



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



# **EFFECTOS DE LA SIMPATECTOMÍA TORÁCICA SOBRE LA PLETISMOGRAFIA DE LOS MIEMBROS SUPERIORES EN SUJETOS CON HIPERHIDROSIS PALMAR**

## **Autores**

**Félix Ramón Montes ,MD**

**Carlos Arias, MD**

**Juan Manuel Arias, MD**

**Francisco Javier Cedano, BSME**

**Darío Echeverri, MD**

**Juan Carlos Garzón, MD**

**Camilo Osorio, MD**

**Juan David Pérez, MD, MsC**

**Luis Jaime Téllez, MD**

Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología

Departamento de Investigaciones

Laboratorio de Investigación en Función Vascular

Grupo de Investigación en Anestesiología

Departamento Cirugía de Tórax

Bogotá, Noviembre de 2014

“Efectos de la Simpatectomía Torácica Sobre la Pletismografía de los Miembros Superiores en Sujetos con Hiperhidrosis Palmar”

Juan David Pérez Coronado  
Residente Anestesiología Universidad del Rosario  
Grupo Investigación en Anestesiología  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
Magister Ciencias Biomédicas  
Universidad de los Andes  
[perezjuand@hotmail.com](mailto:perezjuand@hotmail.com)

Felix Ramón Montes  
Asesor Temático e Investigador Principal  
Anestesiólogo Cardiovascular  
Jefe Grupo Investigación en Anestesiología  
Laboratorio de Investigación en Función Vascular  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[montes.felix@hotmail.com](mailto:montes.felix@hotmail.com)

Franciso Javier Cedano  
Asesor Metodológico y Estadístico  
Ingeniero Mecánico  
[fj.cedano803@uniandes.edu.co](mailto:fj.cedano803@uniandes.edu.co)

Carlos Arturo Arias Durán  
Investigador Asociado  
Anestesiólogo  
Grupo Investigación en Anestesiología  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[carlosariasmd@gmail.com](mailto:carlosariasmd@gmail.com)

Juan Manuel Arias  
Investigador Asociado  
Anestesiólogo  
Grupo Investigación en Anestesiología  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[ariasb.juan@gmail.com](mailto:ariasb.juan@gmail.com)

Darío Echeverri  
Investigador Asociado  
Cardiólogo Hemodinamista  
Jefe Laboratorio de Investigación en Función Vascular  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[decheverri@cardioinfantil.org](mailto:decheverri@cardioinfantil.org)

Luis Jaime Téllez  
Investigador Asociado  
Departamento Cirugía de Tórax  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[ljtellez@cardioinfantil.org](mailto:ljtellez@cardioinfantil.org)

Juan Carlos Garzón  
Investigador Asociado  
Departamento Cirugía de Tórax  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[Jcgarzon2003@me.com](mailto:Jcgarzon2003@me.com)

Camilo Osorio  
Investigador Asociado  
Departamento Cirugía de Tórax  
Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología  
[caol@une.net.co](mailto:caol@une.net.co)

## **Responsabilidad Institucional**

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

## **Agradecimientos**

Al Doctor Félix Montes investigador principal

Al Ingeniero Francisco Cedano

A los investigadores asociados

Al grupo de Investigación de Anestesiología

Al grupo de Cirugía de Tórax

Al Laboratorio de Función Vascular

Al Departamento de Investigaciones

A la Fundación Cardioinfantil Instituto de Cardiología

## **Dedicatoria**

A Dios en primer lugar que le debo todo lo bueno que ha pasado en mi vida.

A mi papá, mamá y tía por apoyarme en todas las etapas de mi vida.

A mis amigos por darme su compañía, fuerza y apoyo.

A mis profesores por formarme incentivando la excelencia, responsabilidad y calidad en mi profesión.

## Lista de Contenido

Lista de Tablas .....	10
Lista de Figuras .....	11
Introducción .....	16
Planteamiento del problema – Pregunta de Investigación .....	17
Justificación.....	18
Marco Teórico .....	19
Objetivos .....	22
Objetivo General .....	22
Objetivos Especificos.....	22
Hipótesis.....	23
Aspectos Metodológicos .....	24
Diseño.....	24
Población blanco .....	24
Población de estudio.....	24
Criterios de inclusión .....	24
Criterios de exclusión.....	24
Selección y Tamaño de Muestra. ....	25
Variables.....	25
Plan de reclutamiento .....	27
Procedimiento para recolección de información.....	28
Control de Sesgos.....	28
Materiales y Equipos.....	29
Aspectos éticos.....	30
Plan de Análisis .....	31
1. Análisis no pareado.....	31
1.1. Análisis General (incluye los dos miembros superiores).....	31

1.2. Análisis por cada miembro superior.....	32
2. Análisis pareado de variables.....	33
Cronograma.....	35
Resultados .....	36
1. Desarrollo del código en Matlab® para obtención de las variables.....	36
2. Señales de fotopletismografía obtenidas.....	39
3. Resultados del Análisis de las Variables.....	40
3.1. Análisis AC.....	40
3.2. Análisis DC.....	43
3.3. Análisis relación AC/DC (índice de perfusión).....	46
3.4. Análisis Tiempo T_DA.....	48
3.5. Análisis Tiempo T_DD.....	51
3.6. Análisis Aérea bajo la curva.....	54
Discusión.....	57
Conclusión.....	64
Bibliografía.....	65

## Lista de Tablas

Tabla 1. Variables .....	26
Tabla 2. Descripción de equipos .....	29
Tabla 3. Descripción de materiales .....	29
Tabla 4. Cronograma.....	35

## Lista de Figuras

Figura 1. Dibujo esquemático de la señal de pulso proveniente de la fotopletimografía y las variables a medir. ....	26
Figura 2. (A) Aumento significativo de la variable, (B) disminución significativa de la variable, (C) variación no significativa de la variable. ....	34
Figura 3. (Izquierda) Señal original, en rojo se encuentra la ventana de tiempo de 1.5 minutos seleccionada para el análisis. (Derecha) Señal de pulso de 1.5 minutos (80 ondas de pulso). ....	36
Figura 4. (Izquierda) Ejemplo de Señal de pulso, (Centro) Picos superiores de la onda de pulso y (Derecha) Picos superiores de la onda de pulso.....	37
Figura 5. AC, DC y AC/DC en función del tiempo.....	37
Figura 6. (Izquierda) Área bajo la señal de pulso después de subirla a valores positivos. (Derecha) Área bajo la línea que se traza a partir de los picos inferiores después de subirlos a valores positivos. La resta de estas dos áreas resulta en AUC.....	38
Figura 7. (Izquierda) Variación de T_DA. (Derecha) Variación de T_DD.....	38
Figura 8. Flujograma de recolección de pacientes, datos y señales analizadas. ....	40
Figura 9. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de AC de las 2 extremidades superiores incluyendo todos los pacientes. Aumentó 31% sin confiabilidad.....	41
Figura 10. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de AC para miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 120% con confiabilidad de 99% (**p<0.001).....	41
Figura 11. Relación de AC pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho. ....	42
Figura 12. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de AC para miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 46% sin confiabilidad.....	42
Figura 13. Relación de AC pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.....	43
Figura 14. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de DC de las 2 extremidades superiores incluyendo todos los pacientes. Disminuyó 12% con confiabilidad de 95% (*p<0.05).....	43
Figura 15. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de DC de miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Se encontró disminución del 78% con confiabilidad de 99% (****p<0.0001).....	44

Figura 16. Relación de DC pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.....	44
Figura 17. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de DC de miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 0.2% sin confiabilidad.....	45
Figura 18 Relación de DC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo. ....	45
Figura 19. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de AC/DC para los 2 miembros superiores incluyendo todos los pacientes. Aumentó 30 % sin confiabilidad.....	46
Figura 20. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de AC/DC para miembro superior derecho (MSD). Aumentó 24% sin confiabilidad. ....	46
Figura 21. Relación de AC/DC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.	47
Figura 22. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de AC/DC para miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 55% con confiabilidad de 95% (*p<0.05).....	47
Figura 23. Relación de AC/DC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo. ....	48
Figura 24. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de T_DA para los 2 miembros superiores incluyendo todos los pacientes. Disminuyó 9% sin confiabilidad.....	48
Figura 25. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de T_DA para el miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 7.9% sin confiabilidad. ....	49
Figura 26. Relación de T_DA después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho. .	49
Figura 27. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de T_DA para el miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Disminuyó 10.3% sin confiabilidad.....	50
Figura 28. Relación de T_DA pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.....	51
Figura 29. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de T_DD para los 2 miembros superiores incluyendo todos los pacientes. Aumentó 5% sin confiabilidad.....	51
Figura 30. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de T_DD para miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 7% sin confiabilidad. ....	52
Figura 31. Relación pareada de T_DD después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.....	52
Figura 32. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de T_DD para miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 0.6% sin confiabilidad.....	53

Figura 33. Relación pareada de T_DD después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.....	53
Figura 34. Comparación entre Pre y Post del área bajo la curva (AUC) para los 2 miembros superiores. Aumento sin confiabilidad. ....	54
Figura 35. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de AUC para el miembro superior derecho (MSD). Aumento sin confiabilidad.....	54
Figura 36. Relación de AUC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho....	55
Figura 37. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de AUC para el miembro superior izquierdo (MSI) sin confiabilidad. ....	55
Figura 38. Relación pareada de AUC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.....	56

*Introducción:* La simpatectomía es el tratamiento de la hiperhidrosis palmar y consiste en denervación simpática de miembros superiores que produce un efecto en el flujo sanguíneo al impactar la respuesta vasoconstrictora. El cambio en el flujo sanguíneo se puede evaluar a través de la onda fotopleletismográfica.

*Metodología:* Se realizaron 2 sesiones (presimpatectomía y postsimpatectomía) de 10 minutos en cada miembro superior en 28 pacientes obteniendo 79 señales fotopleletismográficas distribuidas así: 37 presimpatectomía y 42 señales postsimpatectomía. De cada señal se analizó 1.5 minutos donde se tienen 80 ondas de fotopleletismografía y se miden 6 variables: 1. Componente AC (componente pulsátil), 2. Componente DC (componente no pulsátil), 3. Relación entre AC/DC (índice de perfusión), 4. Area bajo la curva (AUC), 5. Tiempo entre el inicio de la onda y pico sistólico (T\_DA) y 6. Tiempo entre cada onda de pulso (T\_DD).

*Resultados:* Aumentó 120% el componente AC y disminuyó 78% en DC del miembro superior derecho (MSD) con 99% de confiabilidad ( $p < 0.001$ ) entre presimpatectomía ( $n=18$ ) y postsimpatectomía ( $n=21$ ). AC/DC aumentó 55% con 95% de confiabilidad entre presimpatectomía ( $n=19$ ) y postsimpatectomía ( $n=21$ ) en el miembro superior izquierdo ( $p < 0.05$ ). No se encontró diferencia para T\_DA, T\_DD ni AUC.

*Discusión y Conclusión:* La simpatectomía en pacientes con hiperhidrosis palmar produce un cambio en el flujo sanguíneo de los miembros superiores evidenciado por los cambios en el componente no pulsátil (DC) y pulsátil (AC) que es secundario a la vasodilatación consecuencia del bloqueo simpático por la denervación quirúrgica de los ganglios simpáticos torácicos.

*Introduction:* Sympathectomy is used for the treatment of palmar hyperhidrosis with sympathetic denervation in upper limbs. It has an effect on blood flow because of its impact in vasoconstrictor response. The change in blood flow can be evaluated through the photoplethysmographic waveform.

*Methodology:* 2 sessions (preoperative and postoperative) were performed for 10 minutes in each upper limb in 28 patients obtaining 79 photoplethysmographic signals: 37 presympathectomy and 42 postsympathectomy. Each signal was analyzed for 1.5 minutes. We obtained 80 waves and measured 6 variables: 1. AC component (pulsatile component), 2. Component DC (non-pulsatile component), 3. Ratio AC / DC (perfusion index), 4. Area under the curve (AUC), 5. time between the start of the peak systolic wave (T\_DA) and 6. Time between pulse wave (T\_DD).

*Results:* AC increased 120% and DC decreased 78% of the right upper extremity (RUE) with a 99% confiability ( $p < 0.001$ ) between presympathectomy ( $n=18$ ) and postsympathectomy ( $n=21$ ). AC/DC increased 55% with a 95% confiability between presympathectomy ( $n=19$ ) and post-sympathectomy ( $n=21$ ) in the left upper extremity ( $p < 0.05$ ). No difference in T\_DA, T\_DD or AUC was observed.

*Discussion and Conclusion:* Sympathectomy in patients with palmar hyperhidrosis causes a change in blood flow to the upper limbs as evidenced by the changes in non-pulsatile (DC) and pulsatile component (AC). This change may be secondary to vasodilation due to surgical sympathetic denervation of the thoracic sympathetic ganglia.

## **Introducción**

La hiperhidrosis palmar es una condición relativamente frecuente en la población y se caracteriza por una sudoración excesiva de los miembros superiores para la cual la simpatectomía toracoscópica es el manejo quirúrgico de elección. Este procedimiento implica la escisión o ablación por electrocauterio de los ganglios simpáticos T3 y T4, causando la denervación simpática de los miembros superiores y afectando la respuesta vasoconstrictora en los mismos, además la cadena simpática torácica contiene fibras cardioaceleradoras que afectan la frecuencia cardíaca tanto en reposo como en ejercicio. Por ende la simpatectomía toracoscópica tendrá un impacto a nivel del flujo sanguíneo de los miembros superiores el cual puede ser evaluado de forma no invasiva con el uso de fotopletismografía. Hasta la fecha no hay estudios que evalúen los cambios en el flujo sanguíneo regional en miembros superiores posterior a simpatectomía toracoscópica. El uso de la fotopletismografía podría objetivizar estos cambios y eventualmente establecer la utilidad de la simpatectomía en patologías vasculares obstructivas o de hipoflujo en las extremidades.

Durante el año 2012 se inició el proyecto “Efectos de la simpatectomía torácica video-asistida sobre la perfusión sanguínea de los miembros superiores de sujetos con hiperhidrosis palmar” por el Dr Juan Manuel Arias médico Residente de Anestesia de la Universidad del Rosario-Fundación Cardioinfantil. El Dr Juan Manuel realizó la estandarización de la metodología de toma de datos y recolectó los primeros pacientes. En este trabajo se continuó con la recolección de los pacientes, se desarrolló el código de análisis de los componentes de la onda pletismográfica en el programa MatLab® y se realizó su respectivo análisis.

## **Planteamiento del problema – Pregunta de Investigación**

La hiperhidrosis es una condición de sudoración excesiva y las glándulas ecrinas responsables de ella son inervadas por el sistema nervioso simpático. La denervación simpática quirúrgica (simpatectomía toracoscópica) de los miembros superiores es el tratamiento de la hiperhidrosis palmar y tiene un impacto en la regulación del flujo sanguíneo regional afectando la respuesta vasoconstrictora de los mismos. El flujo sanguíneo de los miembros superiores se puede evaluar mediante diferentes métodos, sin embargo no se ha realizado ninguna evaluación con fotopleletismografía. Los cambios en las onda fotopleletismográfica se han utilizados para determinar la efectividad del bloqueo simpático luego de bloqueos anestésicos regionales pero no para evaluar el cambio en el flujo sanguíneo regional en miembros superiores posterior a simpatectomía toracoscópica. Este trabajo describe los cambios en los diferentes componentes de la onda de fotopleletismografía con el fin de conocer el cambio en el flujo sanguíneo de los miembros superiores antes y después de la simpatectomía toracoscópica.

