



ORIGINAL

Efectos psicofisiológicos de la respiración diafragmática y la estimulación térmica sobre la actividad autonómica del estrés agudo¹

Psychophysiological effects of diaphragmatic breathing and thermal stimulation on the autonomic activity of acute stress

David Alberto Rodríguez Medina^{2 a}, Benjamín Domínguez Trejo^a, Gerardo Leija Alva^{a y b}, Mariana Ortiz Omaña^c, y Carolina Carreño Morales^{a y d}

^a Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México; ^b Centro Interdisciplinario de Ciencias de la Salud, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México; ^c Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México; ^d Sub-coordinación de Atención y Orientación, Comisión Nacional de Arbitraje Médico, Ciudad de México, México

Recibido el 16 de enero de 2018; aceptado el 7 de septiembre de 2018

Resumen

Estudios recientes han evaluado los efectos psicofisiológicos del estrés agudo, la respiración diafragmática (RD) y la estimulación térmica cutánea. El paradigma Trier Social Stress Test (TSST) se ha utilizado como prueba de laboratorio para inducir estrés; sin embargo, no cuenta con una fase de reversiva activa de los efectos que induce. La presente investigación tuvo dos objetivos: 1) evaluar el efecto de la RD sobre la actividad autonómica simpática y la respuesta inflamatoria después del TSST para revertir sus efectos cardiovasculares; y 2) explorar el efecto de la estimulación térmica para inhibir la actividad autonómica durante y después del TSST. Se utilizó un diseño cuasi-experimental de medidas repetidas para cada objetivo. Participaron 22 estudiantes universitarios, normotensos y clínicamente sanos divididos en dos sub-grupos de 11 participantes cada uno. Se aplicaron medidas psicométricas de distrés psicológico (PHQ-4, PC-PTSD), se registró su presión arterial, su tasa cardiaca, su temperatura nasal y en el dedo de la mano izquierda, así como una muestra salival de interleucina 6 (citoquina asociada a procesos inflamatorios sensible a la alteración física y afectiva del organismo). Aunque se igualaron las características sociodemográficas, debido al horario de registro de la presión arterial en cada grupo y el periodo escolar de cada participante, las muestras no fueron comparables entre sí por lo que los datos se analizaron por separado para cada objetivo: al primer grupo se le administró el protocolo de TSST y después se les instruyó un ejercicio de RD; mientras que el segundo grupo sostuvo con las manos una compresa térmica a una temperatura aproximada de 41°C durante y después del TSST. Los resultados sugirieron que la RD disminuyó la actividad autonómica, pero no la inflamatoria; mientras que el grupo con estimulación térmica inhibió la actividad autonómica durante y después del TSST. Estos hallazgos se discuten en el contexto de la Teoría Polivagal como estrategias psicológicas para disminuir e inhibir los efectos psicofisiológicos del estrés agudo.

Palabras clave: TSST, Estimulación térmica, Temperatura periférica, Presión arterial, IL-6

1 Con el financiamiento del proyecto académico: PAPIIT, Clave IN304515. Biomarcadores (autonómicos e inmunológicos) como indicadores del componente emocional en el Dolor Crónico.

2 Correspondencia: David Alberto Rodríguez Medina, División de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Psicología, UNAM. CDMX, c.p. 04510, tel. 5530827176. Correo electrónico: psic.d.rodriguez@comunidad.unam.mx

Abstract

Recent studies have evaluated the psychophysiological effects of acute stress, diaphragmatic breathing (DB) and cutaneous thermal stimulation. The Trier Social Stress Test (TSST) paradigm has been used as a laboratory test to induce stress; however, it does not have an active reversal phase of the effects it induces. The present investigation had two objectives: 1) to evaluate the effect of DB on autonomic activity and inflammatory response after TSST; and 2) explore the effect of thermal stimulation to inhibit autonomic activity during and after TSST. A quasi-experimental design of repeated measures was used for each objective. Twenty-two university students, normotensive and clinically healthy participated. Psychometric measures of psychological distress (PHQ-4, PC-PTSD) were applied, their blood pressure, heart rate, nasal temperature and on the finger of the left hand were recorded, as well as a salivary sample of interleukin 6 (inflammatory sensitive cytokine to the physical and affective alteration of the organism). They were divided into two sub-groups of 11 participants each. The first group he was administered the TSST protocol and then they were instructed an DB exercise; while the second group held with their hands a thermal compress at a temperature of about 41 ° C during and after the TSST. The results suggested that DR decreased autonomic activity, but not inflammatory activity; while the group with thermal stimulation inhibited the autonomic activity during and after the TSST. These findings are discussed in the context of the Polyvagal Theory as psychological strategies to diminish and inhibit the psychophysiological effects of acute stress.

Keywords: TSST, Thermal stimulation, Peripheral temperatura, Blood pressure, IL-6

Diversos estudios han documentado los efectos del estrés agudo sobre la actividad neurofisiológica central (sistema límbico y su interacción con la corteza prefrontal media, corteza cingulada anterior y corteza orbitofrontal); actividad autonómica, somática, cognitiva, endocrinológica e inmunológica (Allen, Kennedy, Cryan, Dinan & Clarke, 2014; Allen, Kennedy, Dockray, Cryan, Dinan, & Clarke, 2017). Para inducir estrés agudo se ha utilizado el Trier Social Stress Test (TSST) (Kirschbaum, Pirke & Hellhammer, 1993), como un protocolo de estrés social experimental, el cual incrementa la actividad autonómica simpática, endocrinológica e inflamatoria (Marsland, Walsh, Lockwood & John-Henderson, 2017). Para el lector interesado en ahondar en los efectos psicofisiológicos periféricos, inmunológicos y endocrinológicos, la tabla 1 recoge los estudios empíricos más recientes.

De manera particular, la actividad simpática genera vasoconstricción cutánea. Al estrecharse el diámetro de los vasos sanguíneos periféricos aumenta la presión arterial y disminuye el volumen sanguíneo lo cual decrementa la temperatura periférica (manos, nariz, pies) (Ioannou, Gallese & Merla, 2014; Kano, Hirata, Deschner, Behringer & Call, 2016).

La actividad simpática promueve la respuesta inflamatoria (Pongratz & Straub, 2014) de citoquinas como la interleucina 6 (IL-6). La IL-6 se ha estudiado durante el paradigma TSST (Marsland, et al., 2017; Steptoe, Hamer

& Chida, 2007) mostrando incrementos respecto al nivel basal, con mayores niveles de concentración entre personas que han estado expuestas a experiencias traumáticas en etapas tempranas de su vida (Carpenter, Gawuga, Tyrka, Lee, Anderson, & Price, 2010).

