

Perfil fisiològic i càrregues de treball en Espeleologia

Manel Balcells i Diaz, Joan Antoni Prat i Subirana, Ignasi Izaguirre i Maura*

* Aquest treball forma part de la tesi doctoral d'Ignasi Izaguirre i Maura

RESUMEN

En el presente artículo presentamos los primeros resultados de un estudio todavía en curso, en el campo de la espeleología alpina.

Se presentan las cargas de trabajo que solicita dicho deporte en la exploración de una significativa cavidad. Se encontraron unos porcentajes de los diversos tipos de trabajo, coincidentes con los del alpinismo en general¹⁵

Se presentan asimismo datos relativos al perfil fisiológico del grupo de voluntarios.

RESUM

En aquest article presentem els primers resultats d'un estudi encara en curs en el camp de l'espeleologia alpina. Es presenten les càrregues de treball que sol·licita l'esmentat esport en l'exploració d'una cavitat significativa. S'han trobat uns percentatges dels diversos tipus de treball coincidents amb els de l'alpinisme en general.

S'hi presenten, també, dades relatives al perfil fisiològic del grup de voluntaris.

ABSTRACT

In this article the authors present the initial results of a study still in progress in the field of mountain caving.

The work loads required by this sport in the exploration of an important cave are set forth. Percentages of the different types of work were found, coinciding with those of mountain climbing in general.

Data concerning the physiological profiles of the group of volunteers are also given.

1. Introducció

En l'estudi que estem duent a terme pretenem fer una contribució al coneixement de les caracte-

ristiques dels practicants de l'Espeleologia en el nostre medi, a través d'una valoració funcional i estudi del perfil fisiològic en primer terme al laboratori i en segon lloc amb una prova específica de camp.

Això permetria conèixer quin és en realitat el tipus de treball que es realitza en les exploracions i la preparació que cal fer per portar-les a terme, així com les modificacions que comporta a l'organisme.

2. Significat del Problema

La dificultat de la quantificació del tipus de treball que es realitza durant les exploracions i la seva contraposició al grau de preparació de cada subjecte.

3. Hipòtesis

a) Demostrar que el treball en espeleologia té un component aeròbic molt important pel damunt del component anaeròbic. Aquesta demostració estarà basada en el comportament cardíac del subjecte durant una exploració i serà constatada a nivell de percentatges del treball de *resistència aeròbica* (Endurance) i de *resistència mixta* (Potència aeròbica i Capacitat aeròbica).

b) Trovar les correlacions entre el grau de preparació dels subjectes i els valors de *resistència aeròbica* i *resistència mixta*, tant en les proves de camp com també en les proves de laboratori.

c) Trovar la influència d'una sobrecàrrega afegida en el fet de variacions dels percentatges de treball aeròbic i mixte.

d) Trovar la correlació entre els valors de Lactat (La⁺) en sang a la prova de laboratori i la prova de camp, en el grup de subjectes amb sobrecàrrega afegida.

4. Supòsits i limitacions

Falta de precedents d'utilització del Sport Tester en ambient espeleològic.

5. Definició de termes

VO₂màx: Consum màxim d'oxigen.

Llindar aeròbic: Intensitat de treball on s'inicia el metabolisme anaeròbic com a complement del metabolisme aeròbic.

"Endurance": Treball realitzat en un règim metabòlic eminentment aeròbic

Llindar anaeròbic: Intensitat de treball on el metabolisme anaeròbic es determinant en el rendiment esportiu.

Potència Aeròbica: Treball que es realitza per sobre del dindell anaeròbic.

6. Disseny del estudi:

Descripció del disseny d'investigació:

a) Prova de laboratori:

- Anamnesi mèdico-esportiva
- Cineantropometria
- Exploració física de base
- Electrocardiografia de repòs
- Espirometria.
- Prova funcional:

Prova triangular progressiva maximal segons protocol de Wassermann

Determinació de VO₂ màx; Carga màxima, F. C. màxima, Llindar aeròbic-anaeròbic, Deute d'O₂, La⁺ als 5', Recuperació de la freqüència cardíaca (FC)

Estudi de l'adaptació a les càrregues de treball.