## Justificación

La simpatectomía por toracoscopia en hiperhidrosis bloquea la transmisión de los impulsos nerviosos de la cadena simpática que inervan las glándulas sudoríparas ecrinas que son las responsables de esta condición. Además de la disminución de la sudoración, este procedimiento tiene múltiples efectos en el sistema cardiovascular como son vasodilatación, disminución de la frecuencia cardíaca y en la presión arterial. Al producir vasodilatación, esta tiene un impacto en el flujo sanguíneo regional en los miembros superiores que se puede ser medido de manera invasiva o no invasiva. La fotopleletismografía es un método no invasivo en la superficie de la piel y actúa como un medidor a distancia de la macrocirculación y detecta los cambios de volumen que se producen en el territorio microvascular de los tejidos. El análisis de los cambios en los diferentes componentes de las ondas fotopleletismográficas han sido utilizados en escenarios como bloqueo simpático con anestesia regional pero hasta el momento no hay estudios que evalúen los cambios en el flujo sanguíneo de los miembros superiores a través de la fotopleletismografía antes y después de una simpatectomía toracoscópica. La morfología de la señal fotopleletismográfica consta de dos componentes principales, uno pulsátil (AC) y uno no pulsátil (DC), siendo el de principal atención y el usado por la mayoría de los monitores el componente pulsátil. Además de los componentes DC, AC y relación AC/DC utilizadas en la literatura para describir la fotopleletismografía, se pueden evaluar otras variables dentro de la curva dada la similitud morfológica de esta onda con la del pulso arterial. Estas variables adicionales analizadas dentro de la curva de fotopleletismografía son el área bajo la curva, el tiempo de la fase sistólica (T<sub>DA</sub>) y tiempo de la onda (T<sub>DD</sub>) para determinar una aplicabilidad de estos datos y su correlación con el cambio en el flujo sanguíneo regional. Por lo tanto, este estudio incentiva el análisis de la onda de fotopleletismografía, su cuantificación, estandarización y el uso de las variables que no son utilizadas actualmente en la práctica clínica como el componente no pulsátil que puede tener información clínica relevante y se puede estar perdiendo en la práctica diaria. Adicionalmente, estos cambios pueden ser clínicamente significativos y posteriormente evaluar su utilidad en patologías vasculares obstructivas o de hipoflujo en las extremidades superiores.

## Marco Teórico

La hiperhidrosis es una condición de sudoración excesiva en cantidades mayores a las requeridas para termorregulación (1). Puede ser secundaria a múltiples desórdenes médicos o ser primaria o criptogénica con síntomas focales que usualmente afectan palmas, axilas, pies o región craneofacial. La incidencia de la hiperhidrosis focal idiopática está entre 1 a 3% de la población, con predominancia en países cercanos al Ecuador (2, 3), afecta a los 2 sexos por igual, principalmente adultos jóvenes entre 25 a 64 años con un pico en la cuarta década de la vida (4). Las glándulas ecrinas son las responsables de la hiperhidrosis, innervadas por el sistema nervioso simpático, pero con acetilcolina como neurotransmisor primario; aunque en la hiperhidrosis axilar también intervienen las glándulas apocrinas (5). A pesar de haber evidencia de un componente genético (6), la patofisiología es aún desconocida, pero parece ser una respuesta central anormal al estrés emocional, sin embargo también puede ocurrir de forma espontánea e intermitente. Su tratamiento puede ser médico o quirúrgico, con la simpatectomía toracoscópica video asistida como *gold standard*. Los pacientes con sobrepeso ( $IMC \geq 28$ ) tienen hiperhidrosis generalizada y pacientes con causas secundarias como hipertiroidismo, hipertensión, diabetes mellitus, infecciones, lesiones cerebrales y otras condiciones médicas sistémicas deben ser diagnosticados y tratados médicamente y no deben ser manejados con simpatectomía toracoscópica (1).

La simpatectomía puede tener una aplicabilidad teórica en varios desórdenes simpáticos; aunque es difícil establecer su eficacia, podemos encontrar diferentes ejemplos en la literatura entre los cuales están hiperhidrosis, distrofia simpática refleja, vasculopatías (enfermedad de Buerger, macroglobulinemia, enfermedad de Raynaud), cardiopatías (angina de Prinzmetal, síndrome de QT largo congénito), disautonomía dolorosa, esplenectomía para dolor pancreático, entre otros (7, 8).

La simpatectomía por toracosopia en hiperhidrosis busca interrumpir la transmisión de los impulsos nerviosos de la cadena simpática dorsal que suplen las glándulas sudoríparas ecrinas e implica la obliteración total o retiro de un segmento de la cadena simpática, el ganglio o los dos. En el caso de hiperhidrosis palmar se recomienda realizar el procedimiento a nivel del tercer o tercer y cuarto arcos costales, mientras que para pacientes que asocian hiperhidrosis axilar y plantar se recomienda escisión a nivel del cuarto y quinto arcos costales (1).

Entre los efectos secundarios de la simpatectomía descritos en la literatura podemos mencionar hiperhidrosis compensatoria, sudoración fantasma, sensibilidad al frío, a nivel respiratorio se ha

descrito exacerbación de asma y a nivel cardiovascular vasodilatación y una actividad similar a un betabloqueo parcial con disminución de la frecuencia cardiaca en reposo y ejercicio y de la respuesta de la presión diastólica al test de empuñadura (9). De tal manera, es de esperar que un individuo que es llevado a simpatectomía presente algunos cambios en su fisiología cardiovascular que tendrá un impacto en la regulación del flujo sanguíneo regional específicamente en los miembros superiores; por esta razón se han empleado diferentes métodos para evaluar estos cambios, sin embargo no se ha realizado ninguna evaluación con fotopleletismografía.

La fotopleletismografía es un método no invasivo de evaluación de la circulación que genera una onda relacionada con el volumen sanguíneo pulsátil en los tejidos, con la capacidad de registrar las variaciones de flujo arterial y venoso a nivel de los plexos dérmico y subdérmico y las correlaciones entre estas variables a través de curvas de registro de pulso. El modo de transmisión es el más utilizado, el cual consiste en la irradiación del tejido por un diodo con luz infrarroja, cuya intensidad es medida al otro lado del tejido por un fotosensor de cadmio-selenio. Una pulsación sanguínea incrementa la densidad óptica y distancia dentro del tejido (incremento intravascular de eritrocitos y hemoglobina, que absorben luz), lo cual disminuye la intensidad de luz en el fotosensor; aunque por convención el fotopleletismograma está invertido, para correlacionarse positivamente con el volumen sanguíneo, así, reducciones en la intensidad de la luz indican incrementos relativos en el volumen sanguíneo y viceversa (10). En el modo de reflectancia un fotosensor, que es colocado al lado de diodo emisor, registra la luz que es reflejada, la mayor parte de la luz es absorbida por los tejidos y un porcentaje entre el 5 y el 10% alcanza los vasos subcutáneos cuya magnitud de luz reflejada depende de la densidad de hematíes en su interior. La energía reflejada es amplificadora y convertida en diferencial de voltaje.

La fotopleletismografía es empleada para detectar los cambios de volumen que se producen en el territorio microvascular de los tejidos, se emplea como un método no invasivo de la superficie de la piel y actúa como un medidor a distancia de la macrocirculación (11). El fotopleletismograma tiene 2 componentes. El componente DC (*direct current*), que se determina como la diferencia entre el punto máximo y línea de base, es un índice no cuantitativo de la vascularidad de la piel (hiperemia o hipoemia local) causado por alteraciones en la temperatura, estado metabólico, medicamentos y mecanismos reguladores centrales o locales (10), es causado por la transmisión de luz por tejidos no pulsátiles (sangre venosa y porción no pulsátil de sangre arterial). El otro componente denominado AC,

es la diferencia entre el punto máximo y el mínimo de la onda de pulso y es utilizado por la literatura médica en referencia a los cambios pulsátiles en el volumen tisular, causados por la sangre arterial (12).

La vasodilatación afecta los 2 componentes, ya que cambios en el componente DC afectan la amplitud de la onda AC, cuando hay menos luz basal (hiperemia) se genera un señal AC de menor amplitud y a mayor luz de base (hipoemia) se produce una señal AC de mayor amplitud (10). Estos cambios en las ondas fotopleletismográficas han sido utilizados para tratar de determinar la efectividad del bloqueo simpático tras la colocación de bloqueos anestésicos regionales (12, 13) pero hasta el momento no hay estudios que evalúen los cambios en el flujo sanguíneo de los miembros superiores a través de la fotopleletismografía antes y después de una simpatectomía toracoscópica.

## Objetivos

### *Objetivo General*

- Determinar si la simpatectomía toracoscópica produce un cambio en el flujo sanguíneo a nivel digital en los miembros superiores de pacientes adultos entre los 18 y 50 años de edad con hiperhidrosis palmar.

### *Objetivos Especificos*

- Desarrollar un código en el programa MatLab® para el análisis de los diferentes componentes de la onda pletismográfica.
- Evaluar los cambios en los componentes DC y AC de la onda de fotopleτισmografía antes y después de la simpatectomía toracoscópica.
- Evaluar los cambios en el índice de perfusión (AC/DC) antes y después de la simpatectomía toracoscópica.
- Evaluar los cambios en otras variables de la onda fotopleτισmográfica no descritas en la literatura como área bajo la curva (AUC), tiempo entre el inicio de la onda y el pico sistólico (T\_DA) y el tiempo entre cada onda de pulso (T\_DD) antes y después de la simpatectomía toracoscópica.

## **Hipótesis**

La simpatectomía toracoscópica produce cambios fisiológicos a nivel del flujo sanguíneo regional en los miembros superiores que son evidentes con la medición de los valores DC, AC y relación AC/DC de la fotopleletismografía.

## Aspectos Metodológicos

### *Diseño*

Estudio cuasi experimental de tipo antes-después, desarrollado en el Laboratorio de Función Vascular de la Fundación Cardio Infantil en colaboración con el Departamento de Anestesiología de la misma institución. Este estudio, previa aprobación por el Comité de Ética en Investigación Clínica, se realizó bajo los siguientes parámetros:

### *Población blanco*

Pacientes adultos, con hiperhidrosis palmar que fueron sometidos a simpatectomía toracoscópica.

### *Población de estudio*

Pacientes entre 18 años y 50 años de edad, que fueron llevados a simpatectomía por toracoscopia en la Fundación Cardio Infantil.

### *Criterios de inclusión*

- Pacientes adultos, de ambos sexos, entre 18 y 50 años de edad con hiperhidrosis palmar que fueron sometidos a simpatectomía toracoscópica en la Fundación Cardio Infantil.
- Pacientes con riesgo anestésico ASA 1 o 2.
- Pacientes que hayan firmado el consentimiento informado para participar en el estudio.

### *Criterios de exclusión*

- Pacientes obesos. Obesidad se define como índice de masa corporal (IMC)  $> 30$ .  $IMC = \text{peso (kg)} / \text{altura}^2 \text{ (m}^2\text{)}$ .
- Consumo de diuréticos, antihipertensivos.
- Ingesta, en las horas previas al estudio, de xantinas y bebidas alcohólicas o cigarrillo.

### *Selección y Tamaño de Muestra.*

La muestra se seleccionó de forma no probabilística por criterios de inclusión. Se determinó un número de 20 pacientes en un periodo de 2 años que cumplieran con los criterios de inclusión.

### *Variables*

En cada señal se midieron tres variables en la onda de pulso descritas en la literatura médica para el análisis de la fotopleletismografía como:

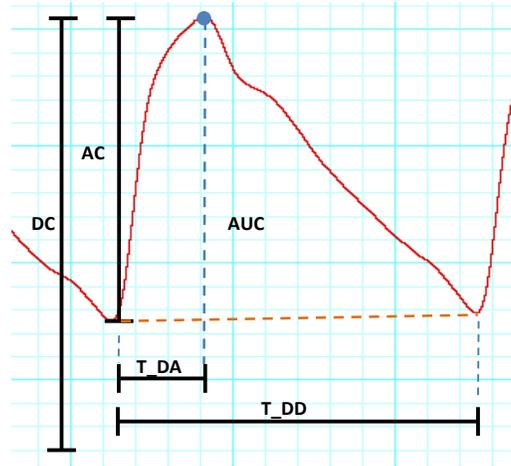
1. Componente AC (diferencia potencial entre el punto máximo y el mínimo de la onda de pulso).
2. Componente DC (diferencia potencial entre el punto máximo y punto cero del dispositivo).
3. Relación entre AC y DC (índice de perfusión).

Se desarrollaron otras 3 variables para analizar la onda de pulso que no están en la literatura médica de los estudios de fotopleletismografía como:

4. Area bajo la curva de la señal de pulso (AUC).
5. tiempo entre el inicio de la onda y el pico sistólico (T<sub>DA</sub>).
6. Tiempo entre cada onda de pulso (T<sub>DD</sub>).

La figura 1 muestra las seis variables analizadas en una señal de pulso. La variable AC, es la diferencia potencial entre el punto máximo y el mínimo de la onda de pulso, la variable DC es la diferencia potencial entre el punto máximo y punto cero del dispositivo, la relación entre AC y DC que es el índice de perfusión, el área bajo la curva de la señal de pulso (AUC), el tiempo entre el inicio de la onda y el pico sistólico (T<sub>DA</sub>), y por último el tiempo entre cada onda de pulso (T<sub>DD</sub>).

Figura 1. Dibujo esquemático de la señal de pulso proveniente de la fotopleletismografía y las variables a medir.



Las variables antropométricas se utilizaron para los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 1. Variables

Variabes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala de Medición
Edad	Edad en años del paciente	Numérica Discreta	Número de años
Sexo	Sexo del paciente	Categórica Nominal	1. Masculino 2. Femenino
Talla	Talla del paciente	Numérica Continua	Metros (m)
Peso	Peso del paciente	Numérica Continua	Kilogramos (Kg)
Índice de Masa Corporal	$\text{Peso}/(\text{Talla})^2$	Numérica Continua	Kilogramos/Metros <sup>2</sup> (Kg/m <sup>2</sup> )

Valor DC	Valor mayor encontrado en cada pulsación	Numérica Continua	Milivoltios (mV)
Valor AC	Diferencia entre el valor mayor y menor de cada pulsación	Numérica Continua	Milivoltios (mV)
Índice de Perfusión	Proporción AC/DC	Numérica Continua	
AUC	Area bajo la curva	Numérica Continua	
T_DA	Tiempos entre el inicio de la onda y el pico sistólico	Numérica Continua	Segundos (seg)
T_DD	Tiempo entre cada onda de pulso	Numérica Continua	Segundos (seg)
Historia Clínica	Numero de Historia Clínica del paciente que ayuda para su identificación en la Institución	Numérica Discreta	

### *Plan de reclutamiento*

Todos los pacientes que participaron en el estudio fueron identificados en la consulta preanestésica y en la programación de cirugía. Los que fueron programados para simpatectomía toracoscópica, que cumplieron con los criterios de inclusión y no tenían los criterios de exclusión se les informó acerca del estudio y se les solicitó su participación en el mismo con la respectiva firma del consentimiento informado.

### *Procedimiento para recolección de información*

Los pacientes fueron programados para la realización del estudio fotopleletismográfico en el laboratorio de la Fundación Cardioinfantil el mismo día en que se llevó a cabo la cirugía una a cuatro horas antes del procedimiento. Estos pacientes fueron instruidos sobre la no ingesta de bebidas alcohólicas, tabaco o cigarrillo, café ni té en las 24 horas previas a cada evaluación. Posteriormente fueron llevados a la cirugía según la programación asignada previamente por su cirujano y se les realizó una segunda valoración fotopleletismográfica en la cita de control postquirúrgica dentro de las cuatro semanas del postoperatorio.

Los datos fueron recolectados por los investigadores durante las 2 evaluaciones (pre y postoperatoria) que se le realizó a cada paciente. En cada sesión se realizó la evaluación fotopleletismográfica por 10 minutos en cada miembro superior con un transductor tipo pinza digital (MLT1020F-ADInstruments, Castle Hill, Australia). Los datos se registraron con un sistema ML401 Power/Lab ADInstruments, Castle Hill, Australia y fueron guardados con el software Chart 5 for Windows ADInstruments, Castle Hill, Australia para su conversión a formato MatLab® y su posterior análisis.

### *Control de Sesgos*

La recolección de la información de cada paciente y el registro de la onda de fotopleletismografía es realizada por un evaluador antes y después de la simpatectomía. Luego de tener el registro de las ondas, se evalúa la morfología del trazo obtenido por el otro evaluador y el ingeniero sin conocer la identidad del paciente para posteriormente ser aprobada para el análisis. Los datos son analizados por un ingeniero que no participa en la recolección de los datos.

## Materiales y Equipos

**Tabla 2. Descripción de equipos**

Equipo	Origen
Sistema para registro y Análisis de datos obtenidos ML401 Power/Lab ADInstruments	Proporcionado por el Laboratorio de Función Vascular.
Fotopletismografo de pulso con velcro AD Instruments	Proporcionado por el Laboratorio de Función Vascular.
Software Chart 5 for Windows ADInstruments, Castle Hill, Australia Programa MatLab®	Proporcionado por el Laboratorio de Función Vascular Proporcionado por el Ingeniero Francisco Cedano Ingeniero Biomédico de la Universidad de los Andes
Computador Dell con Windows Xp Compatible y Software	Proporcionado por el Laboratorio de Función Vascular.