Una medida para evaluar los cambios psicofisiológicos autonómicos de diversos estados afectivos es la temperatura periférica. Un estudio reciente evaluó el efecto del TSST sobre la temperatura periférica cuyo resultado principal mostró el descenso de la temperatura en los dedos de las manos (Cruz-Albarrán, Benítez-Rangel, Osornio-Ríos, Domínguez-Trejo, Rodríguez-Medina & Morales-Hernández, 2018). Sin embargo, debido a la estructura del paradigma, el TSST solo incluye una fase de recuperación natural pero no de desactivación simpática sobre los efectos que produce en el participante (Birkett, 2011). Para ello, se han desarrollado algunas estrategias estructuradas como las técnicas de relajación, las cuales promueven la actividad parasimpática. Una de las técnicas de relajación que promueve la actividad parasimpática es la respiración diafragmática, una estrategia psicofisiológica no invasiva, en la cual se induce al participante a respirar de manera rítmica, lenta, con inhalaciones profundas, exhalaciones pronunciadas y pausas entre la inspiración y la expiración. Su aplicación se ha descrito en diversos estudios; sin embargo, en muchos casos la evaluación de su utilidad clínica se ha limitado a las escalas o medidas de autorreporte (medidas indirectas),

Tabla 1
Efectos autonómicos, endocrinológicos e inflamatorios del TSST

Autor	Año	Tipo de estudio	N	Medidas	Resultados
Boesch, et al.	2014	Cuasi-experimental	primer estudio: 294; segundo estudio: 105	alfa-amilasa salival y FC	Al comparar ambos, TSST-G-2-defensa y 2-presentación, la primera dio lugar a una mayor respuesta al estrés con respecto a la FC y la VFC.
Cooper, et al.	2015	Correlacional	1255	Hemoglobulina, Colesterol, IL-6, fibrinógeno, VFC.	Los resultados apoyan la existencia de la vía antiinflamatoria vagal y sugieren que tiene efectos similares en hombres y mujeres
Fogelman & Canli	2015	Cuasi-experimental	44 adultos mayores	Cortisol salival	Los datos sugieren que los individuos con alto propósito en la vida muestran reactividad al estrés adaptativo (alostasis), pero reducen el estrés crónico a través de la recuperación del cortisol (carga alostática).
Slavish, et al.	2015	Revisión sistemática	22 estudios	Biomarcadores inflamatorios salivales	Algunas citoquinas, especialmente IL-1 β , TNF- α e IL-6, aumentan en saliva en respuesta al estrés agudo.
Petrowski, et al.	2016	Cuasi-experimental	33 participantes con TP y 34 controles	alfa-amilasa salival y FC	No se encontraron diferencias significativas en las respuestas autonómicas entre ambos grupos. Los hombres tuvieron mayor actividad autonómica. Relación entre FC y alfa-amilasa.
Lockwood, et al.	2017	Experimental	159 hombres negros y 129 blancos	FC, VFC y marcadores de inflamación sistémica: IL-6, PCR	La FC y el tiempo en que se realiza la tarea, así como la VFC evocada por el estrés se asocian con inflamación. Los marcadores de inflamación se asociaron a la VFC.
Reschke, et al.	2017	Cuasi-experimental	20 mujeres y 20 hombres	Cortisol salival, estrés subjetivo.	No existe diferencia entre mujeres y hombres en los niveles de estrés. Sin embargo, los hombres mostraron un nivel más elevado de cortisol.
Liu, et al.	2017	Meta-análisis	34 estudios: 640 mujeres y 710 hombres	Cortisol	Los hombres incrementan más cortisol que las mujeres durante y después del TSST.

Nota: TP= Trastorno de pánico; FC= Frecuencia cardiaca; VFC= Variabilidad de la frecuencia cardiaca; IL-6= Interleucina 6; PCR= Proteína C reactiva.

dejando fuera medidas fisiológicas (directas). Por ejemplo, la respiración diafragmática promueve un incremento en la temperatura nasal (figura 1); por el contrario, eventos aversivos disminuyen la temperatura nasal (Kano, et al., 2016). En la tabla 2 se presenta una breve revisión de los estudios antecedentes que han evaluado los efectos de la respiración diafragmática sobre la actividad autonómica, en particular, la reducción de la actividad cardiovascular; sin embargo, se desconoce su capacidad de regulación de la actividad inflamatoria después del estresor agudo.

Cuando un participante no se beneficia de las estrategias de relajación es necesario recurrir a procedimientos externos que disminuyan los efectos psicofisiológicos de estrés. Una estrategia para ello es la estimulación térmica corporal (Lee, Park & Kim, 2011), cuyo propósito es reducir la vasoconstricción generada por la actividad simpática, la conductancia de la piel y el nivel de cortisol. El incremento periférico de temperatura genera un proceso

vasodilatador, el cual inhibe la descarga simpática y la producción de catecolaminas. La estimulación térmica local a los 42°C aumenta el flujo sanguíneo de la piel permitiendo la relajación del músculo donde se administra la estimulación (Johnson & Kellogg, 2010). Se han documentado las vías termosensoriales y circuitos neurales implicados en la disminución de estados afectivos negativos, promoviendo el involucramiento social (Raison, Hale, Williams, Wager & Lowry, 2015). Esta estimulación térmica no debe superar los 43°C, temperatura a la cual se activa el receptor TRPV1 que induce una respuesta simpática (Alawi, Abdool, Liang, Wilde, Vepa & Psefteli, 2015).

Con base a lo anterior, la presente investigación planteó dos objetivos: el primero, evaluar si la respiración diafragmática puede regular la actividad autonómica y la producción de IL-6 después de aplicar el TSST; segundo, evaluar el efecto inhibitorio autonómico de la estimulación térmica ($\approx 41^\circ\text{C}$) en manos durante y después del TSST.

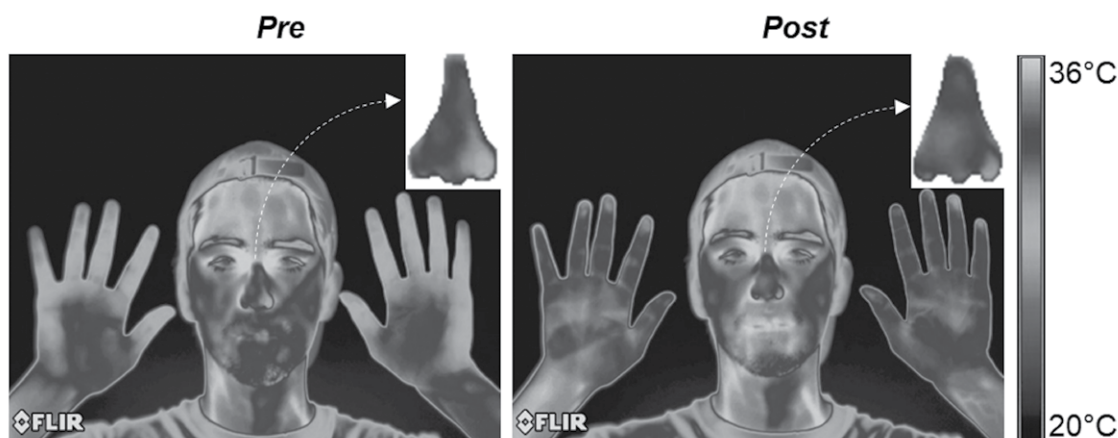


Figura 1. Imagen térmica infrarroja del efecto de la respiración diafrágica sobre la temperatura periférica. La respiración diafrágica (3 minutos) produce un efecto de vasodilatación periférico: incrementa el volumen sanguíneo aumentando la temperatura en manos y en nariz (Rodríguez-Medina, Domínguez-Trejo, Cruz-Albarrán, Morales-Hernández & Leija-Alva, 2018,).