Material:

Pinça per mesurar els plecs cutànis tipus "Kaliper"
Electrocardiograf 1 canal marca Hellige

Cicloergòmetre KEM-2 de fre electromecànic, casa Minhardt

Ergoanalitzador de gasos de Circuit obert tipus Oxicon-3 de la casa Minhardt

Monitor de FC de la casa Hellige.

Analitzador de La⁺ de tipus enzimàtic de doble membrana: AL-7 de la casa SETRIL GENIE INDUSTRIEL

b) Prova de camp: Consisteix en...

- Exploració d'una cavitat real.
- La cavitat és "Els Pouetons" de les agulles de Montserrat.
- Els equips són de dos o tres voluntaris, més una persona que controla la T.A. i l'horari.
- Es posa a punt un sistema que no exigeixi, al controlar la tensió arterial, que els espeleòlegs hagin de treure's roba.
- Els voluntaris no instalen ni desinstalen la cavitat

- 8 voluntaris realitzen la prova transportant un "petate" carregat amb un pes equivalent al 10% del seu pes personal. La resta sense "petate" (Grup control).
- No es posa cap restricció en el menjar i aigua.
- Es controlen la temperatura i humitat dins i fora de la cavitat.
- Es recullen les dades corresponents a:
 - Anàlisi previ d'orina. (in situ)
 - Control de la T. A. a "estacions" previamente fixades. (Anexe 2)
 - Control de l'horari de pas per les estacions.
 - Es registra de forma continuada la freqüència cardíaca
 - Es cronometra el temps al pou de 48 metres (P. 50)
 - Es realitza una extracció de sang capil·lar a la sortida de la cavitat per a determinar els lactats acumulats. Es refrigera la mostra.
 - Es recull orina a la sortida per anàlisi "in situ".



Control de la tensió arterial a la base del pou de 50 metres

Material:

- SPORT TESTER P. E. 3.000. 8 Unitats. Permet mesurar la freqüència cardíaca amb precisió

per captació de les senyals elèctriques cardíaques. Transmissió sense fil al micro ordinador-receptor de canell. Amb memòria. Transferència automàtica de les dades enregistrades a un ordinador.

- Cronòmetres: HEUER Super sport 1/5. Pulsòmetre seiko.
- Esfingomanòmetre Digital DS-90 i quatre mànegues amb micròfon incorporat.
- Utillatge per recollida mostra de sang per lactacidèmia.
- Nevera "Termo".
- Tires reactives per anàlisi d'orina: Combur-8 Test.
- Dinamòmetre.
- Estació meteorològica: Termòmetre i Higròmetre.
- Analitzador de lactats AL-7.

7. Tractament Estadístic

S'han calculat les mitjes i desviacions standard que es varen determinar, s'ha aplicat el càlcul de coeficient de correlació i s'han determinat les possibles significacions estadístiques de cada se-

rie de valors, també s'han calculat les rectes de regressió per aquelles variables que mostraven un coeficient de correlació alt i la significació estadística de les quals era del ordre $P < 0,05$ a $p < 0,01$.

● Resultats

Característiques dels grups amb sobrecàrrega (GAS) i sense sobrecàrrega (GSS)

Respecte a les dades relatives d'edat, talla, pes, consum màxim d'oxigen en ml/Kg. min^{-1} el apunt a partir del qual els mecanismes anaeròbics actuen amb major intensitat en relació amb el % del màxim consum d' O_2 i també el % de greix corporal.

RESULTATS relatius al % de Potència aeròbica, Capacitat aeròbica i "endurance" (Resistència aeròbica a la prova de camp a la que varen ésser sotmesos per igual ambdós grups de treball:

RESULTATS relatius a la correlació entre el grau de preparació del deportista i el seu comportament en el treball de camp. (Aquesta correlació agafa com a paràmetres: El punt a partir del qual comencen a actuar amb major insistència els mecanismes anaeròbics en relació amb el consum màxim d'oxigen i els valors d'endurance, en %, assolits en la prova de camp.



