

# Spavanje morskih sisavaca

---

**Stražić, Ivana**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2009**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:265070>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-11**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEU ILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO- MATEMATI KI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**  
  
**SEMINARSKI RAD**

**Spavanje morskih sisavaca**  
**Sleeping of the Marine Mammals**

Ivana Straži

Preddiplomski studij biologije

Undergraduate Study of Biology

Mentor: doc. dr. sc. Dubravka Hranilovi

Zagreb, 2009.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. SPAVANJE SISAVACA.....	2
3. SPAVANJE MORSKIH SISAVACA .....	6
3.1. <i>Cetacea</i> (kitovi i dupini) .....	6
3.2. <i>Otariidae</i> (ušati tuljani).....	8
3.3. Funkcije unilateralnog spavanja morskih sisavaca.....	9
4. ZAKLJUČCI.....	10
5. LITERATURA.....	11
6. SAŽETAK .....	13
7. SUMMARY .....	14

# 1. UVOD

Spavaju i provedemo oko 8 sati dnevno tj. 56 sati tjedno, što iznosi 2 688 sati godišnje ili 1/3 života (Tkalić i 2008.). Naizgled je to stanje u kojem je opća aktivnost smanjena: izostaju reakcije na većinu podražaja koji dolaze iz naše okoline, smanjena je aktivnost skeletnih mišića, smanjen je i već i broj vegetativnih funkcija (npr. puls, krvni tlak, disanje). Pri tome prevladava rad parasimpatikusa, a mijenjaju se i biopotencijali mozga. Psihika aktivnost tijekom spavanja također je smanjena i značajno promijenjena. Ako je to samo stanje mirovanja i metaboličkog "besposličenja" zašto onda uopće spavamo?

Ribe, vodozemci i gmazovi ulaze također u različita stanja mirovanja ali samo za homeotermne životinje (ptice i sisavce) karakteristične su faze spavanja koje možemo pratiti raznovrsnim metodama elektroencefalografije, elektrookulografije i elektromiografije. Pomoću njih možemo detektirati promjene koje danas smatramo ključnim obilježjima spavanja a o kojima će kasnije biti riječi u ovom radu.

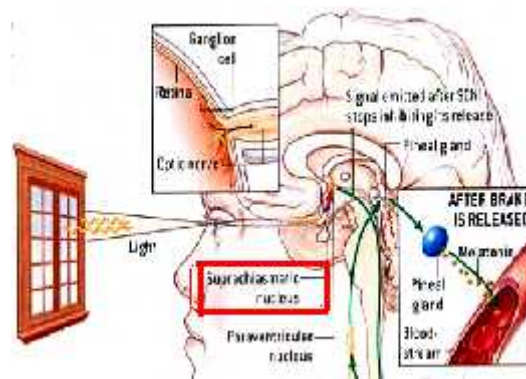
U gotovo cijelom životinjskom svijetu prisutne su cikličke promjene u ponašanju i fiziološkim procesima. Takve cikličke promjene jedno su od fundamentalnih obilježja živoga svijeta a skupa ih možemo nazvati bioritmovima. Postoje 3 osnovna tipa bioritma:

1. ultradijalni ritam koji traje kraće od 24 sata,
2. infradijalni ritam koji se odvija u vremenu dužem od 24 sata, te
3. cirkadijalni ritam koji traje 24 sata. (Tkalić i 2008.)

Navedeni bioritmovi imaju endogenu regulaciju tj. njih kontrolira tzv. biološki sat koji se nalazi unutar samih životinja. On djeluje kao okidač pod utjecajem različitih vanjskih imbenika (njem. *zeitgeber*). Za biološki sat kopnenih životinja najznačajniji *zeitgeber* je svjetlost, dok je kod morskih to većinom izmjena plime i oseke.

## 2. SPAVANJE SISAVACA

Endogeni biološki sat sisavaca nalazi se u suprahijazmatskoj jezgri u središnjem živanom sustavu (Sl.1.). Taj dio odgovoran je za regulaciju cirkadijalnog ritma sisavaca, a prema tome i spavanja koje tako spada u cikličke promjene ponašanja i aktivnosti. Spavanje se općenito opisuje kao stanje smanjenje podražljivosti i aktivnosti organizma (Tkalić i sur. 2008.).



