

Adaptacions d'aus i mamífers al busseig

Marta Garcia Ginés
Treballet de fi de Grau/ Tutor: Joan Carles Balasch

Introducció

El busseig és l'acció de submergir-se contenint la respiració. Aquesta activitat és necessària per alguns animals, ja que sota l'aigua es troba la seva font d'aliment i a l'atmosfera la seva font d'O₂, per tant, estan lligats a tots dos medis (Will et al. 2004). Les aus i els mamífers marins són dos grups representatius que han arribat a colonitzar un mateix medi a partir de línies evolutives diferents (Berta et al, 2006). En tots dos casos s'observen adaptacions potencials al llarg de la seva evolució, així com també en els representants actuals. Aquests animals han aconseguit satisfer les necessitats nutricionals durant les immersions alhora que lidien amb l'augment de pressió en profunditat (Will et al. 2004) i altres factors limitants que veurem més endavant.

Objectiu

- 1) Conèixer les condicions limitants del medi i les restriccions biològiques que suposen
- 2) Breu història evolutiva d'aus i mamífers, concretament de pinnípedes i cetacis i d'aus, la família *Spheniscidae*.
- 3) Adaptacions d'aus i mamífers, comunes i per separat. Primerament en busseigs curts i després per a busseigs prolongats.

Condicions limitants i restriccions biològiques

Els factors com ara canvis de pressió, falta d'oxigen, temperatura, llum, etc (Wilmer et al, 2000) del medi afecten a aus i mamífers durant el busseig. Els dos factors més claus són l'augment de la pressió en profunditat i la falta d'oxigen aprofitable per aquests animals sota l'aigua.

O₂: Aus i mamífers marins obtenen l'energia necessària per moure's pel medi aquàtic a través de reserves d'oxigen emmagatzemades al seu cos. Quan s'acaben aquestes reserves l'energia s'extreu de processos anaeròbics i això limitarà el temps d'immersió (Will et al, 2004).

Pressió: La profunditat és directament proporcional a la pressió, per cada 10 metres de profunditat, la pressió s'incrementa 1 atm (NOAA). Per tant, a profunditats elevades, pressions elevades. Això suposa algunes limitacions com ara la compressió de teixits i les elevades tensions de gasos als pulmons per increment d'absorció de gasos als teixits (Kooyman et al, 1998).

Mamífers marins

Cetacis

En el cas dels cetacis, estem davant un grup d'origen monofilètic. Van aparèixer durant l'Eocè farà 53 Ma. Alguns dels avantpassats d'aquest grup mostraven característiques com ara la reducció d'extremitats posteriors i les anteriors en forma de petites aletes, com Dorudon atrox (Berta et al, 2006).

Pinnípedes

Els pinnípedes són un grup monofilètic que va sorgir a l'Oligocè, fa 25-27 Ma, i els seus antecessors ja presentaven adaptacions al busseig, com ara desplaçament a través de moviments ondulatoris de la columna vertebral i articulacions en forma de pala (Berta et al, 2006).

Història evolutiva

Aus

Pingüins

En relació a les aus, la família *Spheniscidae* és la única adaptada totalment al busseig a través d'aletes reconvertides en aletes, per això són dels grups més adequats per analitzar. Van aparèixer a finals del Paleocè, fa 65 Ma (Baker et al, 2006). Els seus avantpassats eren voladors però els pingüins han patit una degeneració important dels músculs pectorals encarregats de la propulsió alar en vol (Storer, 1970).

Què passa en busseigs curts?

Adaptacions Mamífers

El **cor i bulb aòrtic** de mamífers marins de profunditat és més gran, muscular, gruixut i potent. Això serveix per incrementar la **pressió de sang als pulmons** durant la recuperació en superfície i per assistir pressions elevades del ciclc cardíac en busseig (Berta et al, 2006).

*:En **mamífers marins** la concentració de mioglobina en múscul esquelètic va de 50-90 mg/g i en humans entre 4-9 mg/g (Will et al, 2004).

Adaptacions comunes

Les **reserves d'oxigen** es reparteixen entre l'oxigen unit a l'**hemoglobina**, la **mioglobina** i el **contingut en pulmons**. Tant aus com mamífers tenen una mida total del dipòsit d'O₂ major (Kooyman et al, 1998). Concretament disposen d'un volum en sang molt més elevat que els animals terrestres, així com també de més quantitat de múscul respiratori com són l'hemoglobina i la mioglobina (Kooyman et al, 1998)*.

Durant aquests busseigs curts, hi ha una **vasoconstricció** diferencial i **gradual** que regula el flux sanguini que arriba a cada òrgan. Seguidament la freqüència cardíaca decau gradualment (**bradicàrdia**) (Will et al, 2004). En l'apartat de busseig prolongats explicarem aquest mecanisme més àmpliament, en busseigs llargs aquest és més rellevant.

