



**FACULTAT DE BIOLOGIA**  
**DEPARTAMENT DE FISIOLOGIA**

**“HIPÒXIA HIPOBÀRICA**  
**INTERMITENT: APORTACIÓ PERIFÈRICA D’OXIGEN I**  
**INDICADORS DEL METABOLISME MUSCULAR”**

Memòria presentada per **Pere Panisello Tafalla** per optar al Grau de  
**Doctor per la Universitat de Barcelona**

Tesi realitzada sota la direcció del Dr. Ginés Viscor i Carrasco i del Dr. Joan Ramon Torrella i Guió del Departament de Fisiologia de Biologia. Adscrita al Departament de Fisiologia, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona, programa Fisiologia (Bienni 2001-2003)

Ginés Viscor i Carrasco

Joan Ramon Torrella i Guió

Pere Panisello i Tafalla

Barcelona, 2006

## **6 CONCLUSIONS**

---

*“Conclusió és el lloc on  
has arribat cansat de  
pensar”.*

*Anònim.*



1. Un programa de quatre setmanes d'exposició intermitent a hipòxia hipobàrica de quatre hores per sessió, s'ha mostrat com un estímul eficaç per induir hematopoesi a la rata, i també un grau variable d'angiogènesi en tots els músculs estudiats.
2. El grau de capil·larització assolit a cada territori depengué no només de la intensitat de l'estímul hipòxic sinó també de l'activitat desenvolupada pel propi múscul.
3. Tots els resultats obtinguts en el miocardi (augment tant de les CD, FD i NCF i dels índex CCA i CCP i les reduccions de l'àrea, perímetre i distància de difusió) apunten en la mateixa direcció: una millora del subministrament d'oxigen als teixits i una menor relació capil·lars per unitat de superfície, és a dir, una major relació de capil·lars per fibra. Tots aquests canvis afavoreixen una més eficient difusió d'oxigen a les mitocondries.
4. Si s'observen globalment tots els resultats histoquímics obtinguts al diafragma (augment del nombre de capil·lars per fibra, de les densitats capil·lars i fibril·lars, així com disminucions de les àrees, perímetres i distàncies de difusió), aquests mostren una tendència cap a un increment del subministrament d'oxigen vers les fibres musculars.
5. Els majors canvis de capil·larització al diafragma es produeixen en les fibres de contracció lenta (SO), que són les que més càrrega de treball tenen, indicant que no només és important l'ambient hipòxic per a que es desenvolupin les aclimatacions, sinó també el tipus de fibra muscular i la càrrega de treball d'aquestes.
6. En el múscul *tibialis anterior*, malgrat que s'observen uns lleugers increments en els paràmetres de capil·larització (CD i NCF), juntament amb uns descensos moderats dels indicadors morfològics (FCSA, FPER, MDD), la seva activitat sedentària i l'alt percentatge de fibres ràpides (sobretot FG), fa que sigui poc sensible a la reducció d'O<sub>2</sub>. Tot i així,

s'observen unes lleugeres tendències, però essent aquestes les menys importants quantitativament de totes les mostres analitzades.

7. S'han trobat increments de mioglobina en tots els músculs estudiats. La millora del transport d'oxigen per difusió facilitada fins a la mitocòndria i la protecció dels músculs de l'efecte nociu del NO i ROS, generats com conseqüència de les condicions hipòxiques, poden justificar aquesta troballa.
8. L'activitat lactat deshidrogenasa (LDH) va mostrar un patró d'evolució diferent a cadascun dels músculs estudiats al llarg del programa. Mentre que al miocardi es va observar una tendència descendent, al diafragma va romandre inalterat i al múscul *tibialis anterior* vàrem detectar una tendència a l'augment. Aquestes diferències es relacionen clarament amb el caràcter oxidatiu dels tres músculs estudiats, des del caràcter predominantment aeròbic del miocardi fins al marcat caràcter anaeròbic del *tibialis anterior*.
9. La tendència a l'alça de l'activitat CS en el miocardi es pot atribuir a la necessitat d'augmentar l'eficiència del metabolisme oxidatiu per fer front als requeriments energètics, ja que aquest múscul té les rutes anaeròbies molt limitades.
10. El fet de no trobar diferències significatives en els mateixos paràmetres per al diafragma i encara menys per al *tibialis anterior*, sembla indicar, que a més de la hipòxia, també és important el grau de treball o activitat muscular, perquè aquests canvis morfofuncionals tinguin lloc.
11. Les modificacions no significatives de proteïnes totals, junt amb els canvis en l'activitat dels diferents enzims claus valorats, suggereixen un canvi en el patró de síntesi proteica dels músculs analitzats.

12. El nostre programa d'exposició a hipòxia hipobàrica intermitent sembla reduir la dependència del metabolisme anaeròbic, augmentar l'aeròbic i incrementar la capacitat d'emmagatzematge d'oxigen i la seva difusió en el miocardi de rata.
13. Per tots els motius esmentats, creiem que aquest model d'aclimatació és especialment útil i pot tenir amplies aplicacions esportives i mèdiques, ja que a més d'estimular mecanismes compensatoris per un major subministrament d'oxigen a nivell perifèric, no provoca pèrdues de pes corporal ni de massa muscular ni variació en els pesos absoluts, ni en els pesos relatius dels músculs estudiats.