Tabla 2
Efectos psicofisiológicos de la respiración diafrágica

Autor	Año	Tipo de estudio	N	Medidas	Resultados
Chang, et al.	2013	Experimental	53 participantes voluntarios	PA, RR, FC, VFC	La RD a 8 respiraciones por minuto disminuyó la PA, decrementó la frecuencia baja e incrementó la frecuencia alta de la VFC,
Ferrerira, et al.	2013	Cuasi-experimental	13 pacientes hipertensos	PA, RR, VFC,	El grupo de tratamiento decrementó la PA, la baja frecuencia de VFC e incrementó la alta frecuencia.
Russell, et al.	2016	Experimental	40 participantes voluntarios	FC, VFC	La RD sin pausa entre ciclos mostró una baja VFC, mientras que la pausa entre ciclos respiratorios incrementa la frecuencia alta de VFC.
Zou, et al.	2017	Revisión	6 estudios: 269 pacientes cardiovasculares y controles	FC, PA	La RD redujo la FC significativamente (-1.72 latidos por minuto), y la PA (sistólica: -6.36 mmHg; diastólica: -5.63 mmHg) comparado con los controles.
Ma, et al.	2017	Experimental	40 participantes voluntarios	Cortisol, PANAS, NCT	La RD mejora la atención sostenida, disminuye el afecto y los niveles de cortisol.
Jafari, et al.	2017	Revisión sistemática	31 estudios sobre respiración y dolor	RR, ENA, CP	Disminuye la baja frecuencia de VFC, el dolor y la CP.
de Abreu, et al.	2017	Revisión sistemática	6 estudios en control autonómico	PA, FC, VFC	La RD promueve la alta frecuencia de VFC, disminuye la baja frecuencia de VFC, reduce la FC en pacientes con diabetes, hipertensión e insuficiencia cardíaca.

Nota: PA=Presión arterial; RR= intervalo RR FC= Frecuencia cardíaca; VFC= Variabilidad de la frecuencia cardíaca; RD= Respiración diafrágica; PANAS= Escala de afecto positivo y negativo; NCT= Test de cancelación del número; ENA=Escala Numérica Análoga (dolor); CP= Conductancia de la piel

Estudio 1. Efecto del estrés social agudo y la respiración diafrágica sobre la actividad autonómica, la respuesta inflamatoria y el autorreporte.

Hipótesis

1) La aplicación del TSST aumentará la actividad inflamatoria (IL-6) y la actividad autonómica simpática

(incremento en la presión arterial; y decremento de la temperatura nasal y dedo de la mano izquierda); así como el puntaje de estrés por autorreporte.

2) La respiración diafrágica disminuirá la actividad inflamatoria, la actividad autonómica simpática y el nivel de autorreporte de estrés.

Método

Diseño de investigación

Diseño prospectivo, cuasi-experimental de medidas repetidas.

Participantes

Se contó con una participación voluntaria de $N=11$ estudiantes universitarios (10 mujeres y 1 hombre). La edad $M=23.25 (\pm 5.024)$ años, y con $M=15.62 (\pm 7.042)$ días a partir del ciclo menstrual en el caso de las mujeres. Como criterio de inclusión se establecieron que fueran estudiantes normotensos, no consumir fármacos previos a los días del estudio y con un ayuno de al menos tres horas entre las 06:00 y las 09:00 hrs. Todos los participantes dieron

su consentimiento informado con base a la declaración de Helsinki.

Instrumentos y materiales

Se utilizaron medidas de estrés psicológico como pruebas de tamizaje, medidas psicofisiológicas de actividad autonómica y respuesta inflamatoria (IL-6 salival) (figura 2a).

Patient Health Questionnaire (PHQ-4) (Kroenke, Spitzer, Williams & Löwe, 2009). Es un instrumento breve de cuatro reactivos (dos para evaluar ansiedad y dos para depresión), con una escala de medición tipo Likert del 0 al 3. Si el participante tiene una puntuación de 0 a 2 se considera sin estrés, una puntuación de 3 a 5 se considera nivel bajo, puntajes de 6 a 8 un nivel moderado y 9 a 12 un nivel alto de estrés.

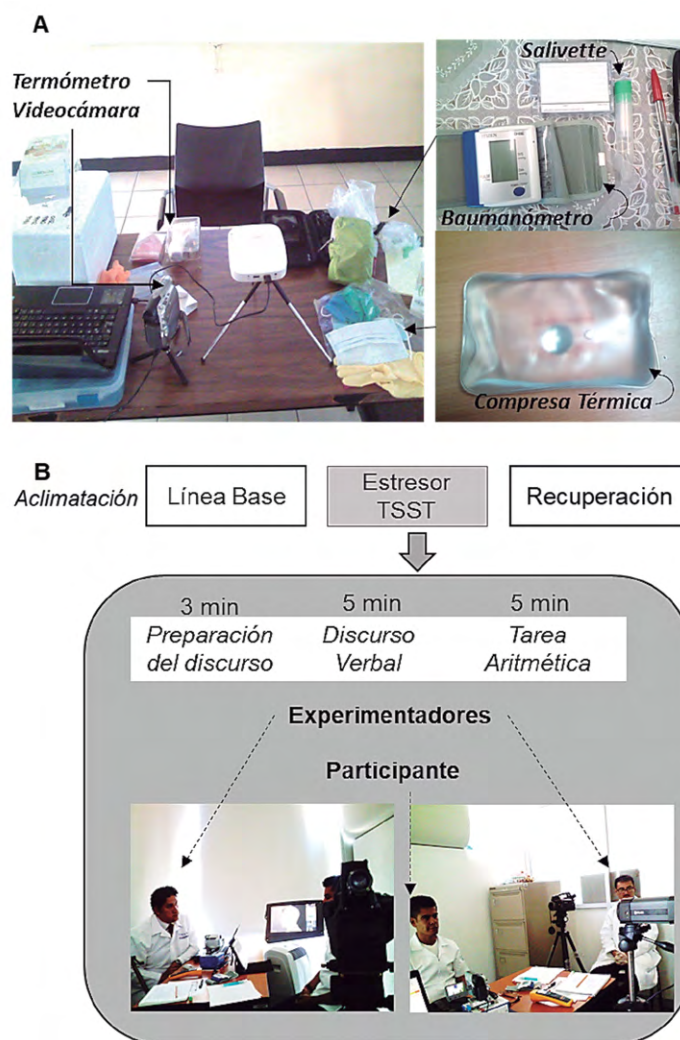


Figura 2. Materiales, instrumentos y diseño de investigación. A. Materiales e instrumentos psicofisiológicos. B Protocolo de TSST y recuperación

Primary Care of Post-Traumatic Stress Disorder (PC-PTSD) (Prins et al., 2003). Basado sobre los criterios clínicos del Trastorno de Estrés Postraumático (TEP) del DSM-IV-R, utilizado en población mexicana (Rodríguez-Medina, et al., 2018), evalúa la presencia de TEP en cuatro reactivos con opciones de respuesta dicotómicas (sí/no). Se considera el TEP si el sujeto contesta tres o cuatro positivos a las preguntas.