**Slika 1.** Položaj suprahijazmatske jezgre u središnjem živanom sustavu

Kod sisavaca razlikujemo dvije vrste spavanja: NREM i REM spavanje. Svaka je uglavnom karakterizirana različitom moždanom aktivnošću, tj. razlikom u amplitudi i frekvenciji moždanih valova koja se jasno vidi na elektroencefalogramu (EEG). Neurone moždane kore aktiviraju različiti sustavi aferentnih aksona. Nakon njihovog podraživanja, možemo pratiti električne promjene na površini moždane kore u obliku oscilacija električnog potencijala (EEG valovi). S obzirom na frekvenciju razvrstavamo ih u 4 glavne skupine:

1. Alfa- valovi (8-13 Hz) obilježje su stanja opuštenosti budnosti (npr. mirno sjedenje ili ležanje),
2. Beta- valovi (>13 Hz) su desinkronizirani EEG valovi, a znak su pojačane budnosti i usmjerene pozornosti (npr. pisanje, čitanje),
3. Theta valovi (4-7 Hz), te
4. Delta valovi (<4 Hz). (Judaš i sur. 1997.)

Uz navedene glavne vrste EEG valova postoje i neke prijelazne vrste valova (engl. *transients*) kao npr.:

a) lambda-valovi koji predstavljaju pozitivne potencijale u zatiljnom dijelu moždane kore a povezani su s o nim pokretima,

b) kratkotrajni tjemeni (vertex) valovi ( engl. *sharp transients*) koji se javljaju iznad eonog i tjemenog područja u početnim fazama spavanja,

c) K-kompleksi koji se sastoje od 1 ili više sporih valova u frontalnom ili centralnom području tijekom spavanja,

d) vretena spavanja (engl. *sleep spindles*) (7-14 Hz) koja su znak sinkronizacije EEG valova početkom spavanja, a nastavljaju se i u kasnijim stadijima spirovalnog spavanja periodi ki se izmjenjuju i sa sporim delta valovima,

e) PGO (ponto-genikulo-okcipitalni) valovi, visoke frekvencije i male amplitude, koji su posebno obilježje REM faze spavanja. (Judaš i sur. 1997.)

Dakle, tijekom spavanja postoje dva vrlo različita stanja. Prvo je stanje spirovalnog spavanja (SWS, engl. *slow wave sleep*) u kojem su EEG valovi sinkronizirani i imaju nisku frekvenciju i veliku amplitudu, a nazivamo ga NREM spavanje. Drugo je stanje REM spavanja (engl. *rapid eye movements*) koje je obilježeno desinkroniziranim EEG-om te valovima visoke frekvencije i male amplitude (Sl.2.). Za u uju e je da je takvo stanje desinkroniziranog EEG-a karakteristično i za budnost! Jedino je tonus skeletnih mišića smanjen u donosu na budno stanje kao posljedica jake hiperpolarizacije spinalnih motornih neurona. Normalan obrazac spavanja sastoji se od izmjena NREM i REM faze u okviru 90-minutnog ciklusa. NREM spavanje podijeljeno je u 5 stadija: 0. pospanost – alfa- valovi,

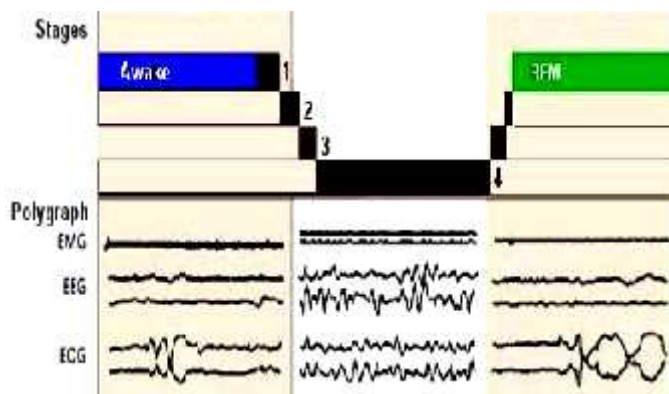
1. alfa valovi uz postupno javljanje sporijih theta valova (6-8 Hz),

2. theta valovi uz javljanje vretena spavanja (11-15 Hz u trajanju od 0.5-1.5 s) i K kompleksa (4-7 Hz),

3. theta aktivnost uz postupno javljanje delta valova (1-3 Hz) i

4. delta spirovalna aktivnost (<2 Hz). (Judaš i sur. 1997.)

