

# ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES A LA PERMANENCIA PROLONGADA EN AGUA SUBTERRÁNEA

## CARDIOVASCULAR ADJUSTMENTS PROLONGED PERIODS OF TIME IN UNDERGROUND WATER

### RESUMEN

La espeleología obliga a la permanencia prolongada en corrientes de agua subterránea y la modificación de las condiciones ambientales en las que ha de practicarse influye en el desarrollo de la actividad deportiva y puede traducirse en la aparición de "fatiga". Este contacto permanente con el agua subterránea supone la activación de mecanismos de adaptación cuya valoración es preciso contemplar en el momento de programar exploraciones prolongadas. Objetivo: observar el comportamiento de variables cardiovasculares tras la permanencia en agua subterránea en deportistas habituales de esta especialidad y en condiciones de conocimiento previo de la cavidad para intentar minimizar, en lo posible, el impacto de "territorio desconocido" y "exploración de cavidad".

Material y métodos: tras un reconocimiento médico inicial y una exploración física detallada se selecciona un conjunto de 24 espeleólogos y se les somete a una prueba real de exploración, sobre cavidad conocida, que obliga a la permanencia en agua subterránea. Entran en la cavidad tras registrar frecuencia cardiaca, tensión arterial, capacidad ventilatoria forzada y oscilometría de flujos arteriales. Tras un periodo globalmente homogéneo de estancia en la misma se procede a una salida programada de la cavidad y se repiten los controles efectuados a la entrada.

Resultados: existe tendencia al aumento de la frecuencia cardiaca y de la tensión arterial diastólica. Asimismo, creemos en la posible activación de un mecanismo de adaptación relacionado con la distribución de flujos arteriales en las extremidades inferiores. No hemos hallado variaciones significativas de capacidad ventilatoria forzada o tensión arterial sistólica.

Conclusiones: podemos afirmar que la permanencia prolongada en agua subterránea provoca un aumento de la tensión arterial diastólica y un fenómeno de redistribución del flujo arterial caracterizado por la existencia de un aumento de potencia del flujo sanguíneo, consecuencia de una posible vasoconstricción selectiva y evidenciada en la oscilación provocada por el flujo en el oscilómetro de Reklinghausen, en las arterias principales que se asocia a una relativa centralización de la circulación.

Junto a ello podemos concluir que la existencia previa de hipertensión arterial o prehipertensión se traduce en la agravación del cuadro y en la posible aparición de crisis hipertensivas graves.

**Palabras clave:** Espeleología. Frecuencia cardiaca. Tensión arterial. Agua subterránea.

### CORRESPONDENCIA:

Julio Martínez Flórez. Marqués de Murrieta 35, 3º B. 26005 Logroño

**Aceptado:** 26-09-2002

### SUMMARY

Speleology requires that long periods of time be spent in underground water currents and the modification of the environmental conditions where it is practiced influences the practice of this sport and can lead to "fatigue". This constant contact with water underground activates certain adjustment mechanisms that must be precisely assessed when programming prolonged explorations.

Objective: To observe the behavior of cardiovascular variables in athletes who regularly practice this specialty after remaining in underground water and having prior knowledge about the cave in an attempt to minimize the impact of the "unknown territory" and "cave exploration", as much as possible.

Material and methods: Following an initial medical interview and detailed physical examination, a group of 24 speleologists is selected and submitted to a real exploration test of a cave they are familiar with, requiring that they remain in underground water. They enter the cave after their heart rates, blood pressure, forced vital capacity, and oscillations in arterial blood flow are recorded. After remaining in the cave in overall homogeneous conditions, they carry out a programmed exit, and the controls that had been performed prior to entering the cave, are then repeated.

Results: There tends to be an increase in heart rate and diastolic blood pressure. We also believe that an adjustment mechanism related to arterial flow distribution is possibly activated in the lower limbs. We have not observed significant variations in forced vital capacity or systolic blood pressure.

Conclusions: We are able to state that prolonged periods of time spent in underground water raises diastolic blood pressure and causes a redistribution of arterial flow characterized by an increase in the force of blood flow. This may be due to selective vasoconstriction in the main arteries and is manifested in the oscillation in flow seen on the Reklinghausen machine and associated to a relative centralization of circulation.

We can also conclude that pre-existing high blood pressure or pre-hypertensive states are aggravated and serious hypertensive episodes can emerge.