**Tabla 3. Descripción de materiales**

Materiales	Justificación	Origen
Insumos: Camilla, tensiómetro, esfingomanómetro, monitor electrocardiográfico, electrodos, termómetros, tonner para impresión.	Realización de pruebas	Proporcionado por el Laboratorio de Función Vascular.

## **Aspectos éticos**

Este estudio fue realizado en sujetos adultos mayores de 18 años a quienes se les explicó los alcances del proyecto y firmaron el Consentimiento Informado una vez aceptaron su participación. La estrategia para la recolección de los datos fue por entrevista verbal y la toma de los mismos se llevó a cabo en el Laboratorio de Función Vascular de la Fundación Cardioinfantil. Los datos recolectados durante el estudio fueron usados para propósitos exclusivos de la investigación y se tomaron todas las medidas para mantener la información confidencial. El individuo podía rehusarse a participar en el estudio al momento de solicitar su consentimiento. Esta investigación se clasificó como “investigación con riesgo mínimo” según el artículo 11 del Capítulo 1 de la Resolución No. 008430 de 1993 del antiguo Ministerio de Salud.

## Plan de Análisis

Para cada paciente que fue llevado a simpatectomía toracoscópica se realizó una sesión de evaluación fotopleletismográfica antes (presimpatectomía) y después (postsimpatectomía) de la cirugía dentro de las cuatro primeras semanas del postoperatorio. En cada sesión el paciente fue monitorizado en el miembro superior derecho e izquierdo con un transductor tipo pinza digital (ADInstruments) para el registro de la curva de fotopleletismográfica por diez minutos. Los datos fueron registrados y guardados con el software Chart 5 y convertidos a formato MatLab®.

Se desarrolló un código en el programa MatLab® para obtener las variables AC (diferencia potencial entre el punto máximo y el mínimo de la onda de pulso), DC (diferencia potencial entre el punto máximo y punto cero del dispositivo), índice de perfusión (relación entre AC y DC), área bajo la curva de la señal de pulso (AUC), tiempo entre el inicio de la onda y el pico sistólico (T\_DA) y el tiempo entre cada onda de pulso (T\_DD). El proceso para obtener el código se presenta en la sección de resultados.

Las variables obtenidas de la onda de fotopleletismografía se analizaron de forma pareada y no pareada:

### *1. Análisis no pareado.*

Incluye las señales presimpatectomía de todos los pacientes del miembro superior derecho, del miembro superior izquierdo y de los dos (análisis general), para ser comparada con todas las señales postsimpatectomía de la misma extremidad. Este análisis se presenta como un porcentaje de cambio postsimpatectomía respecto al valor de la variable presimpatectomía. Se realizó una prueba t student para evaluar la confiabilidad de los cambios obtenidos luego de la simpatectomía.

Para el análisis no pareado, se reporta una gráfica comparativa de los resultados de cada una de las variables en los dos miembros superiores y en cada miembro superior por separado de todos los pacientes.

#### *1.1. Análisis General (incluye los dos miembros superiores).*

Consiste en analizar cada una de las seis variables de la onda de fotopleletismografía de ambos miembros superiores de todos los pacientes y realizar una comparación presimpatectomía (pre) y postsimpatectomía (post).

Para las variables AC, DC, AC/DC, T\_DA y T\_DD se hace el siguiente proceso:

El primer paso en esta comparación es hacer un análisis estadístico de Grubbs con un criterio de exclusión de datos que sean mayores o menores al promedio más o menos una desviación estándar. Posteriormente se usa la formula general de propagación de error (ecuación 1), con el animo de obtener de pre y post un solo promedio y una sola desviación estándar incluyendo la información proveniente del promedio y la desviación estándar de cada uno de los pacientes.

$$\text{Ecuación 1. } d_{X_t} = |X_t| \sqrt{\left(\frac{d_{X_1}}{X_1}\right)^2 + \dots + \left(\frac{d_{X_n}}{X_n}\right)^2}$$

Donde  $|X_t|$  es el promedio de la variable X total, es decir el promedio para todos los mejores estimativos de los  $n$  pacientes que se analicen,  $d_{X_t}$  es la desviación estándar asociada al valor de la variable  $X_t$  (promedio total).  $d_{X_1/X_1}$  es la relación entre la desviación estándar del paciente 1 sobre su promedio, estas relaciones se calculan para los pacientes  $n$  y se suman en cuadratura. Consecutivamente, con el promedio y desviación estándar de la variable X, Pre y Post de la simpatectomía, se realiza la comparación con una prueba t no pareada con 95% de confianza, para esto se usa GraphPad Prism 6.

El análisis estadístico para la variable AUC se desarrolla solo con una prueba t no pareada con 95% de confianza, dado que es un valor nominal por paciente, es decir, un solo número de área bajo la curva Pre y un solo número Post (no hay promedio ni desviación estándar).

### *1.2. Análisis por cada miembro superior*

Este análisis consiste en realizar la comparación pre y postsimpatectomía de todos los pacientes en cada uno de los miembros superiores por separado.

Las variables AC, DC, AC/DC, T\_DA y T\_DD discriminadas por miembro superior izquierdo y derecho, se comparan con el mismo proceso descrito anteriormente para el análisis general de las variables. Primero se usa Grubbs con el mismo criterio de exclusión, posteriormente se estima el promedio y la desviación estándar usando la formular general de propagación de error y sus finalmente su análisis estadístico con la prueba t no pareada de 95% de confianza usando GraphPad Prism 6.

La comparación de la variable AUC discriminada por miembro superior izquierdo y derecho se hace con el mismo proceso para el análisis general de está variable.

## 2. Análisis pareado de variables.

Se realizó un análisis pareado de las señales presimpatectomía del miembro superior derecho e izquierdo de cada paciente comparando la misma extremidad del mismo paciente postsimpatectomía. El análisis pareado solo incluye los pacientes que tienen una señal adecuada pre y postsimpatectomía de la misma extremidad para ser comparada.

Para cada variable se propaga su desviación estándar con la formula general de propagación de error. A continuación se muestra un ejemplo de esta ecuación con la variable AC.

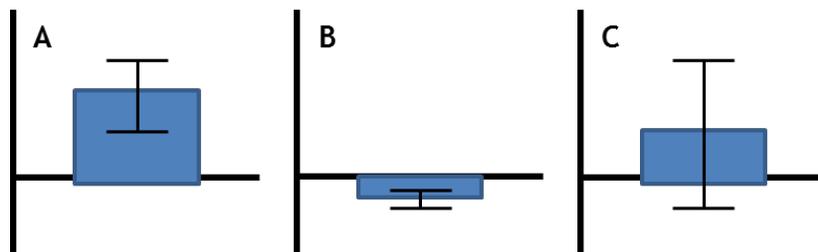
$$(Ecuación 2.) \frac{d_{AC_{post}}}{AC_{pre}} = \left| \frac{AC_{post}}{AC_{pre}} \right| \sqrt{\left( \frac{d_{AC_{pre}}}{AC_{pre}} \right)^2 + \left( \frac{d_{AC_{post}}}{AC_{post}} \right)^2}$$

Donde  $AC_{post}/AC_{pre}$  es la relación de la variable después/antes de la cirugía,  $d_{AC_{post}/AC_{pre}}$  es la incertidumbre asociada al valor de la relación.  $d_{AC_{pre}}$  y  $d_{AC_{post}}$  es la desviación estándar de las variables AC pre y AC post respectivamente.

Este procedimiento se hace para cada una de las variables a excepción de AUC pues como se comentó anteriormente, no tiene desviación estándar asociada a cada uno de los pacientes.

El análisis pareado, se reporta la relación entre la variable post/pre simpatectomía por cada uno de los pacientes, se añade las barras de error calculadas a partir de la ecuación 2 y se grafica esta información (figura 2). Estos resultados se presentan como el porcentaje de pacientes que tuvieron un cambio en la variable medida.

Figura 2. (A) Aumento significativo de la variable, (B) disminución significativa de la variable, (C) variación no significativa de la variable.



## Cronograma

**Tabla 4. Cronograma**

Actividad	Meses				
	1-4	5-10	10-17	18-21	22-24
Realización del Algoritmo para el análisis de la onda de Fotopletismografía en MatLab					
Continuación de reclutamiento individuos y recolección de los datos					
Análisis de resultados					
Informe final					
Publicación y difusión de resultados					

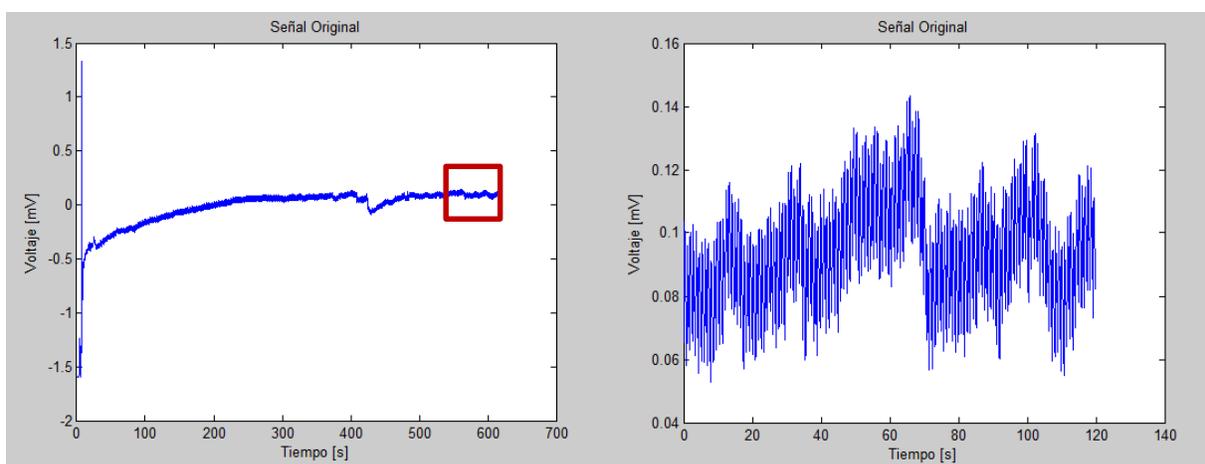
## Resultados

### 1. Desarrollo del código en Matlab® para obtención de las variables.

Se desarrolló un código en Matlab® para obtener las variables a partir de la señal de fotopleletismografía registrada antes y después de la simpatectomía.

Lo primero que se hace es la adquisición de la señal original, de la cual se extrae la información de voltaje (mV) de 1.5 minutos de cada paciente. Este proceso se hace buscando una señal sin ruido (ondas de alta frecuencia) y una baja variabilidad en el componente DC (figura 3).

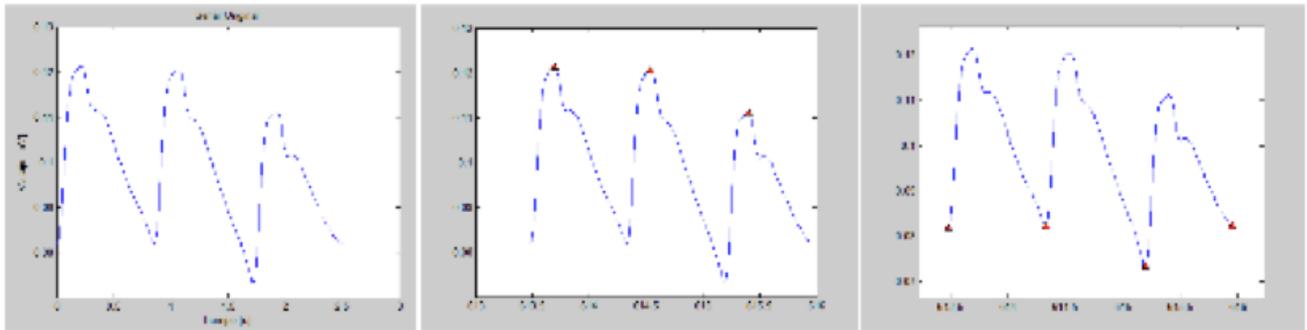
Figura 3. (Izquierda) Señal original, en rojo se encuentra la ventana de tiempo de 1.5 minutos seleccionada para el análisis. (Derecha) Señal de pulso de 1.5 minutos (80 ondas de pulso).



El análisis se hace para un promedio de 80 ondas por paciente antes y después de la simpatectomía para cada miembro superior. A continuación se presenta un ejemplo del proceso de cálculo de las seis variables para una señal de solo tres ondas (figura 4, izquierda).

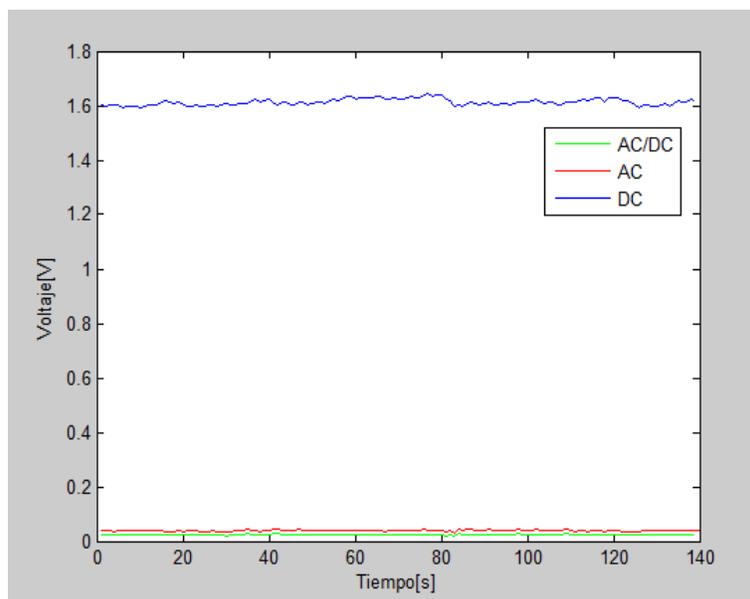
El primero paso, consiste en la identificación de los picos superiores (figura 4, centro) e inferiores (figura 4, derecha) de la onda de pulso para calcular las variables AC, DC, T\_DA y T\_DD.

Figura 4. (Izquierda) Ejemplo de Señal de pulso, (Centro) Picos superiores de la onda de pulso y (Derecha) Picos superiores de la onda de pulso.



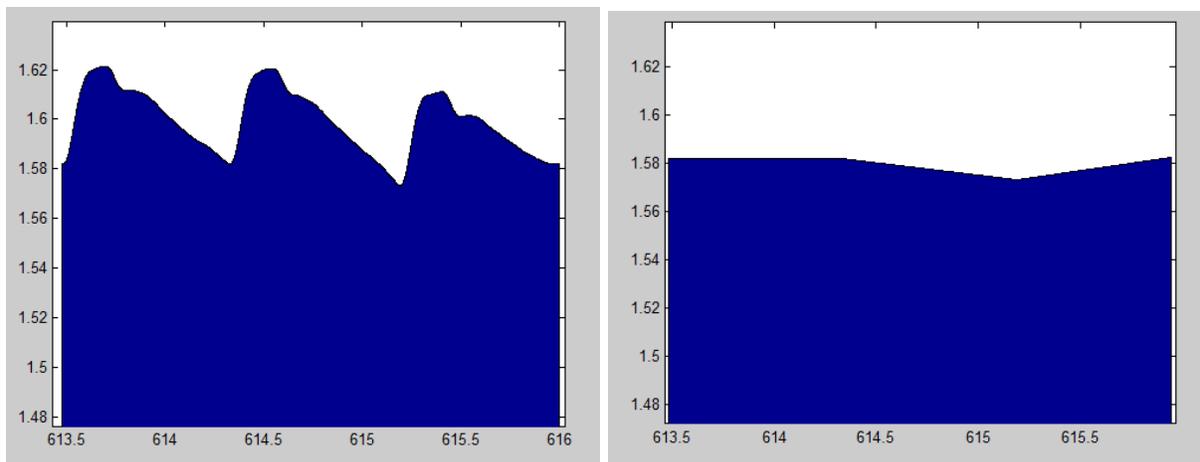
A partir de los puntos superior e inferiores, se calcula AC, DC y las relaciones de AC/DC y se grafican en el tiempo (figura 5).