Ovakvo obično izgleda EEG u prvom dijelu spavanja. Dolazi do postupnog smanjivanja simpatičke živčane aktivnosti (otkucaji srca, krvni tlak) i povećanja parasimpatičke aktivnosti. Tijekom prvih četiri stadija san postaje sve dublji, spavač je miran, disanje je bilo pravilno. Sporovalno spavanje dominira u početku dok ga kasnije zamjenjuju sve dulja razdoblja REM spavanja.



**Slika 2.** Faze spavanja sa pripadajućim EMG-om (elektromiogram), EEG-om i EOG-om (elektrookulogram) (preuzeto i prilagođeno iz Hobson 2005.)

U REM fazi sna desinkroniziraju se EEG valovi; javljaju se PGO valovi (preko 10 Hz) koji se povezuju s pokretima oči, promjenama u disanju i srčanom aktivnosti. Gubitak mišićnog tonusa (mišićna atonija), erekcija kod muških jedinki, brzi pokreti oči, brzi pokreti prstiju ruku i nogu su vanjske manifestacije REM spavanja. U ovoj fazi i sanjamo oko 1 825 snova godišnje. (Judaš i sur. 1997.)

Vremenski period koji organizam provede u REM fazi spavanja varira s obzirom na dob. Tako novorođenčad provodi u REM fazi 50% ukupnog vremena spavanja, dok se tijekom života taj udio smanjuje i u starosti doseže tek 15%. Drastično smanjenje trajanja REM faze spavanja vezano je uz samu funkciju te faze. Smatra se da tijekom ove faze dolazi do preraspodjele pamćenja i obnavljanja tjelesnih resursa. (Siegel 2005.)

Količina spavanja jako varira među različitim redovima sisavaca (Tab.1.). Šišmiši i oposumi spavaju 18-20 sati dnevno, dok slon i žirafa spavaju i provedu tek 2-4 sata na dan. Prehrana vrste usko je povezana s količinom spavanja. Najviše spavaju karnivori, zatim omnivori dok herbivori provedu najmanje vremena spavajući. Također, postoji korelacija između tjelesne

mase i duljine spavanja. Tako kod kratkorepe rovke (*Blarina brevicauda*) jedan ciklus izmjene NREM i REM faze traje samo 8 minuta, dok azijskom slonu (*Elephas maximus*) za isti ciklus treba 1.8 sati. (Siegel 2005.)

**Tablica 1.** Prosje na duljina spavanja razli itih sisavaca

(preuzeto i prilago eno prema <http://faculty.washington.edu/chudler/sleep.html>)

Vrsta	Prosje na duljina spavanja (sati/danu)
Sme i šišmiš	19.9
Sjevernoameri ki oposum	18
Tigar	15.8
Šumska rovka	15.8
udnovati kljunaš	14
Lav	13.5
Štakor	12.6
Ma ka	12.1
Zec	11.4
Jaguar	10.8
Dobri dupin	10.4
Europski jež	10.1
impanza	9.7
ovjek	8
Svinja	7.8
Sivi tuljan	6.2
Azijski slon	3.9
Afri ki slon	3.3
Žirafa	1.9



### 3. SPAVANJE MORSKIH SISAVACA

Koliko god se duljina sna razlikovala me u redovima terestrikih sisavaca jedno im je zajedničko: tijekom NREM faze spavanja sporovalna EEG aktivnost prisutna je u obadvije hemisfere mozga. Nasuprot tome, kod morskih sisavaca takva sporovalna EEG aktivnost nikada nije prisutna u obadvije hemisfere istodobno. Sva dosadašnja istraživanja pokazala su da morski sisavci imaju fenomen unilateralnog spavanja tj. samo jedna hemisfera pokazuje moždanu aktivnost karakterističnu za spavanje, dok je istovremeno druga hemisfera potpuno budna. Sukladno tome, oko kontralateralne hemisfere koja spava je uglavnom zatvoreno, a ipsilateralno oko i dalje ostaje otvoreno primajući i vanjske podražaje. (Siegel 2005.)

#### 3.1. CETACEA (KITOVI I DUPINI)

Istraživanja na dobrom dupinu (*Tursiops truncatus*) pokazala su da tijekom perioda od 24 sata postoji 7 epizoda unilateralnog spavanja. Hemisfere se tijekom tih epizoda naizmjenice “bude” i “uspavljaju”, provode i približno 2 sata u jednoj epizodi unilateralnog spavanja. Raspodjela vremena spavanja me u hemisferama nije jednaka. Kod individualnih jedinki može se govoriti o dominaciji jedne hemisfere ali na razini vrste ne postoji jednostrana cerebralna dominacija kad se radi o spavanju. (Mukhametov 1984.)