Instal·lació del receptor de canell Sport Tester. Protegit per la faixa hi ha l'emissor connectat al pit del voluntari. Al braç esquerra porta una mànega fixa pel control de la tensió arterial.



Recollida de mostra de sang capil·lar per determinació de lactats.

	n	Edat	Talla	Pes	VO ₂ màx. ml/kg. min ⁻¹	V.A. respecte el % de VO ₂ màx.	% de greix Corporal
G.S.S.	8	24.8	174.8	69.01	55.67	73.08	15.16
		±2.25	±8.05	±5.24	±4.68	±7.58	±4.25
G.A.S.	6	22.8	173.9	68.3	55.28	73.69	11.95
		±7.11	±11.41	±6.42	±9.33	±15.71	±6.13

TOTAL CAVITAT

	Potència Aeròbica	Capacitat Aeròbica	"Endurance"	T.P.S.T.
G.S.S. n=8	4.87% ±2.74	8% ±4.49	88.12% 8'62	2h. 41' 15" ±17'
G.A.S. n=6	11.17% ±10.96	10% ±11.20	77.00 ±11.38	2h. 50' 30" ±23'

El grup amb sobrecàrrega afegida mostra una funció lineal, amb un coeficient de correlació del 0.96 i significació estadística de caràcter positiu. $p < 0.001$ (Gràfica 1)

En canvi el grup sense sobrecàrrega no presenta correlació entre el % d'endurança obtinguda en el treball de camp i el punt de LLindar Aeròbic (U.A.) mesurat en % de VO_2 màx.

El coeficient de correlació en aquest cas és de $r = 0.15$ i per ser tant baix, no té cap significació estadística.

La relació del Lactat en sang després d'una prova de laboratori de Potència Aeròbica màxima, amb la concentració de Lactat després d'una exploració, mostra que el grup que actua amb sobrecàrrega presentà una correlació del ordre $r = 0.81$ i la seva significació estadística entre estadística del ordre del $p < 0.001$ (Gràfica 2), mentre que el grup que actua sense sobrecàrrega, no presenta cap significació estadística entre ambdós paràmetres.