Escala Numérica de Estrés subjetivo. El autorreporte del estrés subjetivo de una situación particular en una línea horizontal que va del 0 (nada) al 10 (extremo).

Baumanómetro Digital Citizen CH-656C. Es un dispositivo que registra la presión arterial y el pulso. Para esta investigación se utilizó la presión arterial media:

$$\text{PAM} \cong 2/3 (\text{PD}) + 1/3 (\text{PS})$$

Donde:

PAM: Presión Arterial Media, PD: Presión Diastólica y PS: Presión Sistólica

Non contact infrared body Thermometer DM300®. Termómetro de infrarrojo con diámetro de 0.5cm², el cual permite registrar la temperatura de la piel en un rango de 0°C a 100°C. Para este estudio se registró la temperatura en la línea media de la punta de la nariz, así como del dedo medio de la mano izquierda.

Interleucina 6 salival. La interleucina 6 es la citoquina con mayor concentración en sistema nervioso central, la cual regula la actividad inflamatoria sensible a la alteración física o psicológica (afectiva) del organismo. Para su análisis en laboratorio se procedió con las indicaciones del fabricante Sallimetrics®.

Trier Social Stress Test (TSST). Protocolo de inducción de estrés agudo psicosocial. Consiste en cuatro fases (figura 2b): (1) reposo en sala de espera; (2) preparación de un discurso que describa porqué es un buen candidato para su trabajo ideal, (3) Exposición del discurso verbal, y (4) tarea aritmética en voz alta de restar de 17 en 17 desde 1021 (si se equivoca el participante reinicia desde el principio).

Procedimiento

Se programó, en una sola semana, a los participantes para que acudieran a las salas de registro psicofisiológico entre las 09:00 y las 11:00 horas. Se requirieron dos salas con iluminación a una temperatura constante a 20°C, escritorio y sillas. En la primera sala al llegar cada estudiante universitario firmó un consentimiento informado; posteriormente

contestaron las medidas psicométricas de estrés y al terminar permanecieron sentados en reposo 10 minutos para tomar su PAM e IL-6 inicial. Después se les aplicó el protocolo del TSST en la segunda sala y se volvió a registrar la PAM, IL-6 y estrés subjetivo. A continuación, se les instruyó a realizar un ejercicio de respiración diafragmática durante 3 minutos con apoyo de un video y las indicaciones de un experimentador y finalmente se volvieron a tomar las muestras salivales de IL-6, la PAM y el estrés subjetivo.

Análisis estadísticos

Se extrajeron los datos descriptivos (media, mediana, y desviación estándar) de las medidas psicométricas y psicofisiológicas. Se exploró la normalidad de los datos con una prueba de Kolmogórov-Smirnov ($p < .05$). Debido a que no se encontró una distribución normal se realizó un análisis estadístico no paramétrico de medidas repetidas de Friedman para las mediciones psicofisiológicas y de estrés subjetivo, y una prueba de Wilcoxon para evaluar las diferencias pre – post y post – relajación. Se consideró un nivel de significancia $\leq .05$.

Resultados

La escala de distrés PHQ-4 tuvo una puntuación media = 1.81 (D.E. = 0.75). En su dimensión *ansiedad* la media = 2 (D.E. = 1.612). En la dimensión *depresión* la puntuación media = 1.27 (D.E. = 1.1). La escala breve de desorden de estrés postraumático (PC-PTSD) tuvo una puntuación media = 1.55 (D.E. = 1.44). De los 11 participantes, 3 de ellos (27.3%) obtuvieron una puntuación clínica de estrés postraumático (EP), los cuales mostraron una diferencia estadísticamente significativa ($Z = -2.075$, $p = .048$) en la dimensión de ansiedad de la escala PHQ-4 respecto a quienes no puntuaron con EP.

La figura 3 ilustra los cambios psicofisiológicos del TSST y la respiración diafragmática. La temperatura periférica en el dedo (medio, mano izquierda), disminuyó pre - post TSST (Media pre = 27.27°C, Media post = 25.55°C, $Z = -2.023$, $p = .043$) (figura 3a). La temperatura nasal también disminuyó (pre = 31.17°C, post = 30.59°C) significativamente ($Z = -2.23$, $p = .042$) (figura 3b).

La IL-6 salival solo tuvo un cambio estadísticamente significativo, ($Z = -2.597$, $p = .009$) incrementando con el TSST (figura 3c).

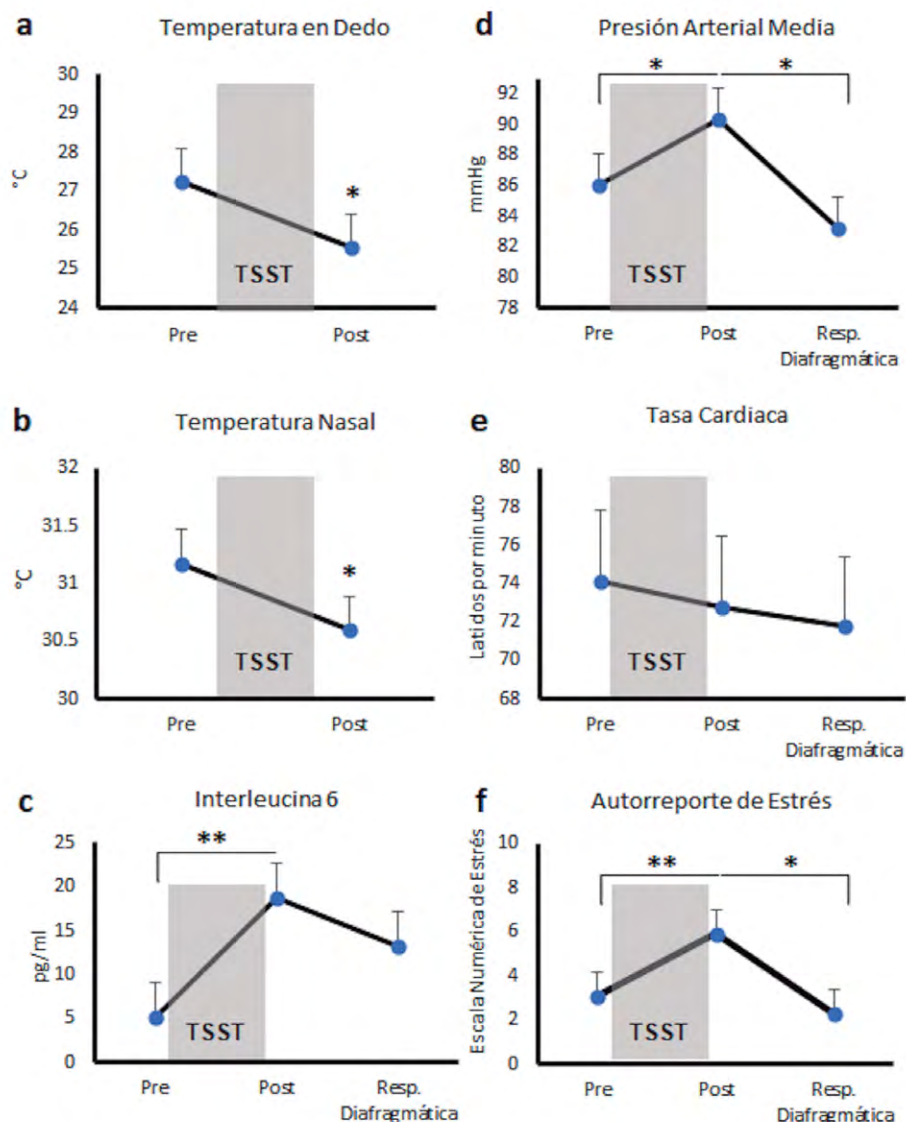


Figura 3. Efectos psicofisiológicos del TSST y la respiración diafragmática. Las gráficas muestran la media de cada medida y el error estándar pre-post estresor social (TSST), y la respiración diafragmática: (a) la temperatura en el dedo medio de la mano izquierda; (b) la temperatura nasal; (c) la interleucina 6 salival; (d) la presión arterial media; (e) la tasa cardíaca y (f) el autorreporte. * $p < .05$, ** $p < .01$.