**Slika 3.** Kit ubojica, *Orcinus orca*, iz reda *Cetacea*  
(preuzeto s <http://www.dicta.info/img/ud/orca.jpg>)

Tako er, kod spomenute vrste uo en je i karakteristi an položaj za vrijeme spavanja. Ako ne pluta na površini ili ne leži pri dnu, dobri dupin gotovo uvijek pliva u smjeru obrnutom od kazaljke na satu, iako se hemisfere izmjenjuju u spavanju. Me utim, sam položaj ne mora nužno zna iti da je dupin u fazi unilateralnog spavanja. Potrebno je obratiti pozornost i na stanje o iju (da li je samo jedno oko zatvoreno) i EEG aktivnost moždane kore. (Mukhametov 1984.)

Postoji još nekoliko univerzalnih odlika unilateralnog spavanja kod *Cetacea*. Primjerice, novoro en ad ne pokazuje faze ponašanja koje su vezane za spavanje (smanjenje pokretljivosti, sklapanje oka..). Svi teresti ki sisavci imaju maksimalnu duljinu sna nakon ro enja i ona se postupno smanjuje tijekom života. Obrnuto od toga, dupini i kitovi ubojice (*Orcinus orca*, Sl.3.) imaju minimalnu ili nikakvu koli inu sna u istom razdoblju života. Ova minimalna koli ina spavanja zadržava se tijekom perioda najintenzivnijeg rasta i u enja novoro en eta. Pretpostavka je da do toga dolazi jer mladunac nema dovoljnu koli inu masnog tkiva pa mora provoditi aktivnu termoregulaciju u hladnim oceanskim vodama. Jednako tako, neprestana aktivnost omogu uje mladuncu sigurno plivanje uz majku. (Siegel 2005.)

No, nije samo mladunac taj koji ne spava. Nakon poroda i majka prolazi period deprivacije sna koji se kao i kod mladunca o ituje u smanjenoj pokretljivosti i nedostatku jednostranog sklapanja o iju. Nakon ovog perioda “nesanice” ni majka, ni mladunac ne pokazuju nikakvo produljenje vremena spavanja kojim bi se nadomjestio prethodni manjak sna. (Siegel 2005.)

Istraživanja na jednoj slijepoj vrsti dupina (*Platanista indi*) u Indijskom oceanu pokazala su kako je on prilago en svom nesigurnom životnom okolišu. Tijekom 24 sata spava u periodoma od 90 sekundi, što ukupno u jednom danu iznosi 7 sati (Gachal i sur. 2004.). Zanimljivo je i da kod *Cetacea* nije utvr ena REM faza spavanja.

### 3.2. OTARIIDAE (UŠATI TULJANI)

Morski lavovi (Sl.4.), jedni od predstavnika ušatih tuljana, dio vremena provode u vodi hrane i se, a dio na kopnu tijekom razmnožavanja. Za vrijeme boravka u vodi pokazuju unilateralni model spavanja sli an onome prona enom kod *Cetacea*, iako postoje male razlike. Primjerice, kod njih su osim EEG asimetrije tijekom spavanja utvr ene i motori ke asimetrije. Za vrijeme sna peraja kolateralna hemisferi sa sporovalnom aktivnoš u lagano se kre e odražavaju i položaj životinje. Kada se sporovalna aktivnost prebaci na drugu hemisferu, promijeni se i peraja koja se kre e. Dok su u vodi morski lavovi, kao ni kitovi, gotovo da nemaju REM fazu sna. Izostanak te ina e klju ne faze spavanja može potrajati i do dva tjedna. (Lyamin i sur. 2007.)

Prelaskom na kopno, dolazi do brze i nagle promjene unilateralnog u bilateralno spavanje karakteristi no za terestri ke sisavce. Pojavljuju se i NREM i REM faza spavanja. ak ne postoji nikakav oblik rekuperacije vremena spavanja s obzirom na izostanak REM faze u vodi. (Lyamin i sur. 2004.)