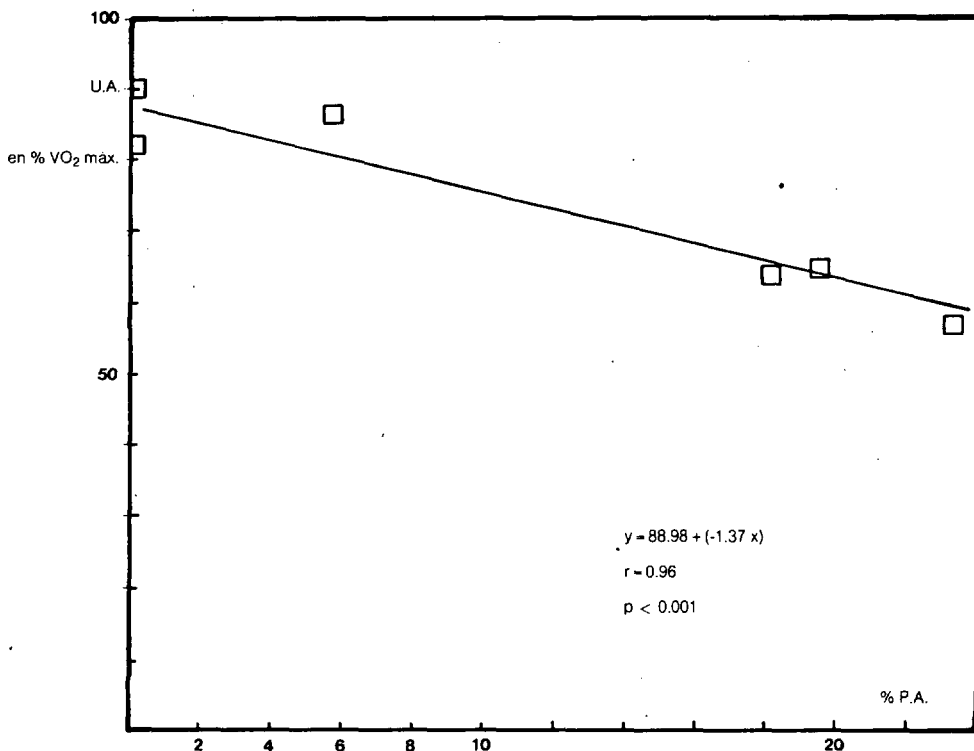
8. Discussió de Resultats

A) Observar el fet de que al afegir una sobrecàrrega adicional als subjectes, fa que disminueixi el % de treball en "endurance", és a dir, de resistència aeròbica en torn d'un 10%, augmentant la quantitat de treball realitzat en règim de Capacitat Aeròbica i de potència Aeròbica. Per tant hi ha un augment del metabolisme anaeròbic en aquest grup en relació amb aquells subjectes que han fet el treball sense sobrecàrrega afegida, és a dir, el pes del equip de progressió tant sols i el propi pes corporal.

B) Per les dades obtingudes del registre constant de la freqüència cardíaca a interval de 15 segons, es pot observar que l'esport de l'Espeleologia sollicita dels seus practicants un treball fonamentalment de característiques aeròbiques encara que hi ha un discret percentatge de treball anaeròbic que es pot considerar de resistència mixta (Potència aeròbica i Capacitat aeròbica). Cal dir que la relació entre Treball Aeròbic i Resistència Mixta es quasi de 9 a 1 quan el subjecte treballa sense sobrecàrrega i que si afegim una càrrega corresponent al 10% del pes corporal (discreta respecte a les que són habituals en aquest esport) la relació passa a ser de 8 a 2. En els dos grups es mantenen uns nivells aeròbics molt pel damunt dels nivells anaeròbics. Això demostra la hipòtesi plantejada en principi respecte a la possibilitat de trobar, mitjançant la valoració de la freqüència cardíaca, el % aeròbic i el % de Capacitat i Potència Aeròbica (Resistència Mixta) com a fonts energètiques més importants en el treball de l'Espeleologia.