**Key words:** Speleology. Heart rate. Blood pressure. Underground water

**Julio  
Martínez  
Flórez**

**Luis Lapuerta  
Irigoyen**

**P. Díez  
Ripollés**

**Hospital  
General  
de Soria**

## INTRODUCCIÓN

Desconocida a principios del siglo XX, la espeleología ha alcanzado un importante desarrollo en la actualidad. La evolución de las técnicas y de los medios de progresión han posibilitado el acceso y la exploración de cavidades que no hace demasiado tiempo resultaban inaccesibles. Los espeleólogos, “empujados siempre más allá” por un espíritu de aventura y de deseo de descubrir redes vírgenes de galerías, hemos atravesado sifones con la ayuda de escafandras autónomas, hemos nadado o atravesado remando corrientes subterráneas de agua o nos hemos calzado los “esquíes de travesía” para alcanzar cavidades situadas en el entorno de la alta montaña. El desarrollo técnico de los diferentes utensilios que utilizamos en nuestras visitas al mundo subterráneo ha sido constante y, parece demostrado, la inventiva humana para superar obstáculos no tiene fin. Sin embargo, a pesar del entrenamiento constante, la principal máquina con la que contamos, nuestro propio cuerpo, tiene limitaciones y recursos finitos cuya falta de contemplación se configura como el principal factor que origina la mayoría de los accidentes que ocurren en nuestro deporte.

Las primeras experiencias sobre fisiología humana que se realizaron en el medio subterráneo presentaron evidentemente una falta sistemática de rigor científico, acumulando una gran cantidad de datos con resultados fragmentarios. Sin embargo, en la actualidad existen trabajos tan meritorios como los realizados por Guillaume y Kergomar<sup>1</sup> sobre balances energéticos y sufrimiento celular muscular, Blanchard<sup>2</sup> sobre función cardiovascular, Bouvard<sup>3</sup> sobre las necesidades hídricas y energéticas en la espeleología, Dulanto sobre la patología del arnés<sup>4</sup> o nosotros mismos sobre perfiles de rendimiento cardiovascular<sup>5,21</sup> o la Muerte Súbita en espeleología<sup>20</sup>. Trabajos sobre este campo van realizándose paulatinamente y aunque aún no contamos con síntesis adecuadas, sí que podemos revisar muchos de sus resultados en la excelente tesis doctoral publicada por Pierre Saumande en 1973-1974<sup>6,7</sup>.

El análisis de los datos obtenidos de estos trabajos y su aplicación al estudio de los accidentes que se producen en nuestro deporte nos ofrece consideraciones que sin duda nos han de mover a profundizar en la obtención de datos sobre fisiología humana que nos permitan establecer recomendaciones a la actividad de nuestros espeleólogos.

Basándonos en los resultados publicados por Daniel Martínez en la revista *Spelunca* y referidos a los accidentes ocurridos en Francia entre 1940 y 1985<sup>8</sup>, podemos observar que al menos el 32% son debidos a factores humanos y el 5,9% se achacan a impericia o aturdimiento. El resto de los accidentes se relacionan con problemas derivados de la escalada libre (15,4%), de la rotura de material (12%) o con otras causas no relacionadas con el factor humano del deporte. De esta o de cualquier otra estadística consultada se puede concluir afirmando que el factor humano en la producción de accidentes en espeleología resulta un componente fundamental y, a nuestro juicio, la concurrencia de malfunción física y psíquica de cualquiera de los sistemas de nuestro organismo es muchas veces la causa de producción de los mismos.

## OBJETIVOS

Con el concurso de espeleólogos entrenados y buscando cavidades adecuadas hemos pretendido estudiar algunas de las respuestas fisiológicas producidas tras la permanencia prolongada en aguas subterráneas, ya que en nuestro deporte la exploración de cavidades que contengan corrientes de agua o lagos resulta un hecho habitual.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Durante los años 2000 y 2001 y tras un periodo de reconocimientos médicos efectuados a los miembros del Grupo Espeleológico Cameros (Logroño, La Rioja) realizamos la elección de un grupo de 24 miembros del citado grupo cuya característica fundamental era la práctica habi-

tual de este deporte, la existencia de una experiencia superior a diez años y la ausencia de patología que supusiera contraindicación para la realización de esfuerzos físicos en las cavidades. Las características antropométricas de la población sometida a estudio nos permiten afirmar la presencia de un grupo relativamente homogéneo con una edad media de 29,75 años (Desvío estándar: 8,94), con un peso de 66,93 kilogramos (D.S. 9,39) y una talla media de 170 centímetros (D.S. 0,08).

