

アザラシが深く潜っている時の心拍数は？

反射と O₂ delivery

Q アザラシが深く潜っている時の心拍数は、次のどの範囲にあるでしょうか？

a. 200 ~ 150

b. 120 ~ 80

c. 40 ~ 1





Answer Trivia 1

○ c. 40 ~ 1

ゴマフアザラシが海面から深い海へ潜り始めると同時に心拍数は150回/分から40回/分、そして潜水中は20回/分ほどに急激に減る(図1)。ハイイロアザラシでは120/分から4回/分となる!! 心拍が激減するため心臓が全身に血液を送る量が激減する。したがって、血液は心臓と中枢神経系だけに配給されるとされているが、心臓から拍出される動脈血のヘモグロビンに結合した酸素だけで1,000m 深海をすいすい泳げるのだろうか?

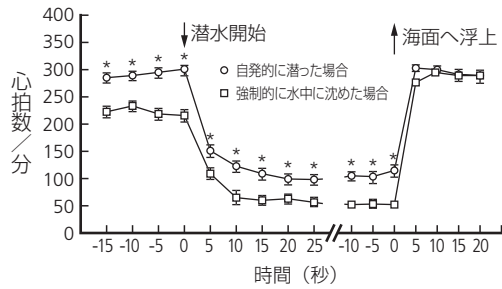


図1 潜水中のゴマフアザラシの心拍数(資料1より)

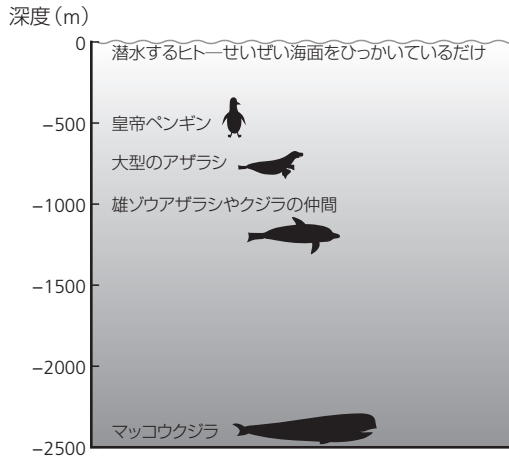


図2 哺乳類と鳥類の潜水する深度(資料2より)

◆参考資料

- 1) Butler PJ, Jones DR. Physiology of diving of birds and mammals. Physiological Reviews. 1997; 77: 837-99.
- 2) Halsey L. Ultimate divers. Biologist. 2002; 49: 161-4.
- 3) クヌート・シュミット＝ニールセン. 沼田英治・中嶋康裕, 監訳. 動物生理学—環境への適応—. 東京大学出版会, 2007.

アザラシが長く潜れるのはなぜ？

Ultimate divers の脾臓

Q アザラシが長く潜れるのはどうしてでしょうか？

- a. 主にミオグロビンという蛋白に酸素を貯蔵し，海中ではこの酸素を利用するから
- b. 肺活量が大きくて，たくさん酸素を肺に貯められるから
- c. 脾臓が大きくて，たくさん酸素を脾臓にためられるから
- d. 苦しくても頑張れる根性があるから



ゴマフアザラシ *Phoca largha* 品川水族館で著者が撮影



Answer Trivia 2

c. 脾臓が大きくて、たくさん酸素を脾臓にためられるから

アザラシはしばしば 20 分も潜水している。潜水中は水圧で肺がつぶれてしまうので、酸素は主に血液とミオグロビンに貯蔵されていることになる。ミオグロビンはヘモグロビンより酸素との結合力が強く、50%飽和となる酸素分圧 (P_{50} という) が血液 28 Torr (mmHg) に比べてミオグロビン 5 Torr (mmHg) と低い。そのため、血液中の酸素は分圧勾配に応じて拡散で移動し、また、ミオグロビン分子自身も拡散して、細胞内の酸素分子の拡散を促進している。酸素はミオグロビンといったん結合して、筋肉のミトコンドリアがすぐに利用できるように近くに蓄えられる。つまり、ミオグロビンは必要に応じてミトコンドリアに酸素を供給するバッファーの役目をする。ミオグロビンは、ほぼ常に飽和しており、ミオグロビンの貯蔵酸素を使用する状態は著しい低酸素状態を除いてほとんどないと考えられ、酸素は血液から供給され消費される。

アザラシは大きな脾臓をもっており、Weddell アザラシについての研究¹⁾では、潜水中のカテコラミン分泌により脾臓は収縮し、ヘモグロビン濃度は潜水の初期に 10 ~ 12 分で 60%も増加する。体の大きさにもよるが、普段、20l 近くの酸素で飽和された血液が主に脾臓に貯蔵されており、潜水により放出され、長時間の無呼吸潜水を可能にしている。ただ、苦しくても頑張っているのかもしれない、d を選んでも間違いではないかもしれない (注: 昔、根性シリーズというのがあった。Q: スズメがたくさん電線にとまっていました。猟師が鉄砲で撃って一羽に当たりました。でも、電線から落ちませんでした。なぜでしょう? A: 根性でつかまっていたから)。



さらなるトリビア

同様の検討がパーションのグループ²⁾により馬でもなされている。馬の脾臓重量は体重の約0.85%で他の哺乳類（ブタで0.16%，ヒトで100～200gであり，0.2%程度）よりも大きい。運動時のヘマトクリットは1.3～1.6倍に増加し，酸素運搬能を増加させており，脾臓を摘出した馬の運動時のヘマトクリットの変化は1.1倍程度であったと報告されている。ヒトでも海女の研究で，潜水により脾臓が収縮することが示されており，睡眠時無呼吸症候群でも脾臓の収縮が示唆されているが，人間では脾臓の血液や酸素の貯蔵能力はあまり大きくはない。

◆参考資料

- 1) Hurford WE, Hochachka PW, Schneider RC, Guyton GP, Stanek KS, Zapol DG, Liggins GC, Zapo WM. Splenic contraction, catecholamine release, and blood volume redistribution during diving in the Weddell seal. *J Appl Physiol.* 1996; 80(1): 298-306.
- 2) Persson SG, Funkquist P, Nyman G. Total blood volume in the normally performing Standardbred trotter: age and sex variations. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A.* 1996; 43: 57-64.