La presión arterial media tuvo cambios estadísticamente significativos ($X^2 = 9.677$ (2), $p = .008$). La presión arterial incrementó con el estresor social (PAM pre= 86.06 mmHg, PAM post= 90.36 mmHg, $Z = -2.245$, $p = .025$), y disminuyó con la respiración diafragmática (PAM relajación= 83.25 mmHg, $Z = -2.31$, $p = .021$) (figura 3d).

La tasa cardíaca no tuvo cambios estadísticamente significativos ($X^2 = 0.57$, (2), $p = .972$) en ninguna condición (figura 3e).

El autorreporte de estrés mostró efectos estadísticamente significativos ($X^2 = 8.57$, (2), $p = .012$). El puntaje

de estrés incrementó con el estresor social (ENE pre= 3.09, ENE post= 5.91, $Z = -2.277$, $p = .006$), y disminuyó con la respiración diafragmática (ENE relajación= 2.25, $Z = -2.207$, $p = .027$) (figura 3f).

Discusión

Como se hipotetizó, el TSST incrementó la actividad autónoma simpática y la respuesta inflamatoria IL-6 (Slavish, Graham-Engeland, Smyth & Engeland, 2015). La disminución de la temperatura nasal es consistente con

estudios previos en estrés (Kano, et al, 2016). La respiración diafragmática disminuyó la actividad autonómica simpática pero no la IL-6. Pocos estudios han explorado la vida media de la IL-6 (Godbout & Johnson, 2004) pero su duración en el organismo puede durar algunas horas. Sin embargo, el nivel de IL-6 muestra una tendencia a la baja que podría incrementarse de manera significativa con el entrenamiento en relajación durante algunas sesiones, como los estudios revisados por Lopresti (2017), en la que las estrategias cognitivo-conductuales tienen un efecto sobre distintos biomarcadores de inflamación en pacientes con depresión.

Para su entrenamiento, el biofeedback de temperatura, volumen sanguíneo y/o VFC podría ser útil (se sugiere utilizar la variabilidad de la frecuencia cardiaca en lugar de la tasa cardiaca).

Las escalas psicométricas utilizadas son sensibles clínicamente; sin embargo, en los trastornos de salud y afectivos que comprometen el funcionamiento autonómico (estrés crónico, fatiga, hipertensión, dolor crónico, inflamación, entre otros) sería pertinente el uso de medidas psicofisiológicas sensibles a los objetivos terapéuticos de intervención.

Estudio 2. Efecto de la estimulación térmica en la palma de las manos durante el TSST sobre la actividad autonómica.

Hipótesis

- 1) La estimulación térmica en manos ($\approx 41^{\circ}\text{C}$) durante la aplicación del TSST inhibirá el incremento de la actividad autonómica simpática (aumento de la presión arterial y decremento de la temperatura nasal).

Método

Diseño de investigación

Diseño cuasi-experimental de medidas repetidas.

Participantes

Similar al estudio 1, se igualaron las características socio-demográficas de los participantes: 11 estudiantes universitarios (10 mujeres y 1 hombre) voluntarios. La edad $M = 22.54 (\pm 2.03)$ años, y con $M = 9.6 (\pm 6.103)$ días a partir del ciclo menstrual en el caso de las mujeres. Como criterio de

participación se estableció que fueran estudiantes normotensos, no consumir fármacos previos a los días del estudio y con un ayuno de al menos tres horas previas al estudio.

Instrumentos y materiales

Los mismos que el estudio 1, más una compresa rectangular con gel termorreactivo (de la empresa Home Care®, medidas: 10 X 9 cm) que al activarse alcanza una temperatura aproximada de 41°C durante 15 a 20 minutos.

Procedimiento

Se programó en una sola sesión a los participantes para que acudieran a las salas de registro psicofisiológico (Temperatura media constante = 24°C) entre las 09:00 y las 13:00 horas. Como en el estudio 1, se utilizó el TSST con la diferencia que los participantes sostuvieron en las manos la compresa con gel termorreactivo. Se evaluaron las medidas (pre – post y recuperación) de autorreporte de distrés psicológico PHQ-4, el PC-PTSD y la escala numérica de estrés; como medidas psicofisiológicas se registró la presión arterial con el baumanómetro Citizen CH-656C y la temperatura nasal y en el dedo medio de la mano izquierda con el Non contact infrared body Thermometer DM300t, todos los materiales descritos en el estudio 1.

Análisis estadísticos

Se exploró la normalidad de los datos con una prueba de Kolmogórov-Smirnov ($p < .05$). Debido a que no se encontró una distribución normal se realizó un análisis estadístico no paramétrico de medidas repetidas de Friedman para las mediciones psicofisiológicas y de estrés subjetivo, y una prueba de Wilcoxon para evaluar las diferencias pre – post y post – relajación. Adicionalmente se exploraron las correlaciones entre las variables psicométricas y psicofisiológicas. Para todos los análisis estadísticos se consideró un nivel de significancia $\leq .05$.

Resultados

La escala de distrés PHQ-4 tuvo una puntuación media = 5.7 (D.E. = 3.43). En su dimensión *ansiedad* la media = 3.1 (D.E. = 1.79). En la dimensión *depresión* la puntuación media = 2.6 (D.E. = 1.83). La escala breve de desorden de estrés postraumático (PC-PTSD) tuvo una puntuación media = 1.9 (D.E. = .316). De los 11 participantes, solo 1 de ellos

(9.09%) obtuvo una puntuación clínica de estrés posttraumático (EP); además fue quien registró la menor temperatura en el dedo medio izquierdo (25.8°C), cuyo valor se encontró 2.33°C por debajo de la media del grupo (28.13°C).

La única relación entre las mediciones que se encontró estadísticamente significativa fue entre los puntajes de ansiedad y depresión ($r = .789$, $p = .007$).

La figura 4 ilustra los cambios psicofisiológicos del TSST mientras los participantes sostuvieron el estímulo térmico.

La temperatura en los dedos, al sostener el estímulo térmico, no varió significativamente ($X^2 = 0.25$, (2), $p =$

.882) durante el TSST (figura 4a). Tampoco cambió la temperatura nasal ($X^2 = 0.359$, (2), $p = .836$) (figura 4b).