Tras un reconocimiento médico efectuado en laboratorio de cardiología (anamnesis, exploración física y electrocardiograma basal), se practicó a todos los participantes una prueba de esfuerzo en bicicleta ergométrica según protocolo de Astrand modificado, con series de esfuerzo de tres minutos de duración, velocidad fija de 40 r.p.m. y cargas crecientes de 50, 100, 150, 200 y 250 vatios, para finalizar con una serie de reposo activo –sin carga y a velocidad libre– de tres minutos. La elección de los modelos y los protocolos han respondido al análisis de la bibliografía que sobre esta prueba hemos consultado<sup>9,22,23</sup> y a la adaptación del protocolo que nos ha parecido más adecuado y fácilmente reproducible. Los resultados medios de esta prueba se exponen en las Tablas 1 (Frecuencia cardiaca), 2 (Tensión arterial sistólica) y 3 (Tensión arterial diastólica).

Desde el punto de vista técnico, el 75% de los participantes han superado la frecuencia cardiaca teórica máxima, el 12,5% han superado el 90% de la frecuencia cardiaca teórica máxima y otro 12,5% han superado el 80% de dicha F.C. Teórica máxima.

Aceptando los criterios defendidos por el Joint National Committee<sup>10</sup> que sitúa los límites normales de la tensión arterial sistólica en 130-139 milímetros de mercurio y de 85-89 mmHg para la tensión arterial diastólica, observamos que la muestra seleccionada presenta tres individuos que mantienen una tensión arterial sistólica basal superior a 140 mmHg y que tan sólo uno de ellos muestra una tensión arterial diastólica basal superior a 90 mmHg (92 mmHg). El

análisis de las cifras propuestas nos conduce a pensar en la existencia de tres individuos (12,5%) que podríamos considerar como incluidos en el conjunto de la hipertensión arterial límite (Borderline Hypertension). El desarrollo de la prueba de esfuerzo sólo nos permite asistir a la presencia de un único individuo (4,16%) que presenta una respuesta hipertensiva franca (TAS: 220 mmHg y TAD: 100 mmHg).

Tras realizar este previo protocolo de revisión médica, realizado en laboratorio de cardiología, hemos escogido una cavidad natural que reuniera los siguientes requisitos:

1. Cavidad a la que todos los espeleólogos participantes hubieran acudido al menos en dos ocasiones.

	FC0	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6
Media	78.87	123.62	146.87	176.00	183.20	202.66	132.00
Desv. ST	10.06	16.28	21.94	23.31	9.36	16.56	7.21
Mínimo	65.00	102.00	126.00	155.00	170.00	187.00	126.00
Mediana	78.50	120.00	137.00	164.00	187.00	201.00	130.00
Máximo	94.00	154.00	183.00	220.00	192.00	220.00	140.00
Moda	65.00	120.00	137.00	155.00	170.00	187.00	126.00

FC: Frecuencia cardiaca; 0,1,2,3,4,5,6: Series consecutivas de esfuerzo en ergometría

**Tabla 1.-**  
Evolución de la frecuencia cardiaca en la ergometría

	PS0	PS1	PS2	PS3	PS4	PS5	PS6
Media	121.75	134.25	143.50	140.00	152.00	136.66	120.00
Desv. ST	18.25	22.07	27.27	39.58	41.47	32.14	36.05
Mínimo	100.00	110.00	100.00	90.00	120.00	100.00	80.00
Mediana	130.00	135.00	140.00	140.00	140.00	150.00	130.00
Máximo	150.00	180.00	190.00	210.00	220.00	160.00	150.00
Moda	130.00	140.00	140.00	140.00	120.00	100.00	80.00

PS: Presión arterial sistólica (mmHg); 0,1,2,3,4,5,6 : Series consecutivas de esfuerzo en la ergometría