Adaptacions Aus

En aus per contribuir a l'estalvi energètic i preservar les reserves trobem els **sacs aeris**. A més el **pneumatisme** dels ossos es redueix per contribuir a l'estalvi de les reserves d'oxigen ja que no cal tan esforç per enfonsar-se (Storer, 1970).

*:En **aus**, el pingüí emperador (*Aptenodytes forsteri*) conté en els músculs nedadors per si sols un 19% més d'oxigen que tot el volum en sang del pingüí emperador gràcies a la mioglobina (Kooyman et al, 1998).

Què passa si s'allarguen els busseigs?

Adaptacions Mamífers

Un altre adaptació més específica a la falta d'oxigen la trobem en **pinnípedes** com la Foca de Weddell. Tenen una **concentració d'eritròcits en sang molt elevada (30-52%) i variable**. Aquestes cèl·lules sanguínies poden ser retirades o afegides al corrent sanguini en funció de les necessitats fisiològiques de l'animal. L'animal pot **emmagatzemar els glòbuls vermells en melsa** per minimitzar l'esforç de bombeig del cor quan es troba en superfície i augmentar així el % si es troba a profunditat (Will et al, 2004). Les concentracions d'eritròcits varien en seqüències de busseigs, triguen uns 10-20 minuts en fer la mobilització (Will et al, 2004).

Els **cetacis** han **perdut la lobulació dels pulmons** i concretament els **odontocets** han perdut bronquiolos respiratoris i trobem sèrie d'**esfincters bronquials** que regulen el pas de l'aire. Els **lleons marins** no tenen aquests esfincters però sí un **cartilag robust** que reforça vies aèries i s'estén fins al sac alveolar. Finalment, en **foques** les vies aèries terminals estan fortificades amb teixit connectiu, **anells cartilaginosis i múscul lli**. Aquests anells contribueixen al col·lapse dels alvèols mentre les vies proximals estan obertes per assegurar l'intercanvi de gasos entre cor, cervell i pulmons (Berta et al, 2006).

Adaptacions Comunes

En aquest treball s'assumeix que un **busseig prolongat** és aquell que **sobrepasa el LDA o límit fisiològic del busseig aeròbic** marcat per Kooyman; "busseig més profund que pot realitzar una espècie sense acumulació neta d'àcid làctic per sobre dels valors de repòs" (Kooyman et al, 1998).

Sabem que hi ha **òrgans que necessiten ATP de vies aeròbiques** per poder funcionar - cervell, cor i pulmons -. Aquests òrgans **no toleren la anòxia** i passats uns minuts sense oxigen poden donar-se danys irreversibles. En canvi **altres teixits no requereixen aportament constant d'O₂** -pell, múscul esquelètic, intestins, ronyons, etc- (Will et al, 1980).

L'**adaptació** resultant: el **sistema circulatori proporciona accés diferencial a la sang oxigenada**, aquest procés s'anomena **isquèmia** i és una **vasoconstricció selectiva severa** de diferents vasos sanguinis (Berta et al, 2006). La **vasoconstricció profunda** va **acompanyada per una bradicàrdia** important (Will et al, 2004), una mesura d'estalvi energètic.

Conclusions

Les **aus bussejadors** i els **mamífers marins** són dos grups molt diferenciats i diversos. Les diferents adaptacions que presenten però són similars però ja que, s'han adaptat a un mateix medi.

En el cas de les aus s'ha partit d'una línia evolutiva amb la capacitat de volar i en mamífers marins d'avantpassats terrestres. Per tant, tot i que hi ha mecanismes característics de cada grup moltes de les adaptacions són comunes. Les adaptacions han evolucionat de manera independent a partir d'arrels independents a partir de diferents processos de desenvolupament, és a dir, que són un conjunt de diferents **convergències evolutives**.

Adaptacions Aus

Les **aus**, com els pingüins, **exploten regularment el metabolisme anaeròbic** en les **immersions prolongades** perquè només amb les reserves d'oxigen no podrien explotar ambients profunds més rics en preses (Kooyman et al, 1998).

Troben unes **glandules de la sal** on es concentra sal provinent de beure i de la petita fuga que entra al cos indirectament. Les **glandules poden excretar** aquesta sal **activament**. Produeixen aigua amb NaCl molt concentrat amb bombes de Na/K que es troben sota el quasi impermeable epiteli. Aquestes glandules es situen en la **part d'adalt del crani** i s'obren a un costat del bec.

En **pingüins** la termoregulació sota l'aigua és possible bàsicament per l'**aïllament tèrmic** que suposen les **plomes**, contribueixen en un 80% i el greix cobreix el 20% restant. L'efecte d'aïllament del plomatge es degut a les bombolles d'aire atrapades en les plomes que ajuden a mantenir la temperatura interna perquè no hi arriba aigua aquí (Müller, 1984). A més les aus tenen una **glàndula d'oli** gran que secreta substàncies al plomatge per mantenir-lo impermeable (Storer, 1970).

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona