

## TÍTULO

**Índice de perfusión y fatiga metabólica en una reanimación simulada en entorno con riesgo biológico**

## LISTA DE AUTORES

F. Martín Rodríguez<sup>1,2</sup>, C. Escudero Cuadrillero<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Servicio de Emergencias Sanitarias de Castilla y León SACYL.*

<sup>2</sup> *Centro de Simulación Clínica Avanzada. Facultad de Medicina. Universidad de Valladolid*

Autor de correspondencia:

Francisco Martín Rodríguez, PhD.

[fmartin@saludcastillayleon.es](mailto:fmartin@saludcastillayleon.es)

## PALABRAS CLAVE

- EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS.
  - ASISTENCIA.
  - PROTECCIÓN EN DESASTRES.
  - ÍNDICE DE PERFUSIÓN.
  - RESUCITACIÓN CARDIOPULMONAR.
-

## INTRODUCCIÓN

Resulta cada vez más habitual, en los últimos tiempos, asistir a numerosos incidentes —bien provocados, o bien fortuitos—, que generan situaciones de emergencia colectiva en las que se encuentran inmersas ciertas sustancias con riesgo nuclear, biológico o químico (1).

Algunos de los sucesos acaecidos con víctimas en masa, tales como los recientes atentados de Barcelona, Londres, París o Bruselas, nos enfrentan a nuevas situaciones con nuevos escenarios inestables, donde los SEM deben empezar a trabajar bajo nuevos estándares, en los que deben primar tanto la seguridad propia como la seguridad del entorno (2).

Trabajar con equipos de protección individual (EPI) adaptados al riesgo supone el manejo de materiales nuevos o poco conocidos, en el mejor de los casos, aunque en muchas ocasiones resulta probable que los profesionales deban emplear equipos desconocidos o para los que no han obtenido la formación pertinente. No solo se debe manejar la patología médica o quirúrgica de los afectados, sino que es necesario tener en mente otros factores como la contención del incidente, la descontaminación o el manejo masivo de heridos y/o contaminados; todo ello bajo un estricto nivel de protección.

Una vez expuestos los antecedentes, y tras una búsqueda bibliográfica exhaustiva, no ha sido posible encontrar ningún estudio que relacione el uso de EPI en los trabajadores de la salud y los efectos que estos equipos provocan en dichos profesionales.

Estudios como el de Joseph T. Costello (3) tratan de explicar los efectos del uso de equipos específicos contra agentes químicos y antifragsión, y cómo se comporta el organismo a nivel de estrés psicológico, poniendo a 12 voluntarios a prueba, y observando su comportamiento a nivel de estrés, temperatura y peso. Otros estudios (4) valoran aspectos parciales, como el uso de mascarillas de protección, uso de trajes, o la relación continuada de determinados riesgos y sus efectos sobre la salud de los trabajadores.

Sin embargo, por todo lo anteriormente mencionado, se plantea que podría resultar muy útil estudiar y describir qué efectos provoca el uso de equipos de protección individual frente a agentes biológicos sobre los trabajadores de la salud, e intentar relacionar determinadas constantes vitales y/o mediciones y sus alteraciones con la mayor o menor predisposición fisiológica al uso de dichos equipos.

## **OBJETIVOS**

La hipótesis de partida de este trabajo, por tanto, se basa en intentar determinar el nivel de tolerancia fisiológica aceptable del uso de equipos de protección individual contra agentes biológicos, portando una equipación nivel D en función del índice de perfusión.

- El objetivo general es describir el comportamiento del índice de perfusión, así como su afectación sobre el estrés físico a este parámetro.
- El objetivo específico es comprobar la existencia de un patrón de mala tolerancia fisiológica al uso del equipos de protección nivel D, categoría 4-5-6B para la actuación en incidentes con riesgo biológico objetivado mediante la medición del índice de perfusión antes y después de una reanimación simulada

## METODOLOGÍA

El tipo de investigación que se ha llevado a cabo se trata de un estudio cuasi-experimental no controlado sobre 96 voluntarios elegidos mediante un muestreo aleatorio estratificado por sexo, nivel de formación y categoría profesional, de una muestra de oportunidad de 164 voluntarios.

Los participantes en el estudio son individuos seleccionados de entre todos aquellos voluntarios que han mostrado su interés en participar en el estudio. Para la elaboración del presente estudio se ha tomado una muestra  $n$  de 100 voluntarios; por lo tanto, el tamaño muestra válido para el estudio es de 96 sujetos: 40 hombres y 56 mujeres.

De entre todos los voluntarios que mostraron su disposición a participar en el estudio (167 en total) se realizó un sorteo aleatorio por conglomerados, distribuyendo la muestra de la siguiente manera:

- Se intentó distribuir la muestra al 50 % entre hombres y mujeres.
- A su vez, de cada uno de estos subgrupos, 50 % de grado y 50 % profesionales activos.
- De todos los alumnos de grado, 50 % estudiantes del Grado de Enfermería y 50 % de la Licenciatura de Medicina.
- Del subgrupo de profesionales, 50 % de personal de Urgencias Hospitalarias y 50 % de Emergencias Sanitarias.
- Por último, del subgrupo de Urgencias o Emergencias, se ha intentado distribuir por categorías profesionales, es decir, 50% Grados en Enfermería y 50% Licenciados en Medicina.

De los voluntarios seleccionados, se considera apta para realizar el estudio cualquier persona entre 18 y 65 años, que pertenezca a alguno de los subgrupos anteriormente descritos y que no coincidiera con ningún criterio de exclusión. Se consideró criterio de exclusión la presencia de alguna de estas alteraciones:

- Frecuencia cardíaca basal mayor de 150 latidos por minuto.
- Tensión arterial sistólica mayor de 160 mmHg.
- Tensión arterial diastólica mayor de 95 mmHg.
- Índice de masa corporal mayor de 40.
- Impotencia funcional.
- Glucemia capilar por debajo de 65 mg/dl.
- Hemoglobina capilar menor de 8 gr.

- Temperatura mayor de 38° C.
- Cirugía mayor 30 días anteriores.
- Epilepsia.
- Anticoagulación.
- Deficiencia auditiva severa.
- Deficiencia visual severa.

El presente estudio se ha llevado a cabo en una situación tipo o controlada. La situación tipo sobre la que se pretende testar la repercusión fisiológica de este tipo de equipamiento consta de las siguientes secciones:

En primer lugar, se realiza un examen de salud previo al equipamiento. A continuación, y bajo supervisión, se equipa con un EPI tipo para esta clase de riesgos, y el sujeto entra a una habitación con atmósfera controlada (superficie de  $\approx 20 \text{ m}^2$ , temperatura de 30° C, humedad cercana al 50%, y buena iluminación). Una vez dentro de la habitación deberá realizar un caso guiado sobre un maniquí de simulación avanzada. Todos los voluntarios realizarán las mismas técnicas y darán masaje cardiaco (punto de máximo esfuerzo) durante dos minutos seguidos.

Cuando el voluntario haya realizado el caso, se esperará tres minutos para permitir la recuperación y se procederá a la descontaminación y retirada controlada del equipo bajo supervisión, para realizar inmediatamente otra evaluación de constantes vitales.

La toma de IP se realiza antes de la prueba simulada y 10 minutos después de la retirada del equipo.

La duración estimada del caso con cada sujeto es de dos horas, distribuidas de la manera indicada en la subsiguiente tabla:

*Tabla 1. Cronograma del caso/estudio*

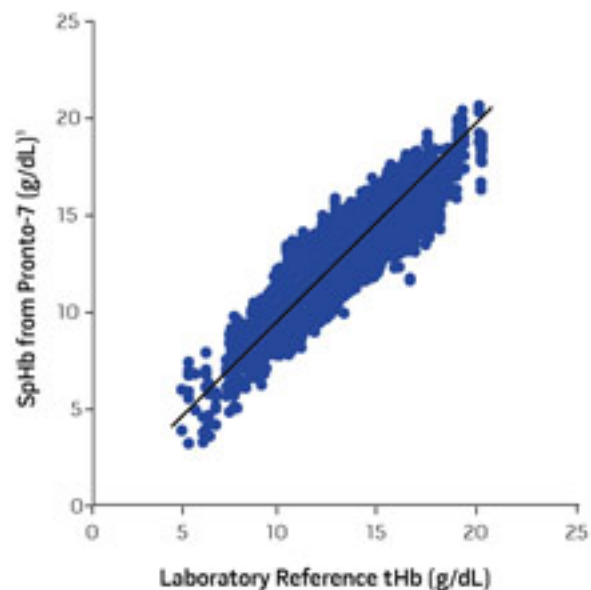
<b>Tiempo (minutos)</b>	<b>Acciones a realizar</b>
5	Recepción de voluntarios
5	Filiación y entrega de documentación
5	Firma del consentimiento informado
10	Historia médica
5	Estudio antropométrico y de bioimpedancia
5	Toma inicial de constantes vitales
5	Determinación inicial de IP
5	Explicación del procedimiento
10	Colocación del EPI
30	Realización del caso práctico
10	Retirada del EPI

10	Toma de constantes finales.
5	Determinación final de IP

Para determinar los valores del índice de perfusión se ha utilizado el monitor multiparamétrico marca MASIMO modelo Pronto 7, con versión de software b99e8000004ef796 (2.2.15), y versión de revisión del sensor a83f90f0000c53f2.

En 11.335 comparaciones de mediciones de SpHb y mediciones invasivas de hemoglobina (tHb) de un dispositivo de referencia de laboratorio, la precisión de SpHb fue la siguiente:

- Sesgo de  $-0,02$  g/dl.
- Precisión ARMS de  $0,99$  g/dl.
- Entre  $6$  y  $12$  g/dl, con un porcentaje mayor del  $95\%$  de las lecturas de SpHb, estuvo dentro de  $2$  g/dl del valor de tHb de laboratorio.
- Entre  $12$  y  $18$  g/dl, con un porcentaje mayor del  $95\%$  de las lecturas de SpHb, estuvo dentro de  $2$  g/dl del valor de tHb de laboratorio.



*Figura 1. Desviación entre los valores de hemoglobina total en laboratorio y con el dispositivo MASIMO Pronto 7*

Este estudio ha sido evaluado y autorizado previamente por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario Río Hortega, con informe favorable de fecha 7 de abril de 2016.

## RESULTADOS

En la Figura 2 se pueden observar las medias de los índices de perfusión basal e índices de perfusión basal posteriores a la prueba en los grupos de estudio. Se encontraron significativos los incrementos absolutos de la media de IP, en todos los grupos de estudio (Tabla 2), siendo en pregrado de Enfermería de 3,3 (IC95% 1,1;5,5), en el pregrado de Medicina de 3,8 (IC95% 2,7;4,9), en enfermeros de 3,8 (IC95% 2,2;5,4) y en médicos de 2,1 (IC95% 1,0;3,1).

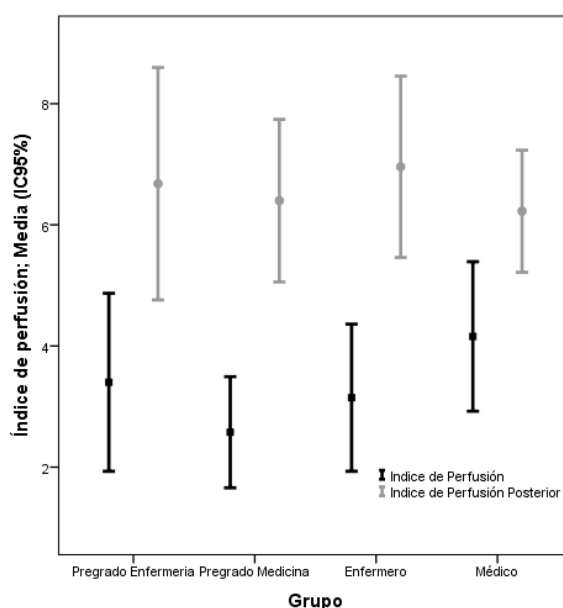


Figura 1. Valores medios del índice de perfusión por grupos de estudio, antes y después de la prueba

Tabla 2. Variación media del índice de perfusión por grupos de estudio, antes y después de la prueba

Grupo	Índice de perfusión	Media	DE	Efecto medio	absoluto	IC95%	p
Pregrado Enfermería	Posterior	6,7	4,5	3,3		1,1 5,5	0,006
Pregrado Medicina	Posterior	6,4	3,3	3,8		2,7 4,9	0,000
Enfermero	Posterior	7,0	3,6	3,8		2,2 5,4	0,000
	Basal	3,1	2,9				
Médico	Posterior	6,2	2,3	2,1		1,0 3,1	0,000
	Basal	4,2	2,8				

Con el fin de evaluar las variables asociadas a los IP tanto basal, como posterior y su variación se correlacionaron con las variables estudiadas (Tablas 3, 4 y 5). Los IP basal ( $r=0,23$ ;  $p=0,03$ ) y posterior ( $r=0,23$ ;  $p=0,03$ ) correlacionaron de forma directa con la cantidad de alcohol consumida, pero no la variación del IP ( $r=0,04$ ;  $p=0,72$ ).