**Tabla 2.-**  
Evolución de la tensión arterial sistólica en la ergometría

	PD0	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6
Media	67.75	60.00	57.50	48.57	40.00	40.00	40.00
Desv. ST	12.20	17.72	21.87	24.78	29.15	20.00	10.00
Mínimo	60.00	40.00	40.00	20.00	20.00	20.00	30.00
Mediana	60.00	60.00	50.00	40.00	30.00	40.00	40.00
Máximo	92.00	90.00	100.00	100.00	90.00	60.00	50.00
Moda	60.00	60.00	40.00	40.00	20.00	20.00	30.00

PD: Presión arterial diastólica (mmHg); 0,1,2,3,4,5,6 : Series consecutivas de esfuerzo en ergometría

**Tabla 3.-**  
Evolución de la tensión arterial diastólica en la ergometría.

2. Caverna que presentara desarrollo lineal y que no requiriera la utilización de medios de escalada que presuponen la realización de esfuerzos más intensos.
3. Caverna que tuviera la suficiente cantidad de agua para permitir que los participantes permanecieran constantemente dentro del agua (al menos hasta la cintura) durante todo el desarrollo del ensayo.

Con estas premisas previas escogimos una caverna denominada "Sistema Caballos-Valle, sector Valle-Lacanal, tramo Valle-La Playa". Una vez situados en la entrada de la caverna procedimos a realizar un nuevo registro de tensión arterial, un registro doppler de pulsos arteriales en extremidades inferiores y la valoración de la Capacidad Vital Forzada. La exploración eco-

gráfica se realizó con un aparato Esaote (mod. 4210) y sonda multifrecuencia de 7.5-10 megaherzios, con transformación de señal de ultrasonido en audio y en gráfica que nos permitió estudiar la morfología de los vasos y la ausencia de estenosis o dilataciones.

Posteriormente se inició la exploración de la caverna, partiendo sucesivamente los participantes a medida que abandonaban el «box médico». Los valores medios de permanencia en la caverna (introducidos en agua subterránea) ha sido de 201,42 minutos (D.S.: 8.997 minutos).

Los resultados obtenidos para frecuencia cardíaca, tensión arterial y capacidad vital forzada, tanto al inicio de la exploración como al final de la misma, se exponen en la Tabla 6 y su análisis global nos permite extraer las siguientes premisas:

	Basal	Esfuerzo	Significac.	Basal	Esfuerzo	Signific.
Lateral	Derecho	Derecho		Izquierdo	Izquierdo	
Inicio	232.85	234.28	n.s.	242.85	237.14	n.s.
Pico inicio	0.15	0.40	< 0.10	0.10	0.41	< 0.10
Máximo	105.71	117.14	< 0.50	97.14	134.28	< 0.05
Pico máx.	3.00	3.07	n.s.	3.001	2.71	n.s.
Fin señal	22.85	34.28	< 0.05	20.00	37.14	< 0.05
Pico fin	0.10	0.27	< 0.10	0.10	0.15	< 0.50

**Tabla 4.-**  
Características  
oscilométricas inicial  
y final en Arteria  
Poplitea

FC: Frecuencia cardíaca; 0,1,2,3,4,5,6: Series consecutivas de esfuerzo en ergometría

	Basal	Esfuerzo	Significac.	Basal	Esfuerzo	Signific.
Lateral	Derecho	Derecho		Izquierdo	Izquierdo	
Inicio	174.28	182.85	n.s.	126.85	171.42	< 0.05
Pico inicio	0.10	0.10	n.s.	0.10	0.10	n.s.
Máximo	100.00	128.57	< 0.10	100.00	134.28	< 0.05
Pico máx.	1.07	0.72	< 0.05	0.85	0.52	< 0.05
Fin señal	40.00	60.00	< 0.05	40.00	54.28	< 0.10
Pico fin	0.10	0.40	< 0.05	0.10	0.10	n.s.

**Tabla 5.-**  
Características  
oscilométricas inicial  
y final en Arteria  
Tibial posterior

	F.C.L.	TASL	TADL	TAS0	TAD0	FVC0	FC1	TAS1	TAD1	FVC1
Media	78.8	121.7	67.7	134.5	77.1	558.0	82.04	140	88	574
D.S.	10.06	18.25	12.20	20.84	18.79	142.0	14.5	28.84	21.69	157.6