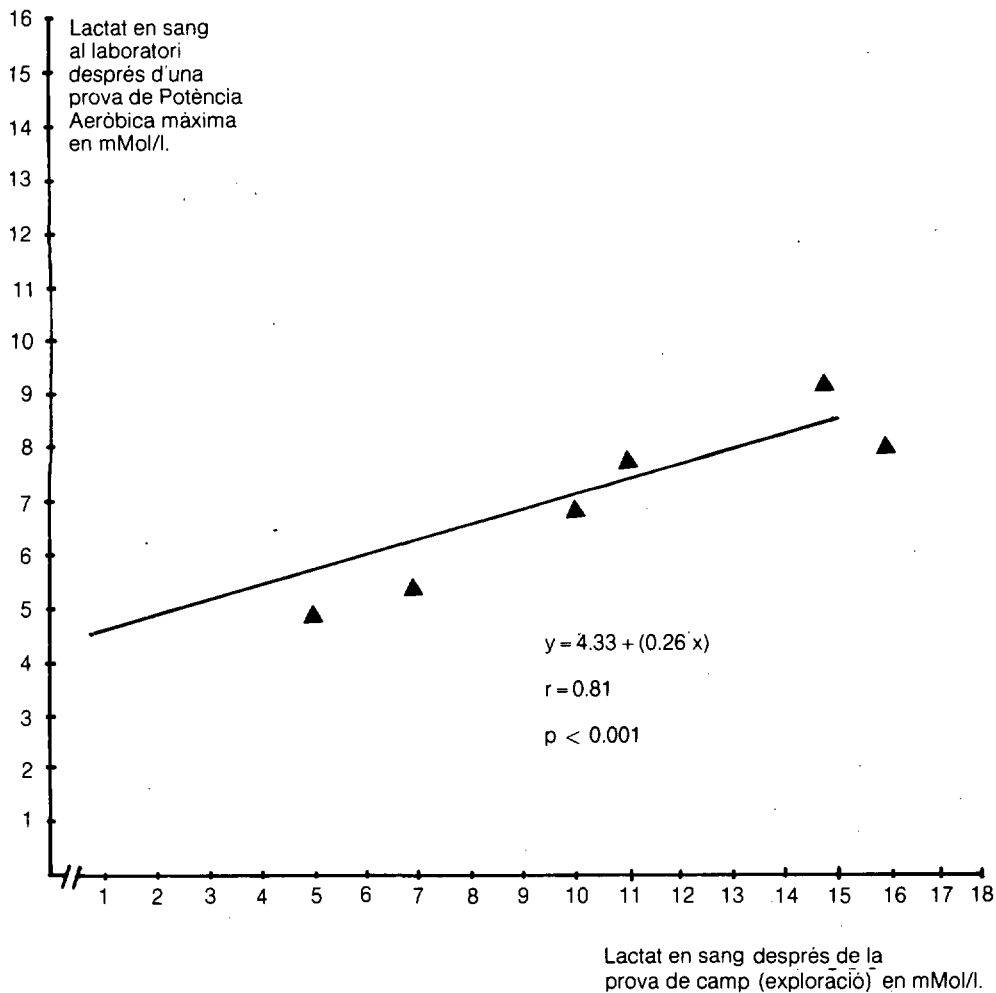
C) La influència d'una sobrecàrrega afegida, tal com s'ha exposat a l'hipòtesi plantejada, encara que faci variar d'alguna manera els % aeròbic i mixte, no és d'una gran transcendència encara que cal tenir-la en compte donat que aproximadament el 10% del treball aeròbic passa al grup de resistència mixta i en conseqüència es trobaran més activitats els processos anaeròbics lactàcids com a font d'aport energètic.

D) Pel que fa a la relació entre el % de treball de Resistència Aeròbica (endurance) respecte al punt on s'ha trobat el LLindar Anaeròbic (en % del VO_2 màx.) els dos grups mostren un comporta-



Gràfica 1

Relació entre el grau de preparació de l'esportista i el % de treball de potència Aeròbica en la prova de camp en el grup amb sobrecàrrega



Gràfica 2
 Relació entre el Lactat en sang després d'una prova de Potència Aeròbica màxima i Lactat en sang després d'una exploració en el grup amb sobrecàrrega

ment diferenciat. El grup que actua amb una sobrecàrrega afegida presenta una correlació significativa ($p < 0.001$) de la esmentada relació, en tant que el grup que no ha utilitzat sobrecàrrega, presenta una correlació pràcticament nula ($r = 0.15$ per $n = 8$). En conseqüència l'influència del nivell del Llindar Anaeròbic només té interès quan al subjecte s'el sotmet a una sobrecàrrega de treball que per a poder aportar l'energia necessària que sol·licita la dita activitat, ha de posar en marxa els mecanismes anaeròbics, per ser insuficients els aeròbics per l'aport de l'energia instantània requerida.

E) El grau de preparació del esportista és mesurat en relació al màxim VO_2 respecte als diferents percentatges aeròbics (endurance) i de Capacitat aeròbica. Aquestes dades ens aporten la importància de la preparació aeròbica del esportista tant pel que fa a la seva Capacitat aeròbica, com al seu nivell "d'endurance".

Si la relació del grau de preparació és entre la Potència Aeròbica i el punt on es troba el Llindar anaeròbic (en % del Consum màxim d' O_2), s'observa que el coeficient de correlació és alt ($r = 0.96$) i significativament de l'ordre de $p < 0.001$ que ens indica que encara que aquesta



Remuntat un pou de 25 m. superat ja el llindar anaeròbic.

dada no tenia pràcticament importància en els treballs aeròbics totals dels subjectes que no portaven sobrecàrrega, si que ho és en els subjectes que porten sobrecàrrega afegida i per tant tindrà importància la preparació en base a la Potència aeròbica en aquest cas.

F) La concentració de Lactat sanguini després de la prova de laboratori, respecte a l'acumulat de Lactat després de la prova de camp, presenta una correlació alta ($r=0.81$ $p < 0.001$) en el cas d'aquells esportistes que varen ésser sotmesos a una sobrecàrrega corporal de l'ordre d'un 10% del seu propi pes corporal, lo que ens confirma els resultats anteriors de la correlació entre la Potència aeròbica màxima i el % del punt del Llardar Anaeròbic, amb lo que en el cas indicat, dita Potència té una importància en aquells subjectes amb una sobrecàrrega.

9. Recomanacions per investigacions futures.

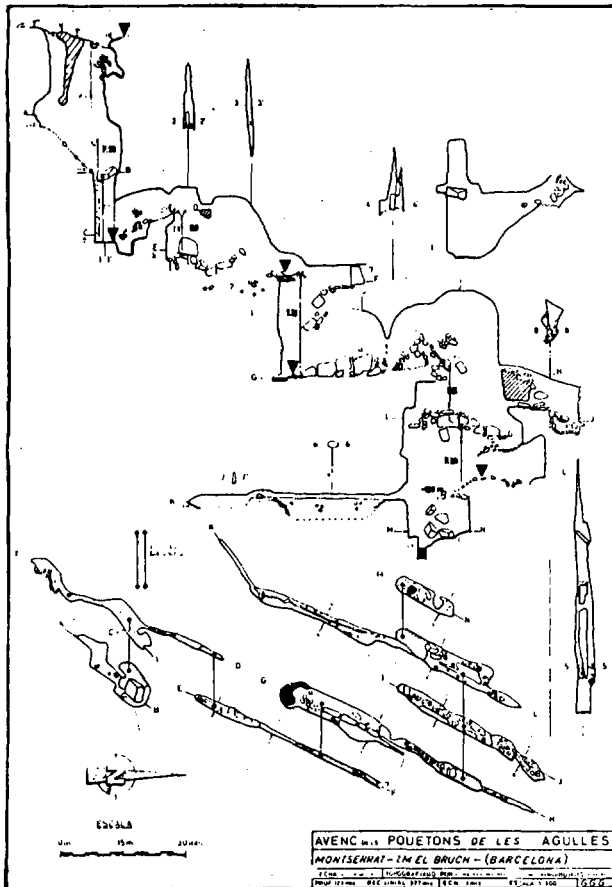
En cas d'utilitzar l'Sport Tester en un esport amb sudoració important, cal idear un sistema d'aïllament del receptor per a evitar la seva sumersió en suor sense interferir però la correcta recepció dels impulsos cardíacs.



Pou de 50. descens amb corda.

