinical Child Psychology and Psychiatry* 1359–1045.

Hoecks B, Levelt W., (1993). *Pupillary Dilation as a Measure of Attention: A Quantitative System Analysis*. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 25, 16-26.

Introduction: *Pupilometric measures of cognitive and emotional processes*. (2004). *International Journal of Psychophysiology* 52, 1 – 6.

Sahib Khalsa, David Rudrauf, Justin S Feinstein and Daniel Tranel. (2009). *The pathways of interoceptive awareness*. *Nature Neurosciences*. Vol 12 (12).

Richard D. Lane, Kateri McRae, Eric M. Reiman, Kewei Chen, Geoffrey L. Ahern, Julian F. Thayer (2009). *Neural correlates of heart rate variability during emotion*. *NeuroImage* 44 (2009) 213–222.

- Lang, P.J., Bradley, M.M., & Cuthbert, B.N. (2008). *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical Report A-8*. University of Florida, Gainesville, FL.
- Antoine Lutz, Julie Brefczynski-Lewis, Tom Johnstone, Richard Davison (2008). *Regulation of the Neural Circuitry of Emotion by Compassion Meditation: Effects of Meditative Expertise*. Plos One, 3(3):e1897.
- Antoine Lutz, Heleen A. Slagter, John D. Dunne and Richard Davidson. (2008). *Attention regulation and monitoring in meditation*. Trends in Cognitive Science. 12(4): 163 – 169.
- Antoine Lutz, Lawrence L. Greischar, David M. Perlman, Richard J. Davidson (2010). *BOLD signal in insula is differentially related to cardiac function during compassion meditation in experts vs. Novices*. NeuroImage 47 (2009) 1038–1046.
- Sara Sieg and Bill Ziebold (2004) photoplentismograph. <http://www.swarthmore.edu/NatSci/echeeve1/Ref/E72Projects/E72Cardio/E72Cardio.html>
- Steinhauer S. R., Boller F., Zubin J., Pearlman S., (1983). *Pupillary dilation to emotional visual stimuli revisited*. Psychophysiology, 20, 472.
- Stuart R. Steinhauer, Greg J. Siegle, Ruth Condray, Misha Pless. (2004). *Sympathetic and parasympathetic innervations of pupillary dilation during sustained processing*. International Journal of Psychophysiology 52, 77 – 86.
- Timo Partala, Veikko Surakka. (2003). *Pupil size variation as an indication of affective processing*. International Journal of Human Computer Studies. Vol 59 185 – 198.

USA Today [en línea]. (2009) <http://www.usatoday.com/news/health/2009-06-07-meditate_N.htm>

William C. Bushell (2009). *New Beginnings: Evidence That the Meditational Regimen Can Lead to Optimization of Perception, Attention, Cognition, and Other Functions*. Longevity, Regeneration, and Optimal Health. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1172: 348–361.

Glen L. Xiong and P. Murali Doraiswamy. (2009). *Does Meditation Enhance Cognition and Brain Plasticity?* Longevity, Regeneration, and Optimal Health. Ann. N.Y. Acad. Sci. 1172: 63–69.

Yi-Yuan Tang, Yinghua Maa, Yaxin Fana, Hongbo Fenga, Junhong Wanga, Shigang Fenga, Qilin Lua, Bing Hua, Yao Lina, Jian Lia, Ye Zhanga, Yan Wanga, Li Zhoua, and Ming Fanc (2009). *Central and autonomic nervous system interaction is altered by short-term meditation*. PNAS June 2, 2009. vol. 106 (22) 8865–8870.