**Tabla 6.-**  
Frecuencia cardíaca,  
tensión arterial  
y capacidad  
ventilatoria inicial  
y final

F.C.L. Frecuencia cardíaca en laboratorio; TAS0 y TAD0 Tensión arterial sistólica y diastólica en boca de caverna; TASL. Tensión arterial sistólica en laboratorio TAS.1 y TAD.1 Tensión arterial sistólica y diastólica a salida de caverna; TAD.L. Tensión arterial diastólica en laboratorio FC1. Frecuencia cardíaca a salida de caverna; FVC0. Capacidad vital forzada a boca de caverna FVC1. Capacidad vital forzada a salida de Caverna

1. No se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los valores de tensión arterial sistólica obtenidos a la entrada de la caverna y los hallados a la salida de la misma.
2. Se aprecia la existencia de una diferencia significativa respecto a la frecuencia cardíaca basal y la obtenida a la salida de la caverna ( $p < 0,001$ )
3. Existe una débil diferencia ( $p < 0,50$ ) para los valores de tensión arterial diastólica obtenidos antes y después de la exploración. La valoración individual de los resultados sí que nos permite constatar la existencia de una tendencia uniforme a la elevación de valores de la tensión arterial diastólica tomados a la salida de la caverna respecto de los obtenidos antes de la entrada.
4. No hallamos diferencias entre los valores medios de Capacidad vital forzada obtenidos antes de iniciar la exploración en caverna y los logrados a la salida de la misma.
5. En el caso de los individuos con hipertensión arterial límite a los que anteriormente

nos hemos referido cabe señalar la existencia de una crisis hipertensiva (4,16%; 200/120 mmHg) y de otro individuo que ha presentado una hipertensión arterial franca (4,6%; 144/102 mmHg).

El análisis de flujos arteriales en extremidades inferiores resulta sumamente complejo y para efectuarlo hemos diseñado un modelo basado en la obtención de seis constantes: presión a la que aparece oscilación y potencia de la misma; presión a la que aparece el pico máximo de oscilación y potencia de dicho pico; presión a la que desaparece la oscilación y pico del mismo<sup>11</sup>. Hemos obtenido estas constantes aplicando el modelo propuesto a nivel de la arteria poplítea de ambas rodillas y a nivel de la arteria tibial posterior de ambos tobillos<sup>12</sup>, antes de iniciar la exploración y al finalizar la misma. La presentación de resultados se ha efectuado mediante la creación de un eje de ordenadas cuyas directrices han sido el eje determinado por el momento de aparición de la pulsación arterial según el oscilómetro de Reklighausen en una progresión continua de 250 a 20 mmHg y un segundo eje determinado por la amplitud de la oscilación según la gradación presentada en el mismo aparato de oscilometría. Los resultados que hemos obtenido se exponen en las Tablas 4 y 5. Analizando los cuadros anteriores podemos establecer las siguientes premisas:

1. Considerando la presión a la que aparece el pulso no encontramos diferencias significativas en ninguno de los registros utilizados, pero sí que observamos una tendencia (débil significación,  $p < 0,10$ ) al aumento de la potencia de la onda de pulso, a nivel de ambas arterias poplíteas. Este hecho no se presenta en relación con la Arteria Tibial posterior.
2. Valorando la potencia máxima de la onda de pulso hallamos una tendencia clara a la aparición más precoz de dicha onda, tanto a nivel de la arteria poplítea como en el caso de la arteria tibial posterior. Respecto a la potencia máxima encontrada no hallamos diferencias significativas con respecto a la

arteria poplítea, pero sí que encontramos un descenso significativo de potencia máxima al referirnos a la arteria tibial posterior.

3. La desaparición de las ondas de pulso también nos ofrecen diferencias significativas. Tanto en el caso de la rodilla como en el del pie hallamos que las ondas de pulso desaparecen más precozmente tras el esfuerzo. Asimismo, encontramos una tendencia que muestra diferentes grados de significación hacia el aumento de la potencia de las ondas de pulso.
4. El análisis conjunto de estos datos parece indicar que la permanencia en agua subterránea provoca un aumento en la potencia de la circulación que se asocia a la existencia de una relativa centralización de flujo que se manifiesta fundamentalmente a nivel de la arteria tibial posterior. Este hecho estaría en concordancia con los resultados presentados por Masoni y Estevan<sup>13</sup> en su tratado referido a enfermedades vasoespásticas y su capítulo referido a "Pie de inmersión", en el que asocia el desarrollo de la arteriopatía citada a la exposición prolongada de las extremidades al agua en condiciones de inmovilización y frío. En la población que hemos estudiado se presentan dos de las condiciones citadas (agua y frío), pero no se ha producido en ningún momento la inmovilización, y sin presentarse en ningún momento síntomas relacionados con dicho síndrome, salvo la presentación de hormigueo, prurito y vasoconstricción local de pequeñas arterias por estimulación directa y refleja del frío.