Figura 5. AC, DC y AC/DC en función del tiempo



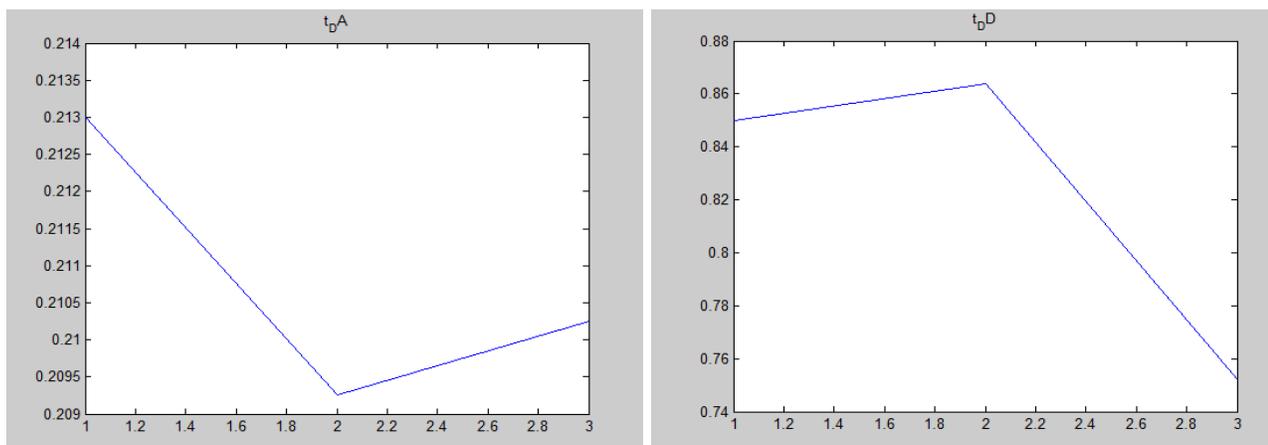
Después de obtener AC, DC y AC/DC se procede a calcular el área bajo la curva (AUC). Debido a que las señales por lo general tienen valores negativos, es necesario subir la señal a valores positivos y calcular AUC de la señal (figura 6, izquierdo) y restarle AUC que se obtiene con los picos inferiores (figura 6, derecho), de esta manera se obtiene un valor global de AUC de solo la señal de pulso durante la ventana de tiempo la cual se está analizando.

Figura 6. (Izquierda) Área bajo la señal de pulso después de subirla a valores positivos. (Derecha) Área bajo la línea que se traza a partir de los picos inferiores después de subirla a valores positivos. La resta de estas dos áreas resulta en AUC.



Consecutivamente se calcula  $T_{DA}$  y  $T_{DD}$ , estas variables se calculan también a partir de los picos superiores e inferiores de la señal de pulso. Debido a una irregularidad en la señal, es muy fácil que la estimación de estos tiempos se vea afectada, se debe tener bastante cuidado respecto al lugar en que los picos reportan su posición, es por ello que se grafican  $T_{DA}$  y  $T_{DD}$  para identificar la variabilidad de este resultado (figura 7).

Figura 7. (Izquierda) Variación de  $T_{DA}$ . (Derecha) Variación de  $T_{DD}$



Por último, el código imprime los resultados finales de las variables a estimar.

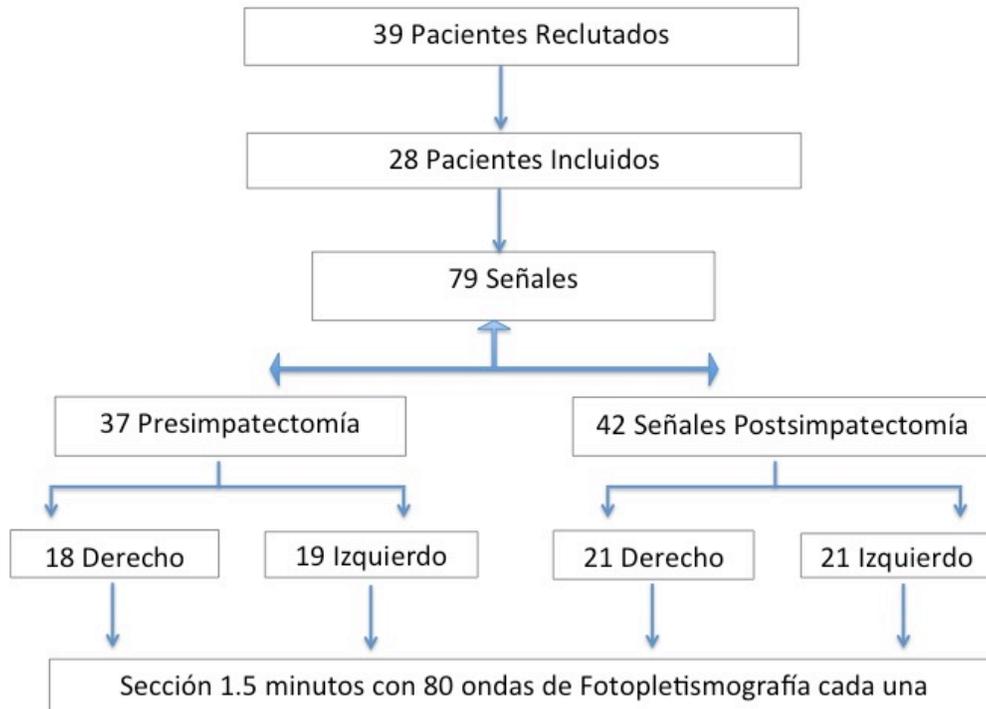
- `mean(AC)` : Promedio AC
- `std(AC)`: Desviación Estándar AC
- `mean(DC)`: Promedio DC
- `std(DC)`: Desviación Estándar DC
- `mean(ACDC)`: Promedio AC/DC
- `std(ACDC)`: Desviación Estándar AC/DC
- `AUC_T` : Área Bajo la Curva
- `T_DA` : Promedio T\_DA
- `std(t_DA)`: Desviación Estándar AC
- `T_DD` : Promedio T\_DD
- `std(t_DD)`: Desviación Estándar T\_DD

## *2. Señales de fotopleletismografía obtenidas.*

Se reclutaron 39 pacientes, de lo cuales no se incluyeron 11 por considerarse que todas sus señales presentan artefactos significativos y ninguna extremidad podía incluirse para el análisis de la fotopleletismografía.

De los 28 pacientes incluidos se obtuvieron 79 señales de pulso de fotopleletismografía aptas para el análisis distribuidos de la siguiente manera: 37 señales presimpatectomía (18 miembro superior derecho y 19 miembro superior izquierdo) y 42 señales postsimpatectomía (21 en miembro superior derecho e izquierdo). De cada señal se usó una sección de 1.5 minutos de información, en los cuales se miden 80 ondas de pulso en promedio (figura 8).

Figura 8. Flujograma de recolección de pacientes, datos y señales analizadas.



Estas señales obtenidas se analizaron de dos formas. Un análisis fue no pareado que incluye las señales presimpatectomía de todos los pacientes del miembro superior derecho, del miembro superior izquierdo y de los dos, para ser comparada con todas las señales postsimpatectomía de la misma extremidad.

También se realizó un análisis pareado de las señales presimpatectomía del miembro superior derecho e izquierdo de cada paciente comparando la misma extremidad del mismo paciente postsimpatectomía. El análisis pareado solo incluye los pacientes que tienen una señal adecuada pre y postsimpatectomía de la misma extremidad para ser comparada.

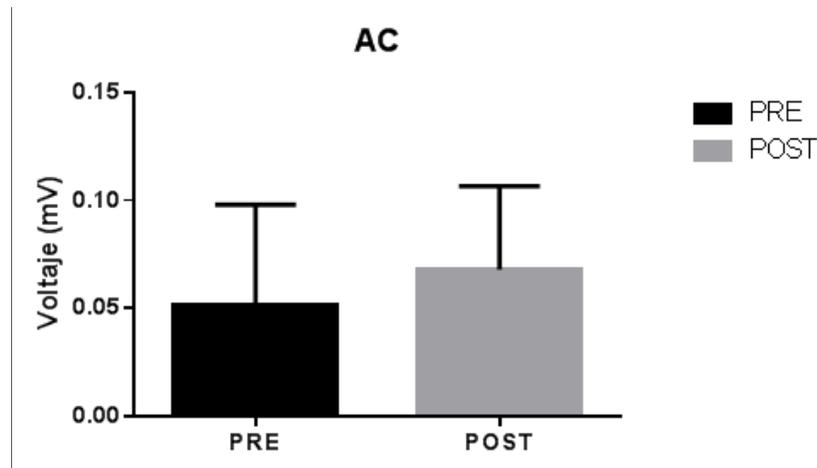
### 3. Resultados del Análisis de las Variables.

#### 3.1. Análisis AC.

##### 3.1.1. Comparación general AC (se incluyen los 2 miembros superiores de todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 31% sin confiabilidad en el componente AC de las dos extremidades superiores luego de la simpatectomía.

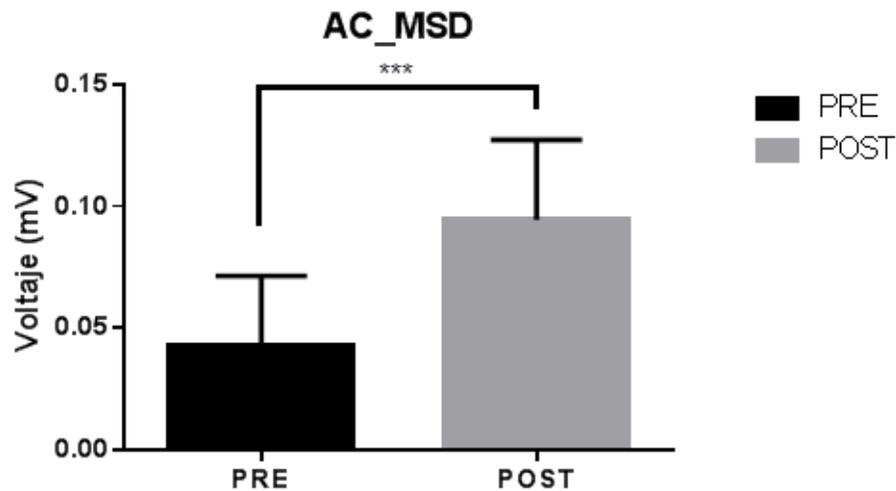
Figura 9. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de AC de las 2 extremidades superiores incluyendo todos los pacientes. Aumentó 31% sin confiabilidad.



### 3.1.2. Comparación AC miembro superior derecho (incluye todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 120% con confiabilidad del 99% en el componente AC en el miembro superior derecho luego de la simpatectomía.

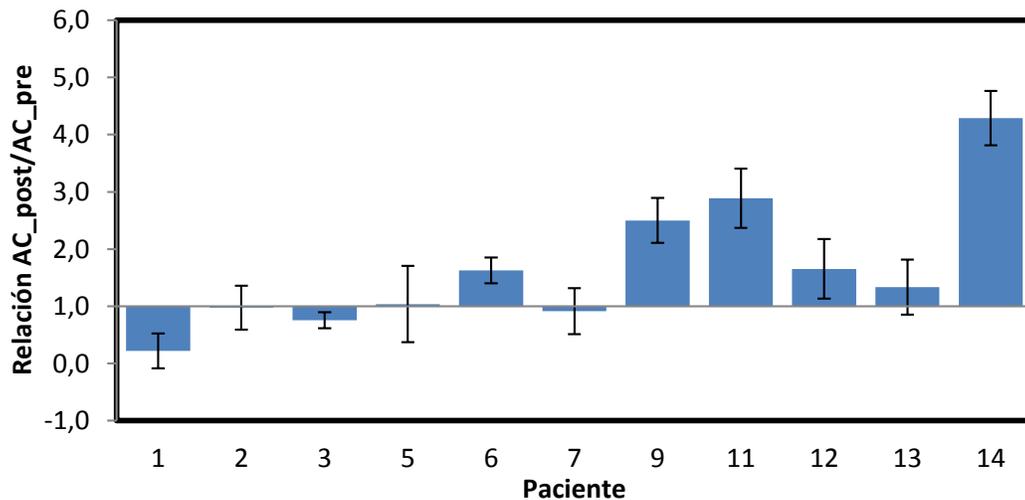
Figura 10. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de AC para miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 120% con confiabilidad de 99% (\*\* $p < 0.001$ ).



### 3.1.3. Comparación pareada AC miembro superior derecho.

Se encontró aumento del componente AC del miembro superior derecho en 5 de 11 pacientes (46 %), disminución en 2 de 11 pacientes (17%) y sin cambio en 4 de 11 pacientes (37%) luego de la simpatectomía.

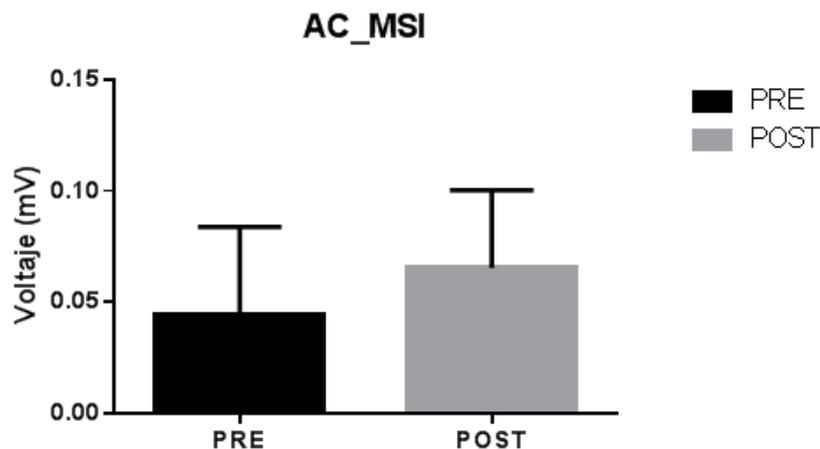
Figura 11. Relación de AC pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.



### 3.1.4. Comparación AC miembro superior izquierdo (incluye todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 46% sin confiabilidad en el componente AC en el miembro superior izquierdo luego de la simpatectomía.

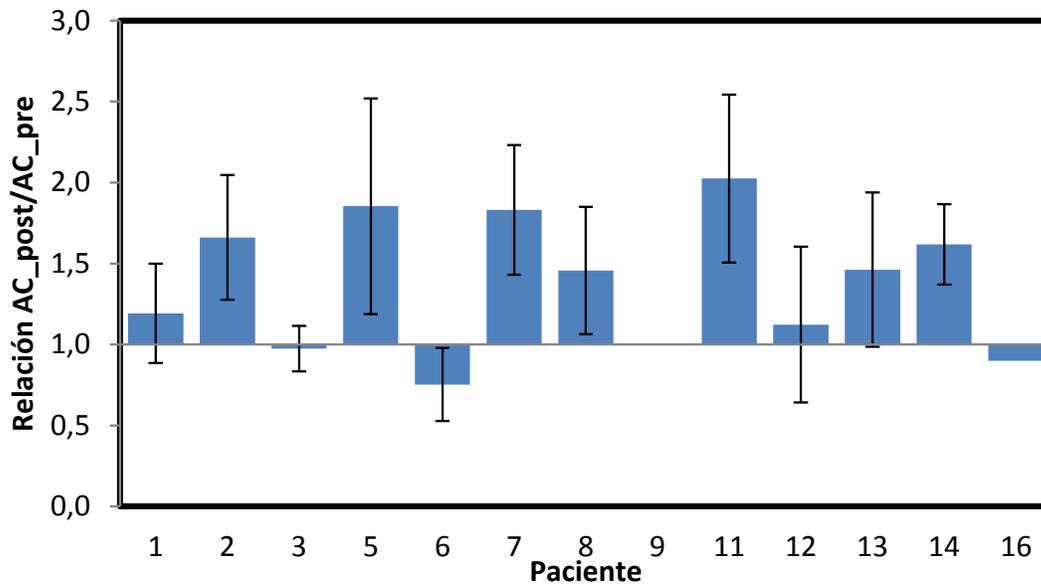
Figura 12. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de AC para miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 46% sin confiabilidad.



### 3.1.5. Comparación pareada AC miembro superior izquierdo.

Se encontró aumento del componente AC en el miembro superior izquierdo en 6 de 13 pacientes (46%), disminución en 2 de 13 pacientes (16%) y sin cambio en 5 de 13 pacientes (38%) luego de la simpatectomía.

Figura 13. Relación de AC pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.