El IP posterior se correlacionó con la talla ( $r=0,21$ ;  $p=0,04$ ), con el perímetro de cuello ( $r=0,24$ ;  $p=0,02$ ), con la masa muscular ( $r=0,24$ ;  $p=0,02$ ), con la masa ósea ( $r=0,24$ ;  $p=0,02$ ) y con el peso ideal ( $r=0,21$ ;  $p=0,04$ ).

La frecuencia cardiaca en reposo correlacionó de forma inversa con el IP posterior ( $r=-0,26$ ;  $p=0,01$ ) y su variación ( $r=-0,23$ ;  $p=0,01$ ), al igual que la frecuencia cardiaca real ( $r=-0,26$ ;  $p=0,01$ ) y la saturación de oxígeno ( $r=-0,27$ ;  $p=0,01$ ). El tiempo de ergometría ( $r=0,23$ ;  $p=0,02$ ) correlacionó de forma directa con el IP posterior y la variación del mismo ( $r=0,25$ ;  $p=0,02$ ). Cabe destacar que la glucemia basal correlacionó de forma inversa con la variación de IP ( $r=-0,21$ ;  $p=0,04$ ).

*Tabla 3. Correlaciones de los parámetros cuantitativos con los índices de perfusión, antes y después de la prueba, así como su variación absoluta*

		Índice de perfusión	Índice de perfusión posterior	Variación índice de perfusión
Edad	r	0,19	0,01	-0,14
	p	0,07	0,92	0,19
Experiencia laboral	r	0,20	0,03	-0,12
	p	0,06	0,78	0,23
Horas desde la última ingesta	r	-0,13	-0,19	-0,08
	p	0,22	0,06	0,43
Horas de sueño	r	0,10	0,14	0,05
	p	0,32	0,17	0,61
Cantidad de alcohol consumida	r	0,23*	0,23*	0,04
	p	0,03	0,03	0,72
Número de cigarrillos/día	r	-0,07	-0,05	0,01
	p	0,47	0,66	0,89
Años de tabaquismo	r	0,11	0,09	-0,01
	p	0,26	0,40	0,94



*Tabla 4. Correlaciones de los parámetros antropométricos cuantitativos con los índices de perfusión, antes y después de la prueba, así como su variación absoluta*

		Índice de perfusión	Índice de perfusión posterior	Variación índice de perfusión
Talla	r	0,20	0,21*	0,04
	p	0,05	0,04	0,68
Perímetro del pecho	r	0,16	0,10	-0,03
	p	0,11	0,33	0,75
Perímetro de cintura	r	0,27**	0,13	-0,09
	p	0,01	0,21	0,39
Perímetro de cadera	r	0,18	0,08	-0,07
	p	0,08	0,46	0,52
Perímetro de cuello	r	0,25*	0,24*	0,03
	p	0,01	0,02	0,77
Contorno de muñeca	r	0,32**	0,14	-0,11
	p	0,00	0,18	0,27
Contorno del brazo	r	0,32**	0,17	-0,09
	p	0,00	0,10	0,40
Peso	r	0,17	0,16	0,02
	p	0,09	0,12	0,87
Grasa corporal	r	-0,15	-0,14	-0,01
	p	0,15	0,18	0,91
Masa muscular	r	0,24*	0,24*	0,04
	p	0,02	0,02	0,70
Masa ósea	r	0,25*	0,24*	0,03
	p	0,02	0,02	0,74
IMC	r	0,12	0,09	-0,01
	p	0,25	0,39	0,93
Peso ideal	r	0,20	0,21*	0,04
	p	0,05	0,04	0,68
Peso ideal corregido	r	0,17	0,18	0,04
	p	0,10	0,07	0,68

\*p<0,05 \*\* p<0,01

Tabla 5. Correlaciones de los parámetros fisiológicos cuantitativos con los índices de perfusión, antes y después de la prueba, así como su variación absoluta