Parecen demostrados los importantes efectos de la acción vascular del frío: la intensa vasoconstricción y, como consecuencia, la isquemia y la anoxia. Tal como afirma Marcos Becerro<sup>19</sup>, cuando la temperatura externa es menor que la interna, el organismo responde con una vasoconstricción más o menos importante, destinada a poner en contacto con el aire la menor cantidad posible de sangre, para evitar pérdidas de calor. Cuando en vez de aire el fluido que

contacta con la piel es el agua, el enfriamiento es mucho más rápido. Los efectos son, al principio, funcionales y reversibles, pero después llegan a producirse lesiones orgánicas que hacen irreversible el trastorno. En la acción del frío pueden distinguirse dos fases. La primera, que es la que nos interesa en este momento, se caracteriza por el espasmo vascular y la consiguiente afectación de los flujos arteriales distales y, según la mayoría de los datos consultados<sup>14</sup>, dicha vasoconstricción depende, en buena parte, de la respuesta refleja defensiva contra la pérdida de calor. Se han observado efectos favorables, durante esta primera fase, por la infiltración anestésica del simpático. De acuerdo con estos datos, creo que resulta lícito relacionar la acción del frío y la humedad con las respuestas presoras directamente ocasionadas por la activación del sistema nervioso simpático, que se traducirían en la elevación significativa de la frecuencia cardíaca, de la tensión arterial diastólica (muy relacionada con el estado de las arteriolas) y con la disminución del flujo arterial distal en aras de disminuir la pérdida de calor. Esta actuación del sistema nervioso simpático desempeña un papel crítico en la regulación de la presión arterial a corto plazo y, según la bibliografía existente<sup>15</sup>, se ejerce segundo a segundo con la modulación de la actividad de las neuronas simpáticas postganglionares y cardiovagales. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que la regulación nerviosa es el resultado de los efectos de las descargas de las neuronas simpáticas postganglionares, y que éstas derivan a su vez de las neuronas preganglionares de la médula espinal. Aunque antiguamente se creyó que estas últimas descargaban en masa, se acepta hoy que su descarga es altamente diferenciada, con vasoconstricción en determinados lechos y con patrones adecuados para diferentes comportamientos y este hecho puede traducirse en una relativa ausencia de cambios netos en la presión arterial. Bajo este punto de vista, resulta comprensible el he-

cho de que la respuesta simpática “a corto plazo” desencadenada por la exposición limitada al frío y a la humedad podría desencadenar la existencia de una elevación de la frecuencia cardíaca asociada a una activación simpática local que se traduciría en una elevación de la tensión arterial diastólica que contrastaría con una momentánea estabilidad de la presión arterial sistólica.

## RESULTADOS

Tras la finalización de este estudio preliminar y el análisis de resultados podemos afirmar que la permanencia prolongada en aguas subterráneas, hecho común en la práctica de la espeleología, provoca reacciones de adaptación fisiológica en el territorio cardiovascular que han de ser valoradas en la programación de exploraciones espeleológicas de especial dificultad. Asimismo, que hemos de establecer contraindicación para la práctica de esta modalidad deportiva en aquellos casos en los que existan determinadas patologías, como es el caso de la hipertensión arterial o el de las arteriopatías periféricas. A la vista de los resultados obtenidos creemos que la permanencia prolongada en agua subterránea ocasiona una aceleración del flujo arterial que se asocia a una relativa centralización de la circulación sanguínea, hecho este que se traduce en la tendencia a la existencia de una elevación significativa de la tensión arterial diastólica.

Esta conclusión nos permite establecer como contraindicación firme para la práctica de esta especialidad la existencia de un cuadro de hipertensión arterial, ya que ello puede condicionar la aparición de una crisis hipertensiva que puede suponer un riesgo vital para el individuo. Asimismo, la presencia de una arteriopatía periférica puede traducirse en la presentación de un cuadro de oclusión arterial aguda.