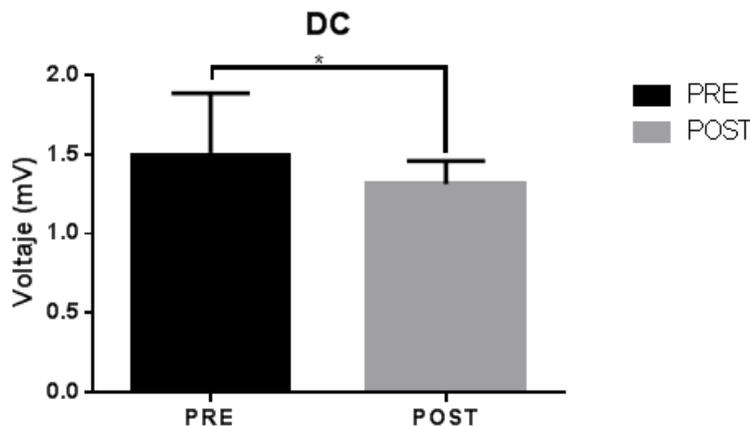


### 3.2. Análisis DC.

#### 3.2.1. Comparación General DC (se incluyen los 2 miembros superiores de todos los pacientes).

Se encontró una disminución del 12% con 95% de confiabilidad en el componente DC de las dos extremidades luego de la simpatectomía.

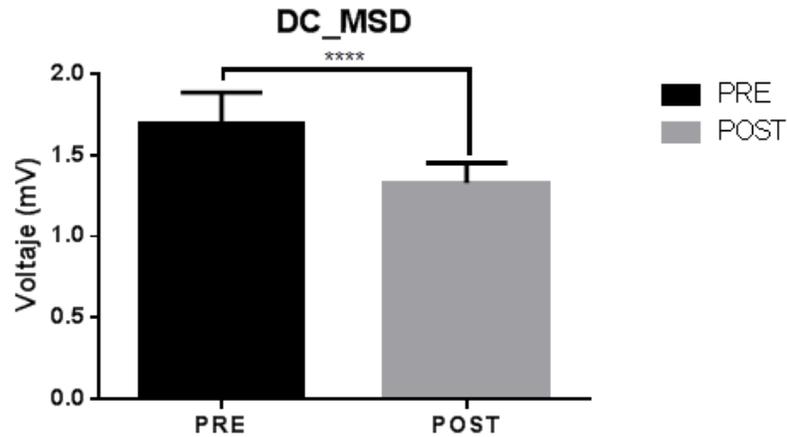
Figura 14. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de DC de las 2 extremidades superiores incluyendo todos los pacientes. Disminuyó 12% con confiabilidad de 95% (\*p<0.05).



### 3.2.2. Comparación DC miembro superior derecho (incluye todos los pacientes).

Se encontró una disminución del 78% con confiabilidad de 99% en el componente DC en el miembro superior derecho luego de la simpatectomía.

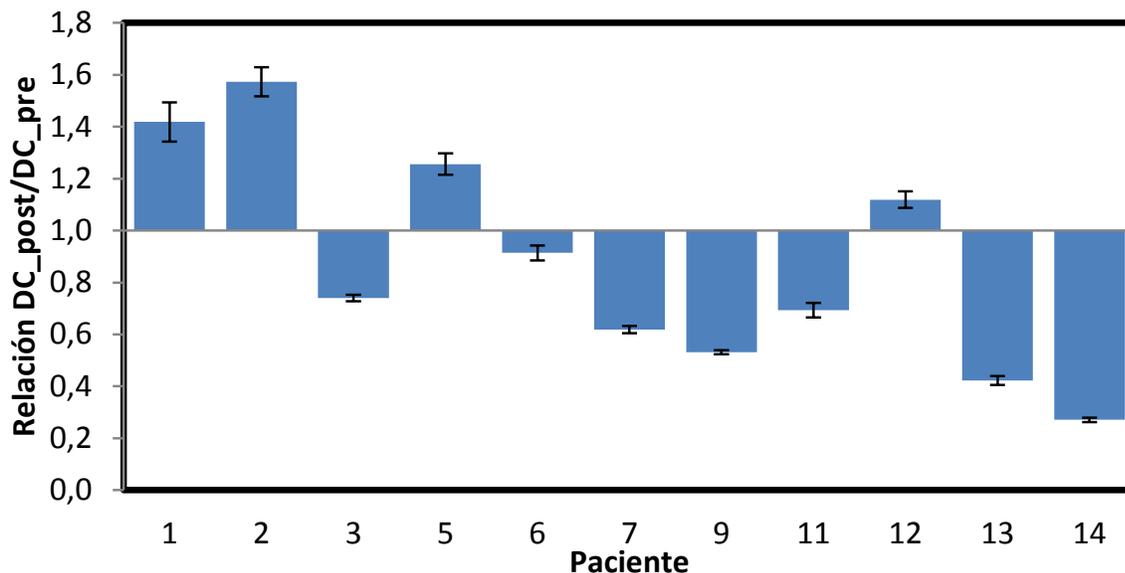
Figura 15. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de DC de miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Se encontró disminución del 78% con confiabilidad de 99% (\*\*\*\*p<0.0001).



### 3.2.3. Comparación pareada DC miembro superior derecho.

Se encontró una disminución del componente DC en el miembro superior derecho en 7 de 11 pacientes (64%) y aumento en 4 de 11 pacientes (36%) luego de la simpatectomía.

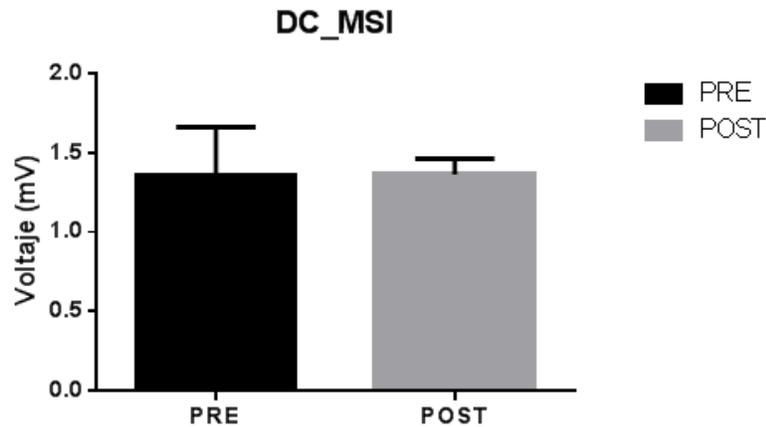
Figura 16. Relación de DC pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.



### 3.2.4. Comparación DC miembro superior izquierdo (incluye todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 0.2% sin confiabilidad en el componente DC en el miembro superior izquierdo luego de la simpatectomía.

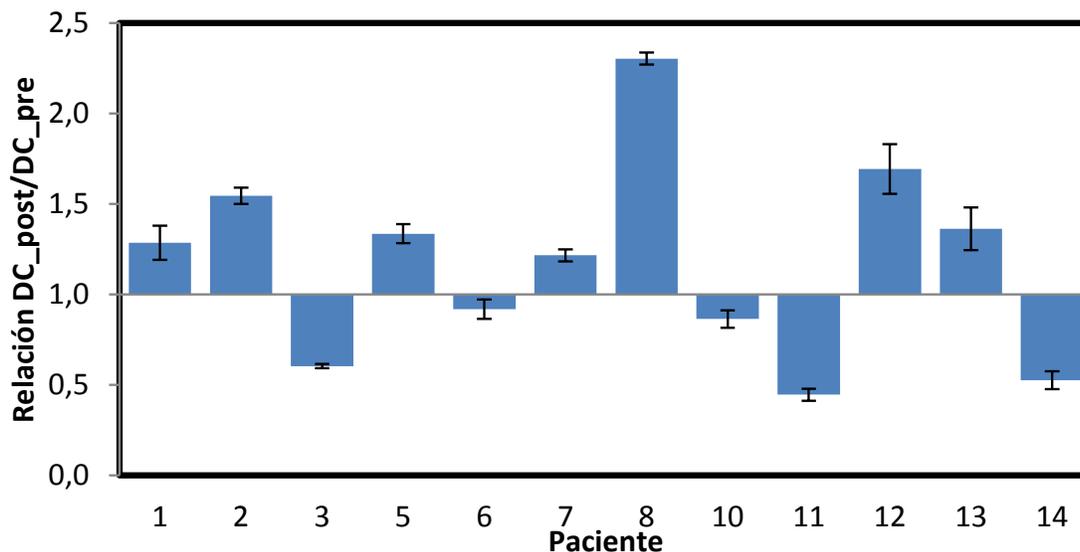
Figura 17. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de DC de miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 0.2% sin confiabilidad.



### 3.2.5. Comparación pareada DC miembro superior izquierdo.

Se encontró disminución del componente DC en el miembro superior derecho en 5 de 12 pacientes (42%) y aumento en 7 de 12 pacientes (58%) luego de la simpatectomía.

Figura 18 Relación de DC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.

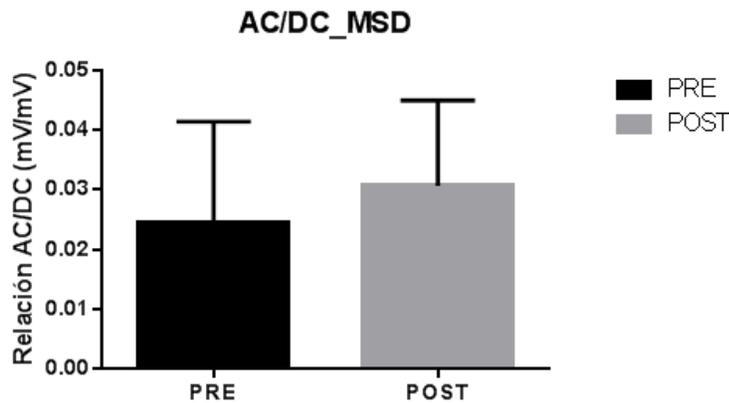


### 3.3. Análisis relación AC/DC (índice de perfusión).

#### 3.3.1. Comparación general relación AC/DC (se incluyen los 2 miembros superiores de todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 30% sin confiabilidad en la relación AC/DC de las dos extremidades superiores luego de la simpatectomía.

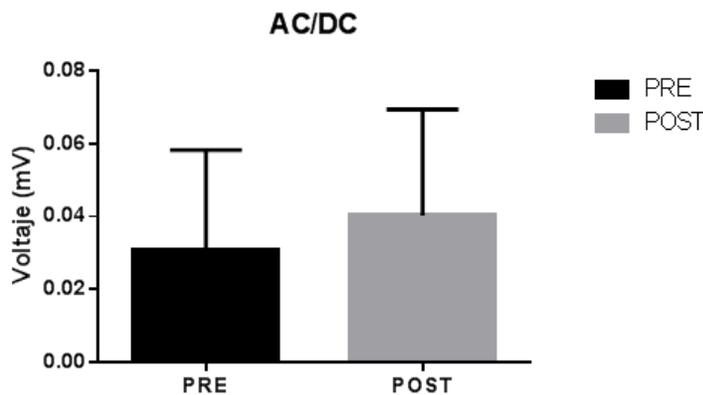
Figura 19. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de AC/DC para los 2 miembros superiores incluyendo todos los pacientes. Aumentó 30 % sin confiabilidad.



#### 3.3.2. Comparación relación AC/DC miembro superior derecho.

Se encontró un aumento del 24% sin confiabilidad en la relación AC/DC en el miembro superior derecho luego de la simpatectomía.

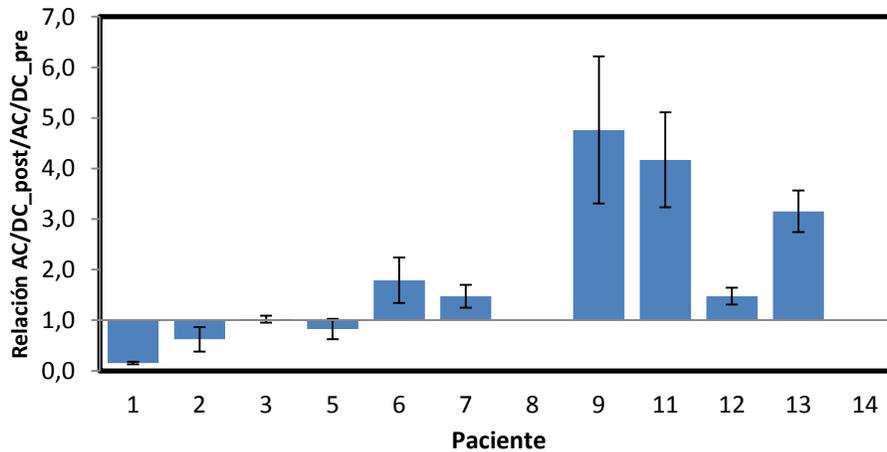
Figura 20. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de AC/DC para miembro superior derecho (MSD). Aumentó 24% sin confiabilidad.



### 3.3.3. Comparación pareada relación AC/DC miembro superior derecho.

Se encontró un aumento del índice de perfusión en el miembro superior derecho en 6 de 12 pacientes (50%) luego de la simpatectomía, disminución en 3 de 12 pacientes (25%) y sin cambio en 3 de 12 pacientes (25%).

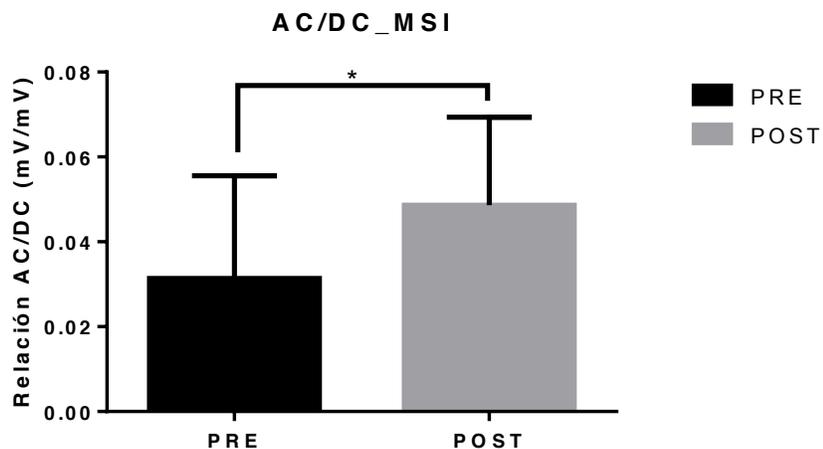
Figura 21. Relación de AC/DC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.



### 3.3.4. Comparación relación AC/DC miembro superior izquierdo (incluye todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 55% con 95% de confiabilidad en la relación AC/DC en el miembro superior izquierdo luego de la simpatectomía.

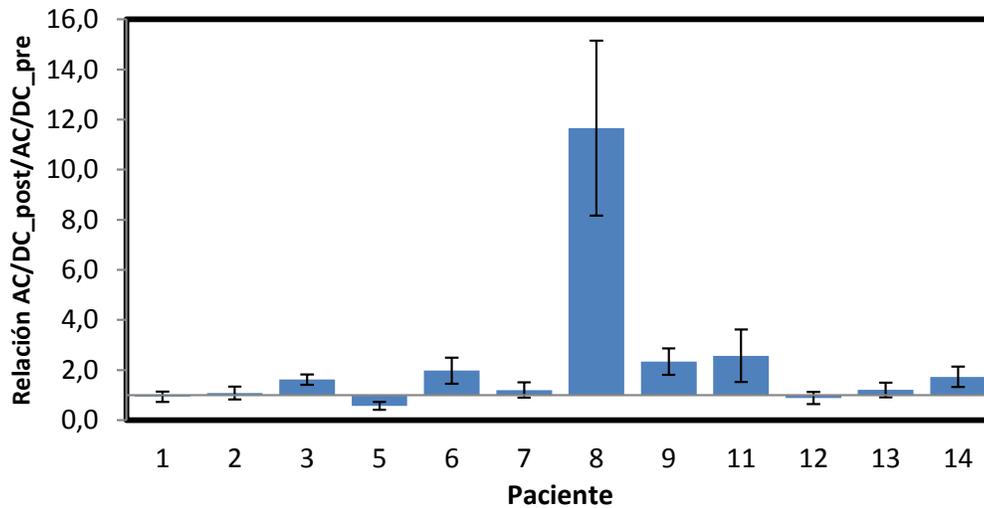
Figura 22. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de AC/DC para miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 55% con confiabilidad de 95% (\*p<0.05)



### 3.3.5. Comparación pareada relación AC/DC miembro superior izquierdo.

Se encontró un aumento del índice de perfusión en el miembro superior derecho en 6 de 12 pacientes (50%), disminución en 1 de 12 pacientes (8%) y sin cambios en 5 de 12 pacientes (42%) luego de la simpatectomía.

Figura 23. Relación de AC/DC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.

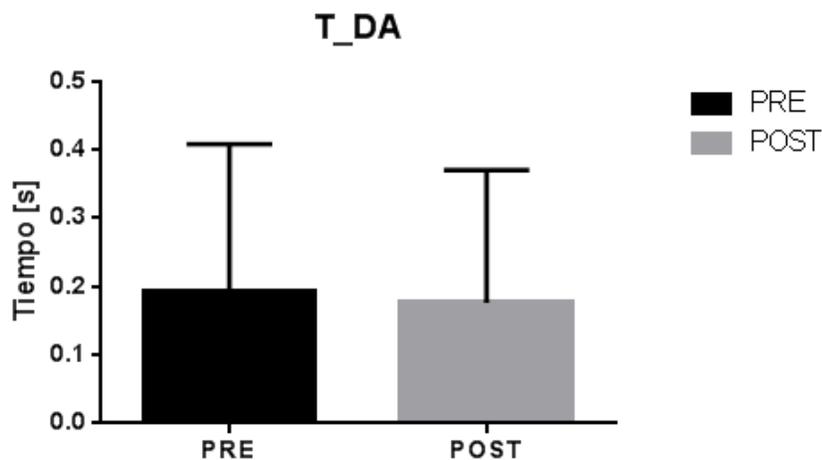


### 3.4. Análisis Tiempo T<sub>DA</sub>.

3.4.1. Comparación general Tiempo T<sub>DA</sub> (se incluyen los 2 miembros superiores de todos los pacientes)

Se encontró un aumento del 9% sin confiabilidad en Tiempo TD<sub>A</sub> de las dos extremidades superiores luego de la simpatectomía.

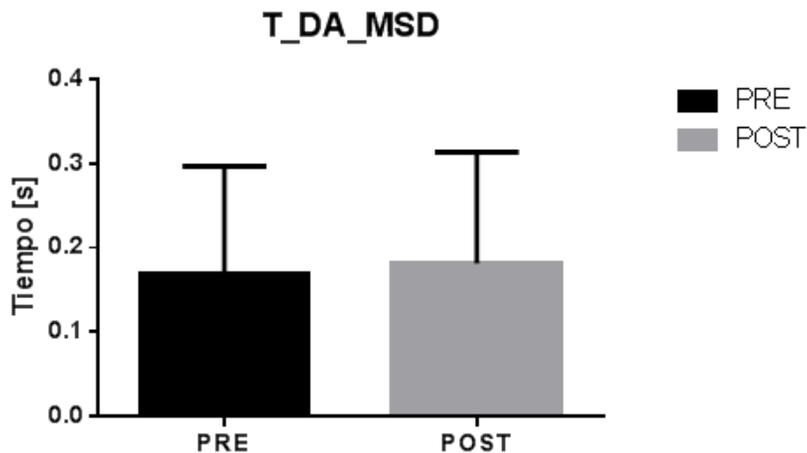
Figura 24. Comparación entre Pre (n=37) y Post (n=42) de T<sub>DA</sub> para los 2 miembros superiores incluyendo todos los pacientes. Disminuyó 9% sin confiabilidad.



### 3.4.2. Comparación Tiempo $T_{DA}$ miembro superior derecho (incluye todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 7.9% sin confiabilidad en Tiempo  $T_{DA}$  en el miembro superior derecho luego de la simpatectomía.

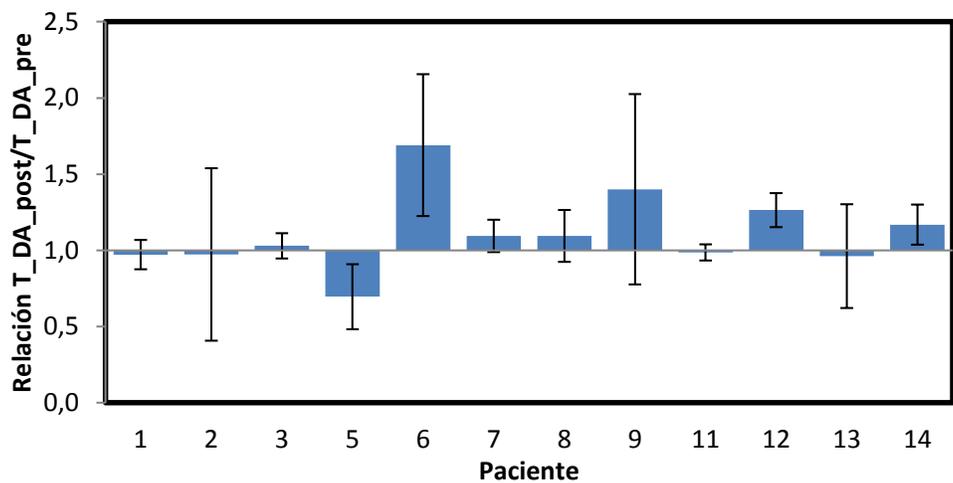
Figura 25. Comparación entre Pre ( $n=18$ ) y Post ( $n=21$ ) de  $T_{DA}$  para el miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 7.9% sin confiabilidad.



### 3.4.3. Comparación pareada Tiempo $T_{DA}$ miembro superior derecho

Se encontró aumento en el Tiempo  $T_{DA}$  en el miembro superior derecho en 3 de 12 pacientes (25%), disminución en 1 de 12 pacientes (8%) y sin cambio en 8 de 12 pacientes (66%).

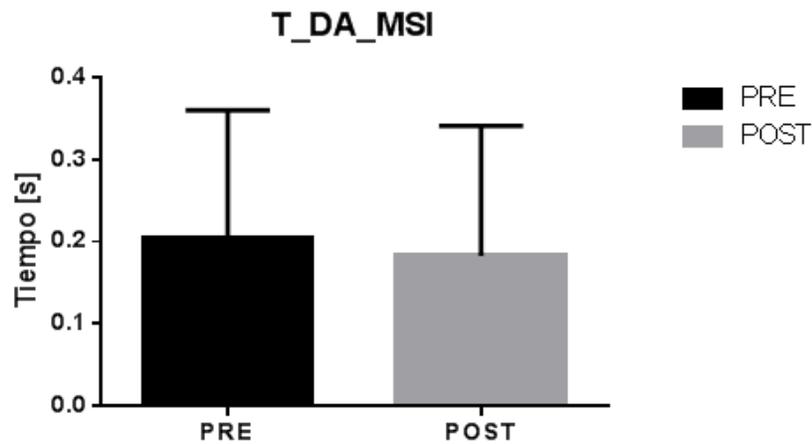
Figura 26. Relación de  $T_{DA}$  después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.



#### 3.4.4. Comparación Tiempo $T_{DA}$ miembro superior izquierdo incluye todos los pacientes).

Se encontró una disminución del 10.3% sin confiabilidad en Tiempo  $T_{DA}$  en el miembro superior izquierdo luego de la simpatectomía.

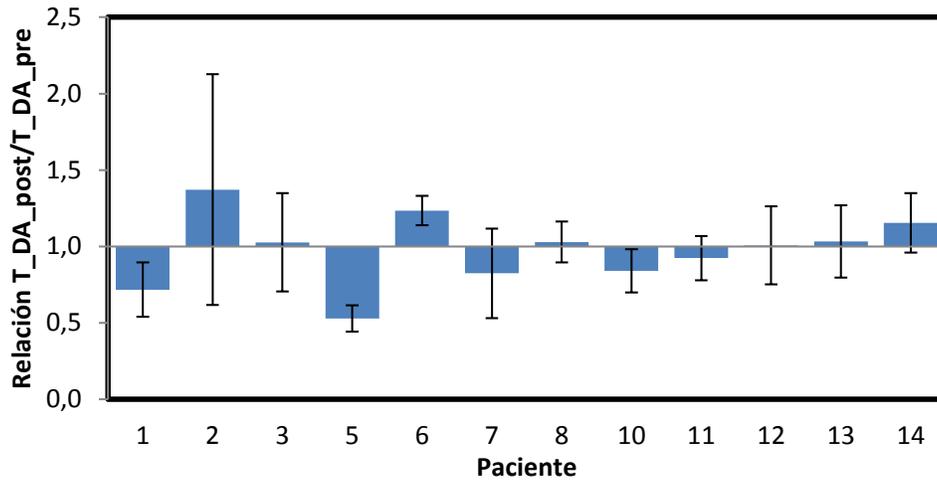
Figura 27. Comparación entre Pre ( $n=19$ ) y Post ( $n=21$ ) de  $T_{DA}$  para el miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Disminuyó 10.3% sin confiabilidad.



#### 3.4.5. Comparación pareada Tiempo $T_{DA}$ miembro superior izquierdo.

Se encontró aumento en el Tiempo  $T_{DA}$  en el miembro superior izquierdo en 1 de 12 pacientes (8%), disminución en 3 de 12 pacientes (25%) y sin cambio en 8 de 12 pacientes (66%).

Figura 28. Relación de  $T_{DA}$  pareada después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.

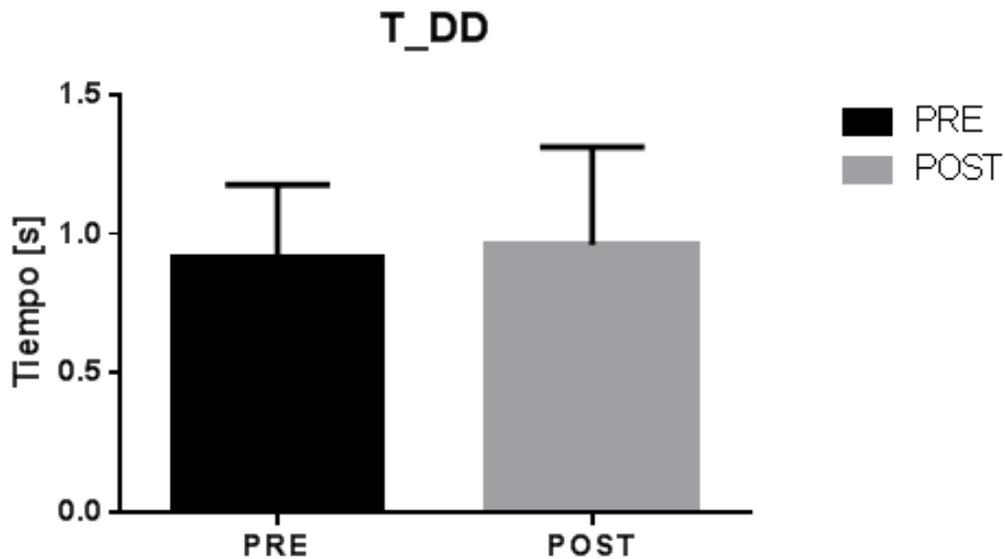


### 3.5. Análisis Tiempo $T_{DD}$ .

3.5.1. Comparación general Tiempo  $T_{DD}$  (se incluyen los 2 miembros superiores de todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 5% sin confiabilidad en el Tiempo  $T_{DD}$  de las dos extremidades luego de la simpatectomía.

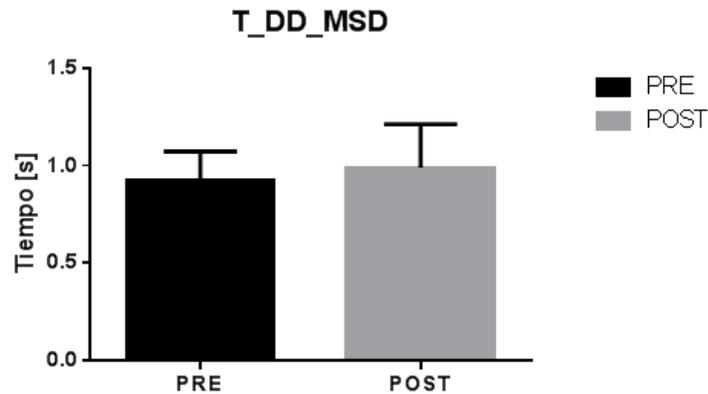
Figura 29. Comparación entre Pre ( $n=37$ ) y Post ( $n=42$ ) de  $T_{DD}$  para los 2 miembros superiores incluyendo todos los pacientes. Aumentó 5% sin confiabilidad.



### 3.5.2. Comparación Tiempo T\_DD miembro superior derecho.

Se encontró un aumento del 7% en T\_DD den el miembro superior derecho luego de la simpatectomía.

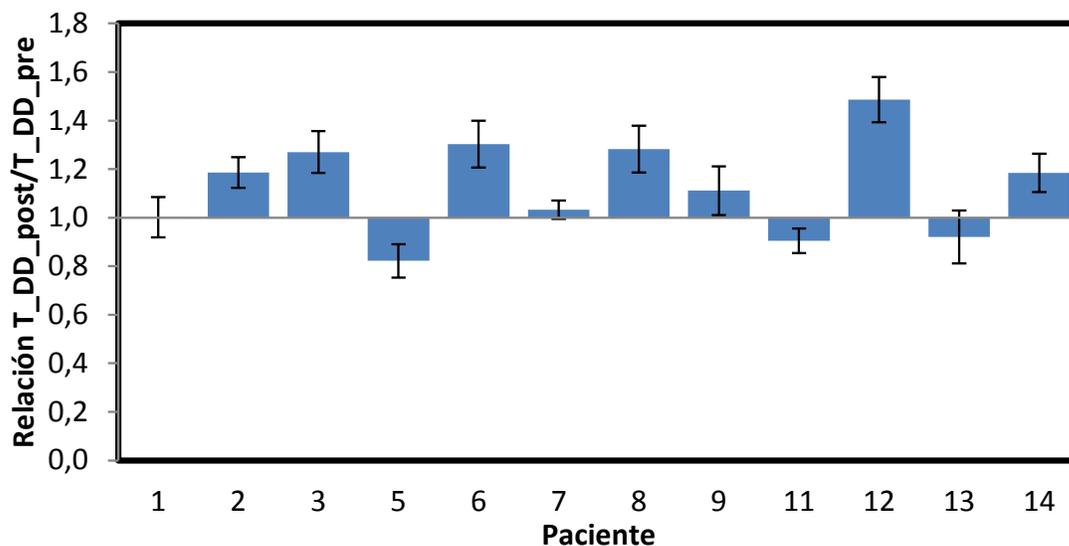
Figura 30. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de T\_DD para miembro superior derecho (MSD) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 7% sin confiabilidad.



### 3.5.3. Comparación pareada Tiempo T\_DD miembro superior derecho.

Se encontró aumento del Tiempo T\_DD en el miembro superior derecho en 7 de 12 pacientes (58%), disminución en 2 de 12 pacientes (17%) y sin cambios en 3 de 12 pacientes (25%).

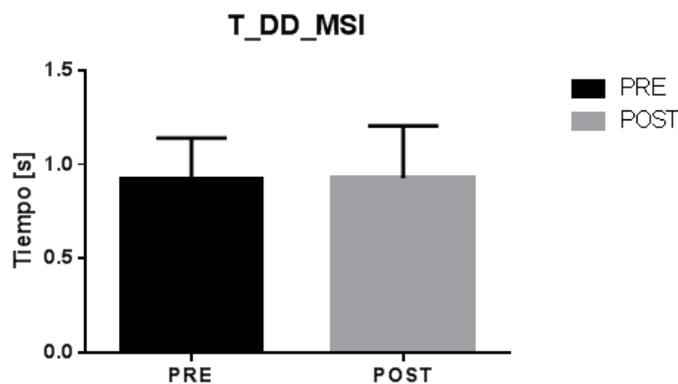
Figura 31. Relación pareada de T\_DD después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.



### 3.5.4. Comparación Tiempo $T_{DD}$ miembro superior izquierdo (incluye todos los pacientes).

Se encontró un aumento del 0.6% sin confiabilidad en  $T_{DD}$  en el miembro superior izquierdo luego de la simpatectomía.