		Índice de perfusión	Índice de perfusión posterior	Variación índice de perfusión
Frecuencia cardíaca en reposo	r	-0,01	-0,26*	-0,23*
	p	0,89	0,01	0,02
Frecuencia cardíaca real	r	0,01	-0,26*	-0,25*
	p	0,91	0,01	0,02
Presión arterial sistólica	r	0,04	0,17	0,12
	p	0,68	0,10	0,23
Presión arterial diastólica	r	-0,11	-0,13	-0,04
	p	0,30	0,21	0,71
Frecuencia respiratoria	r	0,11	-0,05	-0,13
	p	0,30	0,60	0,19
Temperatura	r	-0,16	0,00	0,12
	p	0,11	0,99	0,23
Hemoglobina	r	0,37**	,215*	-0,08
	p	0,01	0,04	0,41
Saturación de oxígeno	r	-0,53**	-0,27**	0,16
	p	0,00	0,01	0,12
Frecuencia cardíaca máxima (Tanaka)	r	-0,19	-0,01	0,14
	p	0,07	0,92	0,19
Umbral anaeróbico teórico (86%)	r	-0,19	-0,01	0,14
	p	0,07	0,92	0,19
Glucemia basal	r	0,44**	0,14	-0,21*
	p	0,00	0,18	0,04
Lactato basal	r	0,07	0,09	0,03
	p	0,52	0,39	0,77
Tiempo de la ergometría	r	-0,04	,233*	,248*
	p	0,70	0,02	0,02

\*p<0,05 \*\* p<0,01

Se ajustó un modelo de regresión lineal para explicar las variables asociadas al IP posterior ajustado por los datos basales de IP. Se incluyeron en el modelo las variables correlacionadas con la IP posterior, así como aquellas que confundían por la distinta distribución en los grupos de estudio.

No se encontraron diferencias entre grupos o en subgrupos.

De un total de 96 sujetos de estudio, 14 voluntarios (un 15,60 %) presentaron un IP posterior inferior al previo. De estos 14 sujetos, 13 tenían un cuestionario de actividad física nivel sedentario, uno con actividad moderada, y ningún voluntario con nivel de actividad alto presentó menos IP final que inicial. Los sujetos con un nivel de actividad alto o moderado presentaron una buena capacidad de adaptación al ejercicio físico, por el contrario, los sujetos con bajo nivel de actividad presentaron una peor tolerancia al estrés fisiológico, de hecho, de 49 voluntarios en total con nivel de actividad sedentario, 13 disminuyeron su nivel de IP —un 27%— (ver Figura 3).