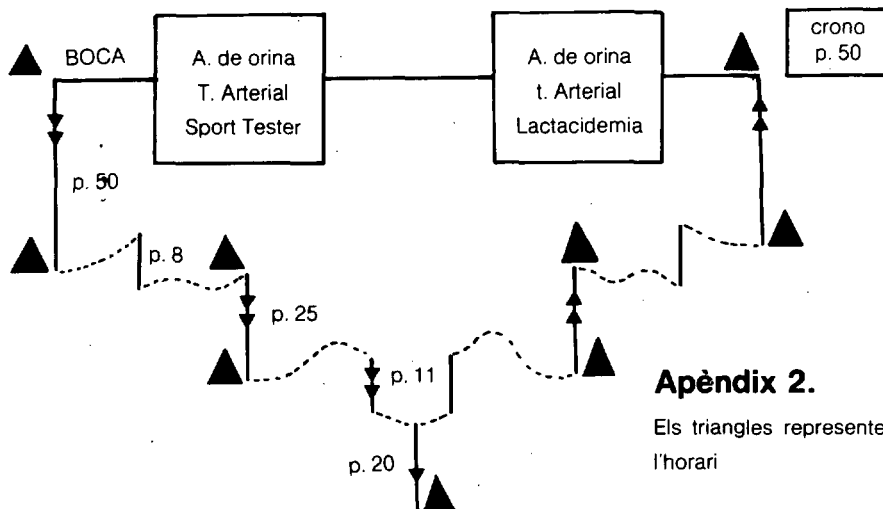
Bibliografia citada

- 1 WASSERMAN, K; WHIPP, BJ; KOYAL, S.N; AND BE AVER, W.L. (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35 (2) 236-243.
- 2 ASTRAND, I. (1960). Aerobic work capacity in men and women with spend reference to age. *Acta Physiol. Scand.* 1960 Suppl. 160.
- 3 ASTRAND, P.O; RODOLH, K. (1973) *Manuel de Physiologie de l'exercice musculaire* Masson Cie ed. 1973, 606 p.
- 4 SAUMADE, P. (1974): Etude de comportement de l'homme en milieu souterrain, bilan d'une serie d'experiences. *Ann. Spéléol. (Moulist)* 29 (2).
- 5 COLLET. G.C. (1978): (Problèmes causes par la fatigue en Spéléologie) *Spéléo-Tema*. 8 (11):15.
- 6 GUILLAUME, F.(1979): Les modifications a l'effort. *Aplications pratiques, Notions de physiologie générale.- Quelque part sous terre*, 3 21-25
- 7 GUILLAUME, F.(1980): Les modifications biologiques a l'effort en Spéléologie. *Aplications pratiques à la dietetique et a la conduite des explorations. E.F.S, Dossier d'instruction. Chap. 4.2, 6 p.*
- 8 BLANCHARD, J.M. (1982): Contribution a l'etude de l'épuisement du Spéléologue en milieu souterrain. *Aplication de la necessité de la medicalisation de secours souterrain à un projet de création d'une antene souterraine de SAMU 37.- Thèse de doctorat de médecine, Université de Tours (F)*
- 9 BARIOD, J. Doc (1982): Reflexion sur l'hypotermie.- *FFS. co/Med; 50 reunion, Chalain.p. 39-45.*
- 10 DUCHATEAU, K. (1983): *Speleologie en Fysicke Conditie.- Speleo-Flash, 138/vts: 3-5.*
- 11 TEISSIER, F. (1984): *Physiologie sportive adaptée à la Spéléol.- Spéléologie, 124: p. 13-15.*
- 12 DELMAS, Doct. (1985): *L'aptitude a l'effort en Spéléologie, Spelunca, 19: p. 33*
- 13 MARBACH G et ROCOURT, J.- L. (1980): *Téchniques de la Spéléologie Alpine. MILLAU (Aveyron) Artipo. p.341*
- 14 GUAL I BALCELLS, J. (1984). *Prevenió d'accidents i autosocors. E.C.E. p.10*
- 15 PRAT I SUBIRANA, J.A. (1983): *Caracteristicas de las cargas en el entrenamiento de alpinismo. Jornadas de Medicina de Montaña. Euskadi. Mayo de 1983.*



Apèndix 1.
Topografia de la cavitat

Diagrama de la prova de Camp-Avenc dels Pouetons-Montserrat



Apèndix 2.

Els triangles representen les estacions on s'ha controlat la T.A. i l'horari

Apèndix 3. Característiques tècniques del Sport-Tester

- Mesura precisa de la freqüència cardíaca per captació dels senyals elèctrics.
- Transmissió sense fil al micro-ordinador-receptor portat al polze.
- Enregistrament de la freqüència cardíaca i

des temps intermèdies.

- Record manual de la funció memòria o transferència automàtica a un ordinador portat pel mitjà de l'interfície.
- L'unitat de control de l'entrenament SPORT TESTER RE 3000 emmagatzema les principals dades de l'entrenament i les restitue automàticament en detall sota forma de gràfic.