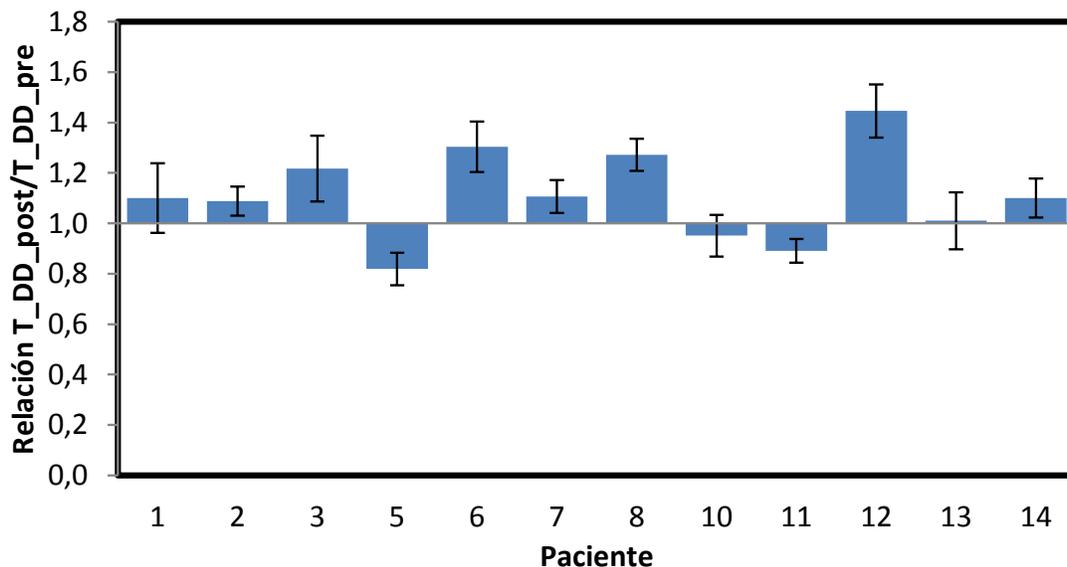
Figura 32. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de  $T_{DD}$  para miembro superior izquierdo (MSI) incluyendo todos los pacientes. Aumentó 0.6% sin confiabilidad.



### 3.5.5. Comparación pareada Tiempo $T_{DD}$ miembro superior izquierdo.

Se encontró aumento del Tiempo  $T_{DD}$  miembro superior izquierdo en 7 de 12 pacientes (58%), disminución en 2 de 12 pacientes (17%) y sin cambios en 3 de 12 pacientes (25%).

Figura 33. Relación pareada de  $T_{DD}$  después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.



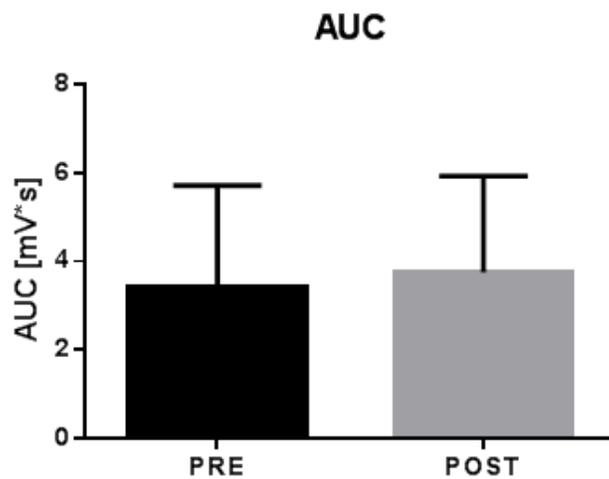
### 3.6. Análisis Aérea bajo la curva.

Como se comentaba anteriormente, la variable área bajo la curva (AUC) es la única que solo tiene un valor nominal por paciente, es decir, no tiene una desviación estándar por cada paciente.

#### 3.6.1. Comparación general AUC (se incluyen los 2 miembros superiores de todos los pacientes).

No se encontró cambio confiable en el AUC de las dos extremidades luego de la simpatectomía.

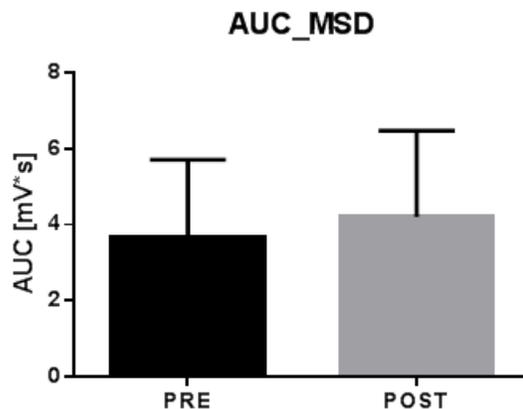
Figura 34. Comparación entre Pre y Post del área bajo la curva (AUC) para los 2 miembros superiores. Aumento sin confiabilidad.



#### 3.6.2. Comparación AUC miembro superior derecho.

No se encontró cambio confiable en el AUC de miembro superior derecho luego de la simpatectomía.

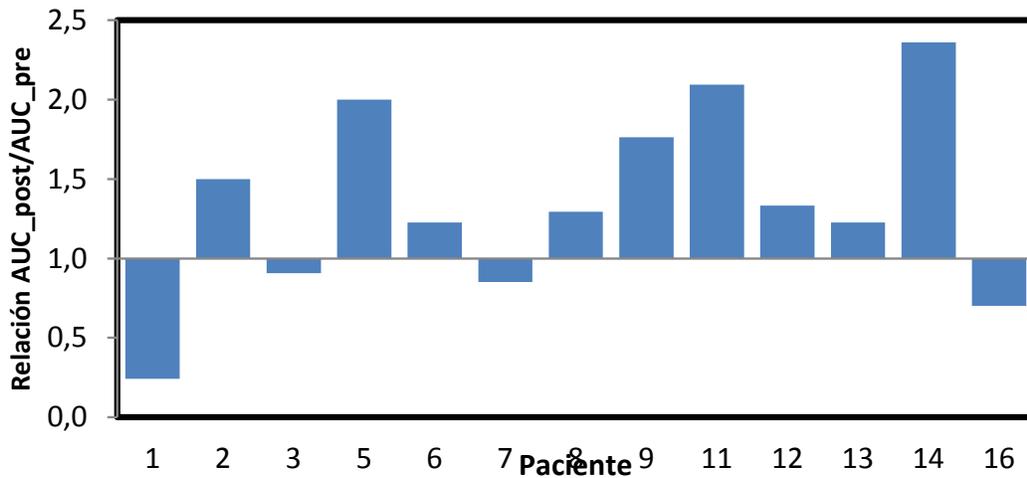
Figura 35. Comparación entre Pre (n=18) y Post (n=21) de AUC para el miembro superior derecho (MSD). Aumento sin confiabilidad.



### 3.6.3. Comparación pareada AUC miembro superior derecho.

Se encontró aumento de AUC en el miembro superior derecho en 9 de 13 pacientes (69%) y disminución en 4 de 13 pacientes (31%).

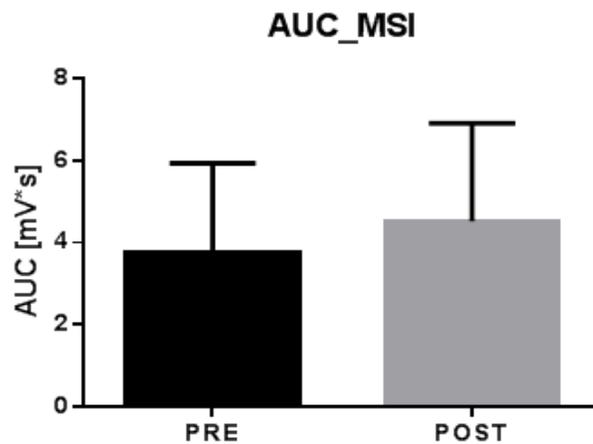
Figura 36. Relación de AUC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior derecho.



### 3.6.4. Comparación AUC miembro superior izquierdo.

No se encontró cambio confiable en el AUC de miembro superior izquierdo luego de la simpatectomía.

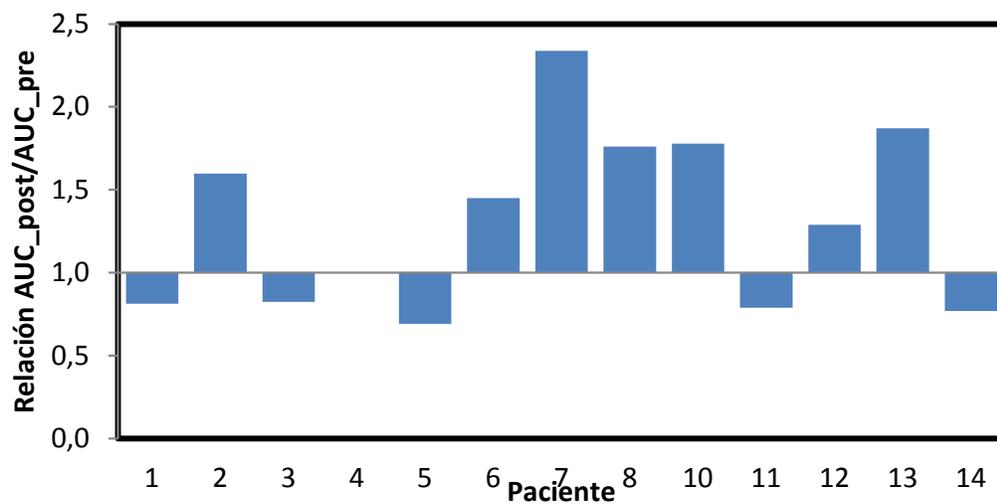
Figura 37. Comparación entre Pre (n=19) y Post (n=21) de AUC para el miembro superior izquierdo (MSI) sin confiabilidad.



### 3.6.5. Comparación pareada AUC miembro superior izquierdo.

Se encontró aumento de AUC en el miembro superior izquierdo en 7 de 13 pacientes (54%), disminución en 5 de 13 pacientes (38%) y sin cambio en 1 de 13 pacientes (8%).

Figura 38. Relación pareada de AUC después/antes de la simpatectomía para el miembro superior izquierdo.



## Discusión

La fotopleletismografía es una técnica óptica no invasiva que refleja el movimiento de la sangre a través de los vasos sanguíneos, representando la variación dinámica del volumen vascular condicionada por el flujo sanguíneo. Es un método en que los cambios en la presión de pulso arterial se traducen en variaciones en la amplitud de la onda, permitiendo evaluar condiciones hemodinámicas como cambios en la presión arterial, volumen sanguíneo, tono y elasticidad vascular (11). La fotopleletismografía ha sido utilizada como una herramienta para medir el tono vasomotor y diferenciar entre vasoconstricción y vasodilatación en diferentes condiciones experimentales como el uso de medicamentos alfa agonistas (14, 15). También ha sido utilizado en determinar el bloqueo simpático después de anestesia epidural (16) y de un bloqueo de plexo braquial (17).

Por otro lado, el músculo liso vascular y el endotelio se pueden contraer o relajar y con esto cambiar el volumen en los vasos sanguíneos para redistribuir el flujo sanguíneo a zonas donde más se necesitan. La función del músculo liso vascular y del endotelio están influenciadas por factores internos como endotelina, óxido nítrico y la prostaciclina, y factores externos como el sistema nervioso autónomo a través del simpático (SNS) y parasimpático (SNP). El SNS ejerce su acción a través de las terminaciones nerviosas encontradas en la capa media muscular y de los receptores adrenérgicos teniendo como efectos la vasoconstricción, el incremento de la presión arterial, la disminución de la capacitancia venosa y la modificación de la absorción de sodio y agua (18).

Como la hiperhidrosis palmar es una condición de sudoración excesiva en la que las glándulas ecrinas responsables de esta situación son inervadas por el sistema nervioso simpático (1), se puede suponer que al realizar la simpatectomía toracoscópica la denervación simpática no solo producirá una disminución en la sudoración sino también cambios en el sistema cardiovascular como vasodilatación y cambio en la frecuencia cardíaca y por lo tanto un impacto en la regulación del flujo sanguíneo regional de los miembros superiores. Este cambio en el flujo sanguíneo regional en miembros superiores posterior a simpatectomía toracoscópica podría evaluarse a través de los cambios en los diferentes componentes de la onda fotopleletismográfica.

La morfología de la señal fotopleletismográfica consta de dos componentes principales. El componente AC, que es la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de la curva, refleja el cambio pulsátil de los tejidos representando principalmente la sangre arterial. El componente DC, que es la

diferencia entre el punto máximo y el punto cero del dispositivo, refleja el cambio de volumen no pulsátil en los tejidos que incluye la sangre venosa y la porción no pulsátil de la sangre arterial (12). Los cambios en el componente DC se han atribuido a la respiración, cambios termorreguladores y de la actividad del sistema nervioso simpático (12). Adicionalmente, de estos dos se puede calcular la relación entre AC y DC (AC/DC) que se conoce como el índice de perfusión.

La literatura ha utilizado estas variables de la onda fotopleletismográfica como una herramienta para evaluar el tono vasomotor y diferenciar entre vasodilatación y vasoconstricción, describiendo que el aumento del componente AC, la disminución del componente DC y el aumento del índice de perfusión están relacionados con vasodilatación (19). Por ejemplo, el estudio de Talke et al encuentra que luego de un bloqueo de plexo braquial a nivel axilar en el miembro superior se produce una disminución significativa del 51% en el DC sin cambios en la otras variables (12). Para estos autores la ausencia de aumento en el componente AC y en el índice de perfusión es secundario a un efecto de amortiguación de la onda que hace que los cambios no pulsátiles sean tan marcados que no permiten ver los pequeños cambios en el componente pulsátil. Ginosar et al, encontraron un aumento del 325% en el índice de perfusión luego de una simpatectomía con anestesia epidural (16) mientras que Klodell et al estudiaron los cambios en el índice de perfusión luego de una simpatectomía torácica (a nivel de T3 y T4) en 10 pacientes con hiperhidrosis y encontraron un aumento del 316% en el miembro superior izquierdo y 372% en el derecho con los valores hemodinámicos constantes sugiriendo así que la fotopleletismografía es un indicador temprano de un bloqueo simpático exitoso (20).

Todos estos estudios mencionados anteriormente realizaron una comparación de tipo antes y después de la intervención y la presentaron como un valor adimensional representado como la media del porcentaje de cambio respecto al valor basal de cada extremidad. En el análisis no pareado de nuestro estudio, es decir en el que se incluyen todas las señales de una extremidad de todos los pacientes y son comparadas con la misma extremidad luego de la simpatectomía, se presentaron los cambios en forma similar a los estudios mencionados. Dentro de los hallazgos tenemos que para el componente AC se presentó un aumento en el miembro superior derecho (MSD) del 120% con confiabilidad del 99%, una disminución del componente DC del 78% en el MSD y del 12% en las dos extremidades con una confiabilidad del 99% y 95% respectivamente. Aunque estos cambios no son tan marcados como los de algunos estudios previos (ej. aumento del 372% del AC/DC del MSD, Klodell et al) sí tienen una confiabilidad superior al 95% ( $p < 0.05$ ) y 99% ( $p < 0.001$ ). La explicación fisiológica para el aumento en AC, disminución de DC y aumento de AC/DC encontrados es la vasodilatación tanto arterial como

venosa que se produce por el bloqueo simpático que afecta el componente pulsátil y no pulsátil. Es importante mencionar que aunque sí se encontró aumento en el componente AC para el miembro superior izquierdo (de 46%) y para las dos extremidades (31%), estos no tuvieron un nivel de confiabilidad adecuado ( $P > 0.05$ ), contrario al componente DC que logra confiabilidad del 95% con disminución de solo 12% para las dos extremidades. Una posible explicación para esto, es la gran variación que presenta el componente AC por su rápida oscilación latido a latido, necesitando un cambio más grande en la señal para generar impacto mientras que las oscilaciones lentas del componente DC necesitan menos cambios para tener diferencia importante y lograr la confiabilidad estadística.

Es interesante que cuando se analizaron y compararon todos los datos antes y después de la simpatectomía hubo una tendencia a la vasodilatación como en los estudios anteriores, pero cuando se analizó de manera individual a cada paciente (análisis pareado) no todos presentaron los cambios correspondientes a vasodilatación. Por ejemplo, en el análisis pareado encontramos un aumento del AC en el MSD y MSI en el 46% de los pacientes, mientras que hubo una disminución en el 17% y 16% de los pacientes y no hubo cambios en 37% y 38% de los pacientes en el MSD y MSI respectivamente. En el componente DC, se encontró disminución en el MSD en el 64% de los pacientes (vs el 36% que aumentó) y curiosamente fueron más los pacientes que aumentaron en el MSI (58% aumentaron vs 42% disminuyeron). Para el índice de perfusión, este aumentó en el 50% de los paciente en el MSD y MSI mientras que disminuye en el 25% y 8% de los pacientes en el MSD y MSI respectivamente. Aunque el porcentaje de pacientes con cambios concordantes con vasodilatación fue mayor (excepto en DC de MSI), uno esperaría que se presentaran en la totalidad de los pacientes. Hay algunas explicaciones anatómicas para esto, como la existencia de una gran cantidad de variaciones en la vías simpáticas que inervan el corazón. Ellison et al realizaron un trabajo anatómico en 24 fetos humanos encontrando una importante variación topográfica de los troncos cervicotorácicos y encontrando circuitos colaterales en presencia de una sección simpática incompleta (21). La variabilidad anatómica y su impacto en la extensión de la simpaticolisis ha sido sugerida como responsable de la hiperhidrosis compensatoria que es uno de los efectos secundarios más frecuentes de la simpatectomía e incluso se ha recomendando una escisión más limitada a solo el nivel T3 para evitar este efecto (22). Otro hallazgo interesante de los estudios anatómicos radica en que la distribución de los plexos cardíacos y ramas parasimpáticas así como el número de nervios cardíacos no es simétrica, pudiendo explicar porque no se presentan los mismos hallazgos en el MSD y MSI de manera constante (23).