**B I B L I O G R A F I A**

1. **Guillaume F, Kergomar O.** Spéléologie, modifications biologiques au cours de l'effort, médicalisation des secours. *TH Méd* 1977;128.
2. **Blanchard JM.** Contribution à l'étude de l'épuisement du spéléologue en milieu souterrain. Application de la nécessité de la médicalisation des secours souterrains á un projet de création d'une antenne souterraine du SAMU 37. *TH Méd* 1982;131:231.
3. **Bouvard G.** Pertes hydriques et dépense énergétique au cours d'une exploration spéléologique. *TH Méd* 1983;83:10.
4. **Dulanto Pérez D.** El síndrome del arnés. Actas del VI Congreso Español de Espeleología. La Coruña, 10-12 octubre de 1992. Federación Galega de Espeleoloxía, 1993:205-13.
5. **Belarra Gorrochategui E, Díez Ripolles P, Lapuerta Irigoyen L, Martínez Flórez J.** Valoración funcional en laboratorio del espeleologo. Actas del 7º Congreso Español de Espeleología. Sant Esteve Sesrovires (Barcelona). Federación Catalana de Espeleología 1997:259-64.
6. **Saumande P.** Etude du comportement de l'homme dans milieu d'exception. Le milieu souterrain. Tesis doctoral. Universidad de Limoges. *TH Sc Limoges* 1973.
7. **Saumande P.** Etude du comportement de l'homme en milieu souterrain bilan d'une série d'expérience. *Ann Spéléol* 1974;29(2):237-46.
8. **Martínez D.** Etude statistique des causes d'intervention en spéléologie. *Spelunca* 1987;28:40-6.
9. **Fuertes García A.** *Prueba de esfuerzo. Aspectos prácticos.* Madrid: Ediciones Ergon, S.A., 1995;11-5 y 31-7
10. The Sixth Report of the Joint National Committee. USA: National Heart, Lung, and Blood Institute, 1997;11-13.
11. **Esteban Solano JM.** *Arteriopatías periféricas.* Oviedo: Uriach, 1992:24-37.
12. **Olm Font M.** *Patología Cardiovascular.* Tomo I. Barcelona: Ediciones Ergon S.A. 1999;207-14.
13. **Masoni Mateu JM, Estevan Solano JM** Enfermedades vasoespásticas. En: *Arteriopatías periféricas.* Oviedo: Uriach, 1992;159-68.
14. **Jimenez Vargas J.** Fisiología normal y patológica de la circulación. Barcelona: Ediciones Gea, 1953;427-28.
15. **Goldstein DS.** Disfunción nerviosa autónoma en la hipertensión arterial. En: *Primer de Hipertensión.* Barcelona: Medical Trends S.L., 1996;71-4.
16. **Martínez Flórez J.** Espeleología. *Arch Med Deporte* 1993; 37:77-82.
17. **Martínez Flórez J.** Espeleopatología de urgencia. *Arch Med Deporte* 1997;57:59-63.
18. **Olea González J, Martín JL, Martínez Izquierdo A, González Cruz A, López Barreto CA, Callejón Pelaez.** Adaptación fisiológica al buceo en aguas frías. *Arch Med Deporte* 2001; 86:603-11.
19. **Marcos Becerro JE.** Calor y frío. La respuesta del organismo a su acción. *Arch Med Deporte* 1996;51:47-56.
20. **Martínez Flórez J, Díez Ripolles P.** La Muerte Súbita en Espeleología. Actas del VI Congreso Español de Espeleología. La Coruña: Federación Galega de Espeleoloxía, 10-12 octubre de 1992-1993;191-7.
21. **Belarra Gorrochategui E, Díez Ripolles P, Lapuerta Irigoyen L, Martínez Flórez J.** Modificaciones de patrones biológicos tras permanencia prolongada en aguas subterráneas. Actas del 7º Congreso Español de Espeleología. Barcelona: Federación Catalana de Espeleología, 1997:265-8.
22. **Ferris Santes M, García del Moral Betzen L.** Ergometros. Unidades de medida. Protocolos de esfuerzo. En: *Pruebas de Esfuerzo.* Valencia: Generalitat Valenciana, 1989;45-56.
23. **Baldó Pérez E, Bertolín Guillen V, Oliver Román C.** Indicaciones, contraindicaciones, riesgos y seguridad de la prueba de esfuerzo. Valencia: Generalitat Valenciana, 1989;101-23.