La presión arterial media no mostró cambios estadísticamente significativos ($X^2 = 5.027$, (2), $p = .081$) en ninguna de las condiciones (figura 4c).

La tasa cardiaca, aunque cambió, no lo hizo significativamente ($X^2 = 3.436$, (2), $p = .179$) (figura 4d).

A diferencia de las medidas autonómicas, el autorreporte de la escala numérica de estrés mostró cambios estadísticamente significativos ($X^2 = 9.879$, (2), $p = .007$); el autorreporte de estrés incrementó con el TSST ($Z = -2.124$,

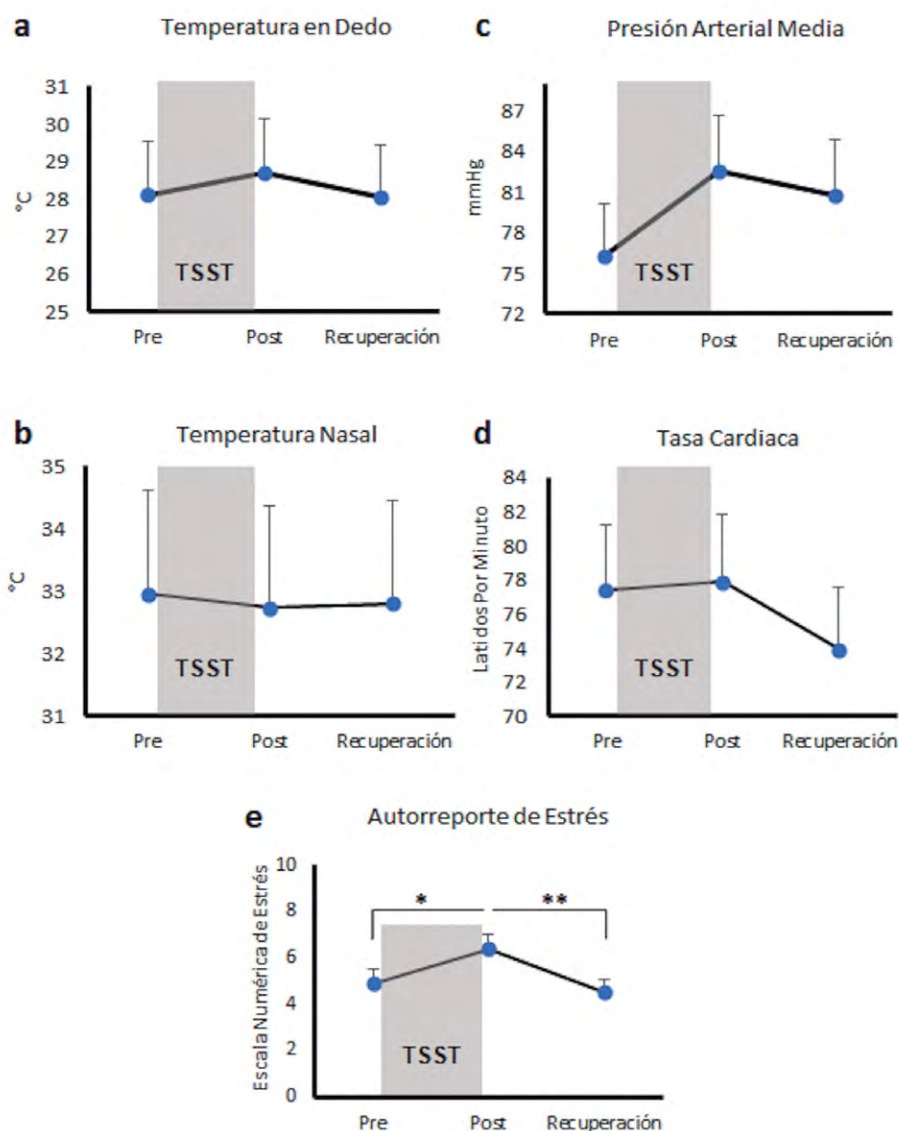


Figura 4. Efectos psicofisiológicos del TSST con estimulación térmica. Se muestra la media y el error estándar de la actividad autonómica y el autorreporte de estrés producidas por el TSST con la estimulación térmica (a) la temperatura en el dedo medio de la mano izquierda; (b) la temperatura nasal; (c) la presión arterial media; (d) la tasa cardiaca y (e) el autorreporte * $p < .05$, ** $p < .01$.

$p = .034$), y disminuyó en la fase de recuperación con la respuesta natural de relajación sosteniendo el estímulo térmico ($Z = -2.716$, $p = .007$) (figura 4e).

Se exploraron las correlaciones entre las medidas autonómicas y las psicométricas. Únicamente al juntar los puntajes de los participantes del estudio 1 y 2, se encontró una relación entre el puntaje de EP con la frecuencia cardiaca ($r = .526$, $p = .026$) (figura 5). El resto de las correlaciones no fueron significativas ($p > .05$).

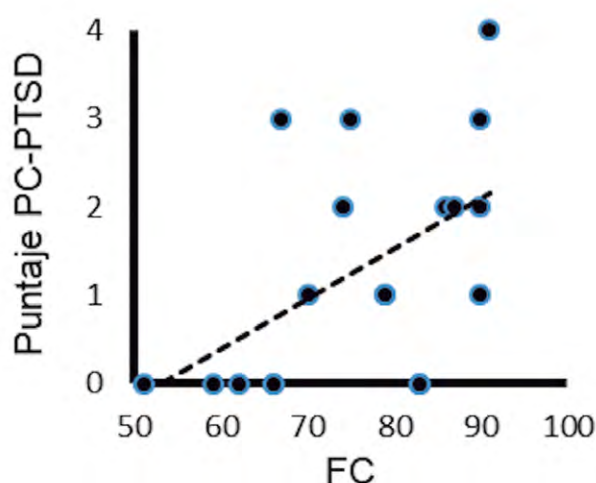


Figura 5. Relación entre el puntaje de estrés postraumático y la frecuencia cardiaca. Se encontró una asociación estadísticamente significativa ($p < .05$) entre el puntaje de la escala de estrés postraumático (PC-PTSD) y la frecuencia cardiaca (FC) ($N = 22$).

Discusión

Como se hipotetizó, la vasodilatación generada por la estimulación térmica inhibió los efectos autonómicos simpáticos: temperatura periférica (dedos y nariz) y la presión arterial, después y en la fase de recuperación del TSST se mantuvieron sin cambios. También, como se esperaba, la estimulación térmica tuvo un efecto en la fase de recuperación natural en el autorreporte de estrés disminuyendo el estado afectivo negativo (Raison, et al., 2015). La tendencia en la reducción de la tasa cardiaca durante el periodo de recuperación sugiere la evaluación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC) (Chen, Sun, Wang, Lin & Wang, 2015; Lehrer & Gevirtz, 2014). Esta medida puede ser útil para explicar el autorreporte de estrés, el cual se modificó con el TSST y en la fase de recuperación.