Además de la variabilidad anatómica hay algunas razones fisiológicas para explicar los hallazgos del análisis pareado como el tiempo de presentación de los efectos cardiopulmonares y la duración del efecto clínico sobre la hiperhidrosis que no son constantes en el tiempo luego de una simpatectomía toracoscópica. Por lo general, se sabe que al realizar una ablación quirúrgica de los segundos y terceros ganglios simpáticos torácicos (T2, T3) se afecta el sistema simpático eferente hacia los brazos quienes inervan el también el corazón y los pulmones (24). Dentro de los efectos cardiopulmonares encontrados previamente están el aumento del volumen residual, disminución del flujo espiratorio forzado 25-75%, disminución de la frecuencia cardíaca y disminución de la fracción de eyección (24), los cuales a su vez pueden modificar los componentes de la fotopleletismografía en especial el DC. Ahora bien, Noppen et al encontraron que los cambios cardiopulmonares se presentaban en un tiempo variable que podía ir desde la tercera semana hasta el cuarto mes postoperatorio (25). Otros estudios encontraron que los cambios cardiopulmonares regresaban a los valores normales luego de 4 meses postoperatorio mientras que otros han encontrado que permanecen luego del primer año (26). Nuestro estudio realizó el control postoperatorio en cualquier momento dentro del primer mes luego de la cirugía pudiendo tener pacientes que no hayan tenido tiempo suficiente para presentar los cambios fisiológicos cardiovasculares descritos. Tampoco se realizó un seguimiento de estos cambios en el tiempo para evaluar su permanencia o la aparición de nuevos hallazgos.

Otro punto que llama la atención es que los cambios fueran más constantes para el componente DC que para el AC. Esto puede ser explicado por la relación entre el tono vascular inicial y el cambio en la transmisión de luz (12). En teoría la transmisión de la luz en los tejidos y su registro en el fotopleletismógrafo están relacionados con la dispersión y absorción de la misma. Es posible que el tono arteriolar basal previo a la simpatectomía sea pequeño y al aumentar el volumen sanguíneo causado por la vasodilatación la contribución relativa sea pequeña y el aumento en la señal AC no sea detectable (12). Otra explicación posible es que el aumento del flujo en las extremidades sea a partir de la apertura de canales arteriovenosos los cuales son no pulsátiles y por lo tanto no se modifica el componente AC (12). También es importante mencionar que aunque el AC y DC representan el componente pulsátil y no pulsátil de manera independiente, el cambio en el DC afecta el AC. Esto se produce porque al haber una línea de base (componente DC) más grande o pequeño la misma pérdida de luz producirá una señal AC mayor o menor (10).

En condiciones normales, el componente DC tiene oscilaciones pequeñas y lentas que se han atribuido a cambios en la densidad capilar por descargas simpáticas que distribuyen la sangre en los diferentes compartimentos de la microcirculación y que inclusive se mantienen luego de la colocación de un torniquete arterial (27). Por lo anterior, el cambio en el componente DC después de la simpatectomía encontrado en nuestro estudio, además de cambios en el flujo, puede representar también una alteración en la capacidad de autorregulación local de las extremidades superiores (10).

El índice de perfusión, es la relación de la amplitud pulsátil (AC) sobre el componente DC de la onda fotopleletismográfica y se ha correlacionado con condiciones como hipotensión, volumen respiratorio e inclusive es utilizado por monitores como el Másimo SET® para determinar hipovolemia (10). Este índice, también ha sido utilizado para cuantificar el flujo sanguíneo pulsátil de las extremidades y su aumento se ha correlacionado con el aumento del flujo y el éxito del bloqueo simpático (20). Este hallazgo es concordante con nuestro estudio en donde encontramos aumento del índice de perfusión del 55% en el MSI con confiabilidad del 95% en el análisis no pareado y en el 50% de los pacientes en el análisis pareado del MSD y MSI (vs una disminución del 25% y 8% respectivamente) luego de la simpatectomía torácica.

La ausencia de consistencia de los hallazgos compatibles con vasodilatación (aumento de AC, disminución de DC y aumento de índice de perfusión) tanto en el análisis pareado como no pareado de las dos extremidades antes y después de la simpatectomía puede estar relacionado con la variación anatómica y temporal descritas previamente pero también con las limitaciones del estudio. Una de las principales limitaciones, es la sensibilidad de los componentes de la fotopleletismografía (especialmente el DC) a los cambios de posición de la mano o la pinza que no permitió que se incluyeron todas las señales de las dos extremidades de todos los pacientes por presentar deficiencia en la calidad de la señal. Esto hizo que a pesar de tener 28 pacientes solo se incluyeran de 18 a 19 señales para analizar el componente AC, DC y AC/DC presimpatectomía y 21 señales para las mismas variables postsimpatectomía. Además, aunque las condiciones de registro de la onda de fotopleletismografía fueron estandarizadas, existen factores fisiológicos y externos que pueden aumentar la amplitud de las variables medidas como la temperatura, bradicardia, altura de la mano y luz del ambiente (10). De estas variables solo se controló la altura de la mano, lo cual es otra limitante de este estudio y puede generar falsos negativos o positivos en los cambios de los componente medidos. Otro factor importante en

nuestro estudio, es el no haber controlado el nivel de la simpatectomía realizada. Recordemos que la hiperhidrosis afecta principalmente las palmas y el tratamiento más aceptado es la escisión de los ganglios simpáticos torácicos T2 y T3 (26). Sin embargo, algunos recomiendan escisiones de T3 y T4 para hiperhidrosis en miembros superiores, T2 para hiperhidrosis facial (20) y escisiones adicionales de T4 para las presentaciones que comprometan las axilas (26). Aunque todos nuestros pacientes tenían hiperhidrosis palmar algunos podrían tener síntomas axilares o faciales y puede haber diferencia en el nivel de la simpatectomía dependiendo del autor que lo recomiende y de los síntomas como vimos previamente. Ponce et al estudiaron la diferencia de los efectos cardiovasculares entre pacientes con simpatectomía convencional (T2 a T4) contra simplificada (T3) y aunque no hubo diferencia estadística significativa, sí se encontró una disminución de 3.5 % contra 6.3% en el VEF, de 1.9% contra 12 % en FEF<sub>25-75%</sub> y en la frecuencia cardíaca (26). Esto nos muestra que dependiendo del nivel de la simpatectomía pueden variar los cambios cardiopulmonares y al no tener en cuenta esta variable en nuestros pacientes se pueden estar mezclando pacientes con simpatectomías convencionales con simplificadas alterando los resultados en la fotopleletismografía.

Como se describió anteriormente las variables principales de la fotopleletismografía utilizadas en la literatura son el componente DC, AC y relación AC/DC. Sin embargo, hay sistemas hemodinámicos como el PICCO® que determina el gasto cardíaco por análisis del contorno de la onda de pulso de la línea arterial y determina el volumen de precarga y agua pulmonar con el análisis los tiempos de tránsito y descenso de la curva de termodilución (28). Otros autores han utilizado la fotopleletismografía para determinar la presión arterial a través de la velocidad de la onda de pulso (29). Por estas razones y teniendo en cuenta la similitud morfológica de la onda de fotopleletismografía con la onda de pulso arterial, evaluamos otras posibles variables dentro de la curva de fotopleletismografía como el análisis del área bajo la curva y los tiempos de la fase sistólica (T<sub>DA</sub>) y tiempo de la onda (T<sub>DD</sub>) para determinar una aplicabilidad de estos datos y su correlación con el cambio en el flujo sanguíneo regional. De estas variables encontramos aumento en el T<sub>DD</sub> (58% en el análisis pareado) del MSD y MSI y aumento del AUC del MSD (69% en análisis pareado) y MSI (54% en análisis pareado). El T<sub>DD</sub> representa el tiempo de duración de cada onda de pulso y su aumento puede estar relacionado con disminución en la frecuencia cardíaca, hallazgo que muestra que además de producirse un cambio en el flujo sanguíneo de los miembros superiores secundario al bloqueo simpático se produce una alteración del control cronotrópico ejercido por el sistema nervioso autónomo (9). Así mismo, el

aumento encontrado el AUC se correlaciona con el aumento en el T\_DD y en el componente AC que nuevamente son consistentes con vasodilatación de las dos extremidades.

Nuestro estudio, muestra que la información obtenida a partir de la onda de fotopleletismografía es relevante para obtener datos diferentes a los utilizados en la monitoría estandar de oximetría de pulso que usa el mismo principio de transmisión de luz. Por lo general, la mayoría de los monitores existentes solo centran su atención en el componente pulsátil (AC) para determinar la saturación de oxígeno eliminando mediante algoritmos el componente no pulsátil (DC) por lo que se puede perder información valiosa para el estado del paciente y que vale la pena seguir estudiando y analizando.

Para la realización de próximos estudios se debe tener en cuenta el tiempo de presentación de los cambios y realizar mediciones en diferentes momentos postoperatorios (1 mes, 6 meses y un año por ejemplo). También se deben controlar variables como temperatura, frecuencia cardíaca, altura de la mano y luz del ambiente con el fin de evitar sesgos en la información. Es muy importante seguir y diferenciar los resultados según el nivel ganglionar torácico de la simpatectomía realizada.

Por último, la determinación objetiva de estos cambios en la onda de fotopleletismografía que evidencian vasodilatación secundaria a la simpatectomía torácica puede incentivar la investigación de este procedimiento quirúrgico en el manejo de los trastornos vasculares obstructivos o de hipoflujo en las extremidades superiores.

## Conclusión

La fotopleletismografía ha sido utilizada para diferenciar entre vasoconstricción y vasodilatación en diferentes condiciones experimentales. Al utilizar la fotopleletismografía en pacientes con hiperhidrosis palmar y sabiendo que el sistema nervioso simpático está involucrado en la fisiopatología de la sudoración excesiva y que es uno de los factores que controlan el tono vascular, se puede medir el cambio en el flujo sanguíneo de los miembros superiores posterior a la simpatectomía toracoscópica con esta herramienta.

Al evaluar los cambios en los componentes de la fotopleletismografía en forma conjunta con todos los pacientes se encuentra que hay una disminución del componente no pulsátil (DC), aumento del componente pulsátil (AC) y aumento del índice de perfusión con confiabilidad entre 95 y 99%. Estos hallazgos son compatibles con vasodilatación producidos por el bloqueo simpático al realizar una denervación quirúrgica de los ganglios simpáticos torácicos. Aunque estos cambios no fueron encontrados de manera constante en las dos extremidades con confiabilidad, es posible que esto se deba a la gran sensibilidad de la fotopleletismografía a factores externos e internos que obligaron al retiro de varias señales para el análisis.

Al analizar de manera individual a cada paciente se encuentra que la mayoría presentan cambios compatibles con vasodilatación. Sin embargo, algunos no presentan estos cambios o inclusive cambios opuestos a los esperados. Dentro de las explicaciones para esto se encuentran razones anatómicas como la variabilidad de las vías simpáticas cervicotorácicas, la presencia de circuitos colaterales y la asimetría en el número de distribución de los nervios cardíacos. También hay razones fisiológicas como la variabilidad en el tiempo de presentación y la duración de los efectos cardiopulmonares así como el nivel de la simpatectomía que pueden influir en los cambios cardiopulmonares encontrados.

La información obtenida a partir de la onda de fotopleletismografía no se limita a la evaluación del componente pulsátil como hacen la mayoría de los monitores utilizados en la práctica clínica, sino que incluye un componente no pulsátil que debe seguir estudiándose para ser implementados en diferentes escenarios.

## Bibliografía

1. Cerfolio RJ. The Society of Thoracic Surgeons expert consensus for the surgical treatment of hyperhidrosis. *Ann Thorac Surg* 2011; 91(5):1642-8.
2. Adar R. Palmar hyperhidrosis and its surgical treatment: a report of 100 cases. *Ann Surg* 1977;186:34-41.
3. Leung AK. Hyperhidrosis. *Int J Dermatol* 1999;38:561-7.
4. Strutton DR. US prevalence of hyperhidrosis and impact on individuals with axillary hyperhidrosis: results from a national survey. *J Am Acad Dermatol* 2004;51:241-8.
5. Lonsdale-Eccles A. Axillary hyperhidrosis: ecrine or apocrine? *Clin Exp Dermatol* 2008;28:2-7
6. Ro KM. Palmar hyperhidrosis: evidence of genetic transmission. *J Vasc Surg* 2002;35:382- 6.
7. Krasna MJ. Thoracoscopic sympathectomy. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2000;10(5):314-8.
8. Bejarano B. Thoracoscopic sympathectomy: a literature review. *Neurocirugia (Astur)* 2010;21(1):5-13.
9. Dumont P. Side effects and complications of surgery for hyperhidrosis. *Thorac Surg Clin* 2008;18(2):193-207.
10. Reisner A. Utility of the photoplethysmogram in circulatory monitoring. *Anesthesiology* 2008;108(5):950-8.
11. Allen J. Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiol Meas* 2007;28(3):R1-R39. En: Aldama A, Álvarez H, Rodríguez A, Reyes B.
12. Talke P. The effects of sympathectomy on finger photoplethysmography and temperature measurements in healthy subjects. *Anesth Analg*. 2011 Jul;113(1):78-83.
13. Ginosar Y. Pulse oximeter perfusion index as an early indicator of sympathectomy after epidural anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2009 Sep;53(8):1018-2.
14. Snapir A. Effects of nitric oxide synthase inhibition on dexmedetomidine- induced vasoconstriction in healthy human volunteers. *Br J Anaesth* 2009;102:38-46

15. Talke P. Alpha-2B adrenoceptor polymorphism and peripheral vasoconstriction. *Pharmacogenet Genomics* 2005;15:357–63.
16. Ginosar Y. Pulse oximeter perfusion index as an early indicator of sympathectomy after epidural anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 2009;53:1018–26
17. Galvin EM. Peripheral flow index is a reliable and early indicator of regional block success. *Anesth Analg* 2006;103: 239–43
18. Eisuke A, Masafumi W, Issei K. The Relationship between Vascular Function and the Autonomic Nervous System. *Ann Vasc Dis* Vol. 7, No. 2; 2014: 109–119
19. Babchenko D. Photoplethysmographic measurement of changes in total and pulsatile tissue blood volume, following sympathetic blockade. *Physiol Meas* 2001;22:389–96
20. Klodell C. Oximetry-derived perfusion index for intraoperative identification of successful thoracic sympathectomy. *Ann Thorac Surg* 2005;80:467–70.
21. Ellison J. Sympathetic nerve pathways to the human heart and their variations. *Am J Anat* 1969;124:149—62.
22. Riet M. Prevention of compensatory hyperhidrosis after thoracoscopic sympathectomy for hyperhidrosis. *Surg Endosc.* 2001;15:1159-62.
23. Kawashima T. The autonomic nervous system of the human heart with special reference to its origin, course, and peripheral distribution. *Anatomy and Embryology.* July 2005, Volume 209, Issue 6, p 425-438.
24. Cruz J. Cardiopulmonary effects following endoscopic thoracic sympathectomy for primary hiperhidrosis. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 36 (2009) 491—496.
25. Noppen M. Changes in cardiocirculatory autonomic function after thoracoscopic upper dorsal sympathicolysis for essential hyperhidrosis. *J Auton Nerv Syst* 1996;12(60):115-20.
26. Ponce M. Long-term cardiopulmonary function after thoracic sympathectomy: Comparison between the conventional and simplified techniques. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery,* Volume 139, Number 2.
27. Nitzan M. Respiration induced changes in tissue blood volume distal to occluded artery, measured by photoplethysmography. *J Biomed Opt* 2006; 11:040506.

28. Godje O. Reliability of a new algorithm for continuous cardiac output determination by pulse-contour analysis during hemodynamic instability. Crit Care Med 2002;30(1):52-8
29. Lu W. Research on the main elements influencing blood pressure measurement by pulse wave velocity. Front Med Biol Eng 1992; 4:189-99