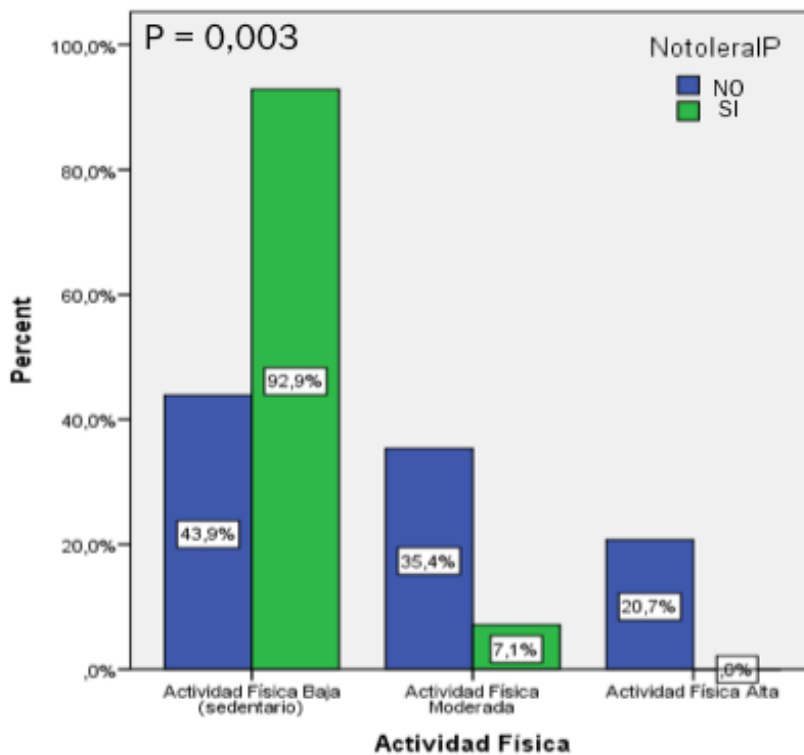


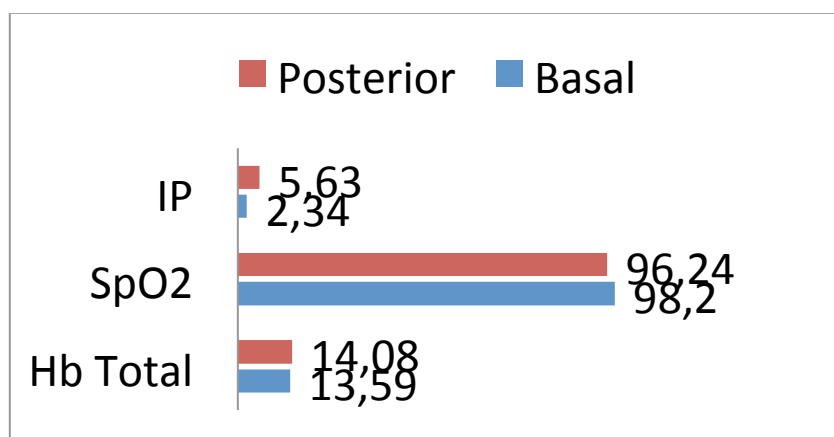
Figura 3. Distribución de la variación del índice de perfusión en función del nivel de actividad física

## DISCUSIÓN

El índice de perfusión se trata de una medida indirecta, no invasiva y continua, que proporciona información muy útil en distintos contextos clínicos. Este parámetro se refiere a la relación entre el flujo sanguíneo pulsátil y no pulsátil en los tejidos periféricos, de modo que un IP alto significa vasodilatación, y un IP bajo, vasoconstricción. La medición del IP es independiente de otras variables fisiológicas tales como FC, SpO<sub>2</sub>, consumo de oxígeno o temperatura, dato que hace todavía más relevante el estudio de este parámetro.

El abanico de situaciones clínicas en las que el IP ha demostrado su utilidad incluye la monitorización de la efectividad de la anestesia epidural, en neonatos en estado crítico, para la estimación de la administración de volumen en pacientes con trauma grave, en estados de sepsis, o en cirugías de reimplante y después de *bypass* cardiopulmonar, para la evaluación de la perfusión periférica.

No existen estudios suficientes que avalen el uso del IP en personas sanas, pero toda la bibliografía consultada (5) concluye que un alto IP origina vasodilatación y buena perfusión, y un bajo IP provoca vasoconstricción y mala perfusión. Extrapolando estos datos, podemos concluir que, en la muestra de estudio que nos ocupa, los voluntarios que presentan menos IP al finalizar que al comenzar no toleran bien el esfuerzo que supone el caso clínico; además, se ha encontrado un patrón común en el comportamiento de la hemoglobina total y de la saturación de oxígeno.



*Figura 4. Patrón de comportamiento de IP, SpO<sub>2</sub> y Hb total, determinaciones basal y final*

Un 15% de los voluntarios presentaron un IP posterior inferior al previo, lo que se traduce en una situación de vasoconstricción periférica después de la realización del ejercicio físico que supuso el caso clínico, cuando lo esperable era una vasodilatación para aumentar la perfusión. De estos 14 sujetos, 13 tenían un cuestionario de

actividad física nivel sedentario, uno con actividad moderada, y ningún voluntario con nivel de actividad alto presentó menos IP final que inicial. Los sujetos con un nivel de actividad alto o moderado presentaron una buena capacidad de adaptación al ejercicio físico; por el contrario, los sujetos con bajo nivel de actividad dieron muestras de una peor tolerancia al estrés fisiológico.

## **APLICACIÓN PRÁCTICA**

Un 15,60% de los sujetos del estudio no aumentan su índice de perfusión posterior con respecto al inicial, estos sujetos además presentan un peor perfil metabólico y muscular. Podemos afirmar, por lo tanto, que, para la muestra estudiada, un descenso del IP, después del ejercicio, es un parámetro de mala tolerancia fisiológica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Veenema TG, Losinski SLA, Hilmi LM. Increasing Emergency Preparedness. *AJN, American Journal of Nursing*. 2016 Enero; 116(1): p. 49–53.
2. Service-Médical-du-RAID. Tactical emergency medicine: lessons from Paris marauding terrorist attack. *Critical care*. 2015 December; 20(37).
3. Costello JT. The Effects of Metabolic Work Rate and Ambient Environment on Physiological Tolerance Times While Wearing Explosive and Chemical Personal Protective Equipment [Revista].; 2015 [doi: 10.1155/2015/857536].
4. Rim KT, Lim CH. Biologically Hazardous Agents at Work and Efforts to Protect Workers' Health: A Review of Recent Reports. *Safety and Health at Work*. 2014 June; 5(2): p. 43-52.
5. Fryer S, Stone KJ, Sveen J, Dickson T, España-Romero V, Giles D, et al. Differences in forearm strength, endurance, and hemodynamic kinetics between male boulderers and lead rock climbers. *Eur J Sport Sci*. 2017 July 28; 1(7).