De acuerdo con la Teoría Polivagal (Porges, 2001, 2003 y 2009) la neurocepción facilita la activación autonómica ante un evento afectivo: si es agradable prepara una organización autonómica de involucramiento disminuyendo la actividad simpática y aumento la activación parasimpática, como el decremento de la tasa cardiaca. Por el contrario, si la valencia del estímulo es negativa, predispone al organismo a incrementar la actividad simpática. Esto podría explicar la asociación encontrada entre el puntaje de estrés postraumático y la frecuencia cardiaca: entre mayor es el puntaje (estímulo negativo) se incrementa la actividad. La Teoría Polivagal sostiene 3 niveles de activación fisiológica jerárquicamente caracterizados: 1) *Congelamiento*, la cúspide del arousal la temperatura desciende, así como el contacto visual y social; 2) *Lucha/Huida*, caracterizada por el predominio simpático, promueve conductas protectoras; 3) *Involucramiento Social*, con predominio parasimpático, inhibe las funciones defensivas tanto conductuales como fisiológicas, decrementando la actividad cardiovascular. Cuando el sujeto logra transitar con facilidad del estado de lucha/huida al de involucramiento social cuenta con regulación emocional. Los estudios en imagen térmica infrarroja de Rodríguez-Medina, et al. (2018) y Panasiti et al. (2016) sugieren que la actividad parasimpática promueve el incremento de temperatura periférica. El compromiso clínico será con aquellos que se encuentran en un estado de congelamiento, quienes van a requerir mayor atención clínica, como las estrategias cognitivo-conductuales (Lopresti, 2017) donde se pueden condicionar los efectos autonómicos de la estimulación térmica local (cuyos mecanismos se pueden revisar en Johnson & Kellogg, 2010) con una estrategia psicológica de relajación cuyo propósito sea inhibir las conductas defensivas, la activación fisiológica y promover el comportamiento social (Porges, 2001, 2003, 2009; Raison, et al., 2015).

Las características sociodemográficas y el criterio normotenso fueron similares entre los sujetos del estudio 1 y estudio 2. Sin embargo, el nivel de distrés reportado por los sujetos del estudio 2 fue mayor. Se sugiere considerar el periodo de registro para futuras investigaciones, pues, aunque los estudios se realizaron en el mismo semestre académico, no se corrieron paralelamente, lo cual no permite comparar el efecto de interacción por grupos, y se ha documentado que el estrés académico influye en

la actividad inflamatoria (Espinosa & Bermúdez-Rattoni, 2001) si se desea comparar la interacción de los grupos.

Conclusiones

La respiración diafragmática es útil para disminuir la actividad simpática asociada al estrés agudo. Se sugiere utilizar instrumentos de medición apropiados, como los revisados en los estudios antecedentes, para valorar sus efectos psicofisiológicos para el abordaje clínico de trastornos crónicos. La línea de investigación sugiere evaluar el efecto de un programa de estimulación térmica para condicionar la respuesta autonómica con estrategias de relajación cuando el participante no cuente con las habilidades para incrementar deliberadamente su temperatura periférica (aumento de actividad parasimpática) por sí mismo durante la relajación, como lo sugieren los resultados de estudios clínicos en los que la elevada concentración de IL-6 no permite alcanzar la regulación autonómica (Rodríguez-Medina, et al., 2018).

Agradecimientos

A la Psic. Gabriela Jael Pérez García, al Dr. Leonardo Rodríguez-Sosa, y a las Dras. Beatriz Gómez y Gabriela Hurtado de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, por su invaluable apoyo moral y académico. AL Dr. Luis Morales, Irving Cruz de la Universidad Autónoma de Querétaro.

Referencias

1. Alawi, K., Aubdool, A., Liang, L., Wilde, E., Vepa, A., & Psefteli, M. et al. (2015). The sympathetic nervous system is controlled by transient receptor potential vanilloid 1 in the regulation of body temperature. *The FASEB Journal*, 29(10), 4285-4298. <http://dx.doi.org/10.1096/fj.15-272526>
2. Allen, A., Kennedy, P., Cryan, J., Dinan, T., & Clarke, G. (2014). Biological and psychological markers of stress in humans: Focus on the Trier Social Stress Test. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 38, 94-124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.11.005>
3. Allen, A., Kennedy, P., Dockray, S., Cryan, J., Dinan, T., & Clarke, G. (2017). The Trier Social Stress Test: Principles and practice. *Neurobiology Of Stress*, 6, 113-126. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>
4. Birkett, M. (2011). The Trier Social Stress Test Protocol for Inducing Psychological Stress. *Journal Of Visualized Experiments*, (56). <http://dx.doi.org/10.3791/3238>
5. Boesch, M., Sefidan, S., Ehlert, U., Annen, H., Wyss, T., Steptoe, A., & La Marca, R. (2014). Mood and autonomic responses to repeated exposure to the Trier Social Stress Test for Groups (TSST-G). *Psychoneuroendocrinology*, 43, 41-51. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2014.02.003>
6. Carpenter, L., Gawuga, C., Tyrka, A., Lee, J., Anderson, G., & Price, L. (2010). Association between Plasma IL-6 Response to Acute Stress and Early-Life Adversity in Healthy Adults. *Neuropsychopharmacology*, 35(13), 2617-2623. <http://dx.doi.org/10.1038/npp.2010.159>
7. Chang, Q., Liu, R., & Shen, Z. (2013). Effects of slow breathing rate on blood pressure and heart rate variabilities. *International Journal Of Cardiology*, 169(1), e6-e8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.08.121>
8. Chen, S., Sun, P., Wang, S., Lin, G., & Wang, T. (2015). Effects of heart rate variability biofeedback on cardiovascular responses and autonomic sympathovagal modulation following stressor tasks in prehypertensives. *Journal Of Human Hypertension*, 30(2), 105-111. <http://dx.doi.org/10.1038/jhh.2015.27>
9. Cooper, T., McKinley, P., Seeman, T., Choo, T., Lee, S., & Sloan, R. (2015). Heart rate variability predicts levels of inflammatory markers: Evidence for the vagal anti-inflammatory pathway. *Brain, Behavior, And Immunity*, 49, 94-100. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2014.12.017>
10. Cruz-Albarran, I., Benitez-Rangel, J., Osornio-Rios, R., Dominguez-Trejo, B., Rodriguez-Medina, D., & Morales-Hernandez, L. (2018). A methodology based on infrared thermography for the study of stress in hands of young people during the Trier Social Stress Test. *Infrared Physics & Technology*, 93, 116-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2018.07.017>
11. de Abreu, R., Rehder-Santos, P., Minatel, V., dos Santos, G., & Catai, A. (2017). Effects of inspiratory muscle training on cardiovascular autonomic control: A systematic review. *Autonomic Neuroscience*, 208, 29-35. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2017.09.002>
12. Espinosa, E., & Bermúdez-Rattoni, F. (2001). Relación conducta-enfermedad: el papel de las citocinas. *Revista*

- De Investigación Clínica, 53(3), 240-253.
13. Ferreira, J., Plentz, R., Stein, C., Casali, K., Arena, R., & Lago, P. (2013). Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: A randomized controlled trial. *International Journal Of Cardiology*, 166(1), 61-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2011.09.069>
14. Fogelman, N., & Canli, T. (2015). 'Purpose in Life' as a psychosocial resource in healthy aging: an examination of cortisol baseline levels and response to the Trier Social Stress Test. *Npj Aging And Mechanisms Of Disease*, 1(1). <http://dx.doi.org/10.1038/npjamd.2015.6>
15. Godbout, J., & Johnson, R. (2004). Interleukin-6 in the aging brain. *Journal Of Neuroimmunology*, 147(1-2), 141-144. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneuroim.2003.10.031>
16. Ioannou, S., Gallese, V., & Merla, A. (2014). Thermal infrared imaging in psychophysiology: Potentialities and limits. *Psychophysiology*, 51(10), 951-963. <http://dx.doi.org/10.1111/psyp.12243>
17. Kano, F., Hirata, S., Deschner, T., Behringer, V., & Call, J. (2016). Nasal temperature drop in response to a playback of conspecific fights in chimpanzees: A thermo-imaging study. *Physiology & Behavior*, 155, 83-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.11.029>
18. Jafari, H., Courtois, I., Van den Bergh, O., Vlaeyen, J., & Van Diest, I. (2017). Pain and respiration. *PAIN*, 158(6), 995-1006. <http://dx.doi.org/10.1097/j.pain.0000000000000865>
19. Johnson, J., Kellogg, D. (2010). Local thermal control of the human cutaneous circulation. *J Appl Physiol*, 109, 1229-1238. <http://dx.doi.org/doi:10.1152/jappphysiol.00407.2010>
20. Kirschbaum, C., Pirke, K., & Hellhammer, D. (1993). The 'Trier Social Stress Test' – A Tool for Investigating Psychobiological Stress Responses in a Laboratory Setting. *Neuropsychobiology*, 28(1-2), 76-81. <http://dx.doi.org/10.1159/000119004>
21. Kroenke, K., Spitzer, R., Williams, J., & Löwe, B. (2009). An Ultra-Brief Screening Scale for Anxiety and Depression: The PHQ-4. *Psychosomatics*, 50(6), 613-621. [http://dx.doi.org/10.1016/s0033-3182\(09\)70864-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0033-3182(09)70864-3)
22. Lee, Y., Park, B., & Kim, S. (2011). The Effects of Heat and Massage Application on Autonomic Nervous System. *Yonsei Medical Journal*, 52(6), 982. <http://dx.doi.org/10.3349/ymj.2011.52.6.982>
23. Lehrer, P., & Gevirtz, R. (2014). Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? *Frontiers In Psychology*, 5. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00756>
24. Liu, J., Ein, N., Peck, K., Huang, V., Pruessner, J., & Vickers, K. (2017). Sex differences in salivary cortisol reactivity to the Trier Social Stress Test (TSST): A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*, 82, 26-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.04.007>
25. Lockwood, K., Jennings, J., & Matthews, K. (2017). Psychophysiological correlates of systemic inflammation in black and white men. *Brain, Behavior, And Immunity*, 59, 93-102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2016.08.013>
26. Lopresti, A. (2017). Cognitive behaviour therapy and inflammation: A systematic review of its relationship and the potential implications for the treatment of depression. *Australian & New Zealand Journal Of Psychiatry*, 51(6), 565-582. <http://dx.doi.org/10.1177/0004867417701996>
27. Ma, X., Yue, Z., Gong, Z., Zhang, H., Duan, N., & Shi, Y. et al. (2017). The Effect of Diaphragmatic Breathing on Attention, Negative Affect and Stress in Healthy Adults. *Frontiers In Psychology*, 8. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00874>
28. Marsland, A., Walsh, C., Lockwood, K., & John-Henderson, N. (2017). The effects of acute psychological stress on circulating and stimulated inflammatory markers: A systematic review and meta-analysis. *Brain, Behavior, And Immunity*, 64, 208-219. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2017.01.011>
29. Petrowski, K., Wintermann, G., Kirschbaum, C., & Strahler, J. (2016). Salivary alpha-amylase response following repeated psychosocial stress in patients with panic disorder. *Journal Of Anxiety Disorders*, 37, 54-63. <http://dx.doi.org/10.1016/j.janxdis.2015.10.001>
30. Pongratz, G., & Straub, R. (2014). The sympathetic nervous response in inflammation. *Arthritis Research & Therapy*, 16(6). <http://dx.doi.org/10.1186/s13075-014-0504-2>
31. Porges, S. (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International Journal Of Psychophysiology*, 42(2), 123-146. [http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8760\(01\)00162-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0167-8760(01)00162-3)

32. Porges, S. (2003). The Polyvagal Theory: phylogenetic contributions to social behavior. *Physiology & Behavior*, 79(3), 503-513. [http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9384\(03\)00156-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0031-9384(03)00156-2)
33. Porges, S. (2009). The polyvagal theory: New insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system. *Cleveland Clinic Journal Of Medicine*, 76(Suppl_2), S86-S90. <http://dx.doi.org/10.3949/ccjm.76.s2.17>
34. Prins, A., Ouimette, P., Kimerling, R., Cameron, R., Hugelshofer, D., & Shaw-Hegwer, J. et al. (2003). The primary care PTSD screen (PC-PTSD): development and operating characteristics. *Primary Care Psychiatry*, 9(1), 9-14. <http://dx.doi.org/10.1185/135525703125002360>
35. Raison, C., Hale, M., Williams, L., Wager, T., & Lowry, C. (2015). Somatic influences on subjective well-being and affective disorders: the convergence of thermosensory and central serotonergic systems. *Frontiers In Psychology*, 5. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01580>
36. Reschke-Hernández, A., Okerstrom, K., Bowles Edwards, A., & Tranel, D. (2017). Sex and stress: Men and women show different cortisol responses to psychological stress induced by the Trier social stress test and the Iowa singing social stress test. *Journal Of Neuroscience Research*, 95(1-2), 106-114. <http://dx.doi.org/10.1002/jnr.23851>
37. Rodríguez-Medina, D., Domínguez, B., Cortés, P., Cruz, I., Morales, L., & Leija (2018). Biopsychosocial assessment of pain with thermal imaging of emotional facial expression in breast cancer survivors. *Medicines*, 5(2), 1-16. <http://dx.doi.org/doi:10.3390/medicines5020030>
38. Russell, M., Scott, A., Boggero, I., & Carlson, C. (2016). Inclusion of a rest period in diaphragmatic breathing increases high frequency heart rate variability: Implications for behavioral therapy. *Psychophysiology*, 54(3), 358-365. <http://dx.doi.org/10.1111/psyp.12791>
39. Slavish, D., Graham-Engeland, J., Smyth, J., & Engeland, C. (2015). Salivary markers of inflammation in response to acute stress. *Brain, Behavior, And Immunity*, 44, 253-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2014.08.008>
40. Steptoe, A., Hamer, M., & Chida, Y. (2007). The effects of acute psychological stress on circulating inflammatory factors in humans: A review and meta-analysis. *Brain, Behavior, And Immunity*, 21(7), 901-912. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2007.03.011>
41. Zou, Y., Zhao, X., Hou, Y., Liu, T., Wu, Q., Huang, Y., & Wang, X. (2017). Meta-Analysis of Effects of Voluntary Slow Breathing Exercises for Control of Heart Rate and Blood Pressure in Patients With Cardiovascular Diseases. *The American Journal Of Cardiology*, 120(1), 148-153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjcard.2017.03.247>