**Slika 4.** Sjeverni morski lav, *Callorhinus ursinus*, iz porodice *Otariidae* (preuzeto s [http://www.calacademy.org/science\\_now/images/bull.jpg](http://www.calacademy.org/science_now/images/bull.jpg))

Morski lavovi pokazuju, dakle, i unilateralno spavanje karakteristi no za morske sisavce kao i bilateralno koje je odlika terestri kih sisavaca. Malo se zna o ovom fenomenu i mehanizmu koji prebacuje dva sasvim razli ita na ina spavanja. Spavanje morskih lavova u vodi naziva se još i asimetri no sporovalno spavanje (ASWS, *engl. asymmetrical slow wave sleep*) (Lyamin i sur. 2008.). Stoga, jedinstven su model za prou avanje spavanja i mehanizama odgovornih za EEG aktivnost moždane kore.

### **3.3 FUNKCIJE UNILATERALNOG SPAVANJA MORSKIH SISAVACA**

Postoje raznovrsne teorije o funkciji sna s obzirom da spavaju i provedemo gotovo 1/3 života. Uz razvoj mozga i u enje naj eš e se spominje o uvanje energije. Tako er, jedan vrlo bitan odnos u biologiji sisavaca sigurno je odnos tjelesne mase i stope metabolizma. Velike životinje, poput afri kog slona, imaju nisku stopu metabolizma, dok je ista kod malih životinja poput rovke, puno viša. Viša stopa metabolizma zna i ujedno i stvaranje više molekula reaktivnog kisika koji uništava stanice. Tijekom spavanja smanjuje se stopa metabolizma pa prema tome i koli ina reaktivnog kisika koji se stvara. Prema toj teoriji, organizam spavaju i sam sebi produžuje životni vijek. (Siegel 2005., Hobson 2005.)

Kod morskih sisavaca pretpostavka je da unilateralno spavanje ima funkciju monitoringa okoliša. Na kopnu se mogu prona i relativno sigurna mjesta za odmor i spavanje, dok je u vodenom okruženju takvih mjesta vrlo malo. Nužan je zato neprestani oprez i spremnost na obranu od predatora, a upravo to je omogu eno unilateralnim spavanjem. (Siegel 2005.)

## 4. ZAKLJUČCI

Spavanje je univerzalna karakteristika svih sisavaca, ali se me u pojedinim redovima toliko razlikuje da je upitno možemo li te različite vrste spavanja uspoređivati. Ako senzorički i motorički sustav uopće ne pokazuju inaktivaciju tipičnu za spavanje te ako ne postoji izmjena NREM i REM faze, možemo li kod morskih sisavaca uopće govoriti o spavanju u konvencionalnom smislu?

Potrebna su još mnogobrojna iscrpna istraživanja na ovom području kako bi se donekle razjasnili molekularni mehanizmi unilateralnog spavanja; potrebno je utvrditi koji neurokemijski i neurofiziološki aspekti definiraju ovu vrstu spavanja osim unilateralne sporovalne moždane aktivnosti i sklapanja oči. Zanimljivo bi bilo proučiti kakve se sve funkcionalne asimetrije javljaju tijekom ovakvog načina spavanja i koliko je “budna” hemisfera sposobna samostalno funkcionirati. Npr. može li dupin (*SI.5.*) tijekom spavanja proizvesti signalne zvukove i komunicirati s ostalim dupinima na uobičajen način.

Smatram da će daljnja istraživanja ovog fenomena rasvijetliti evolucijske putove spavanja i mehanizme sna kako morskih tako i terestričkih sisavaca.



**Slika 5.** Dobri dupin, *Tursiops truncatus*, iz reda *Cetacea* (preuzeto s [http://www.michellepetz.com/pictures/Bottlenose\\_Dolphin\\_KSC04pd0178.jpg](http://www.michellepetz.com/pictures/Bottlenose_Dolphin_KSC04pd0178.jpg))

## 5. LITERATURA

- Gachal G.S., Slater F.M., 2004. Barrages, Biodiversity and the Indus River Dolphin. *Pakistan Journal of Biological Sciences* vol. **7**, pp. 797-801.
- Hobson J.A., 2005. Sleep is of the brain, by the brain and for the brain. *Nature* vol. **437**, pp. 1254-1256.
- Judaš M., Kostovi I., 1997. Temelji neuroznanosti. 1. izd., MD, Zagreb; pog. 19.
- Lapierre J.L., Kosenko P.O., Lyamin O.I., Kodama T., Mukhametov L.M., Siegel J.M., 2007. Cortical acetylcholine release is lateralized during asymmetrical slow-wave sleep in northern fur seals. *The journal of neuroscience* vol. **27**, pp. 11999-12006.
- Lyamin O.I., Kosenko P.O., Lapierre J.L., Mukhametov L.M., Siegel J.M., 2008. Fur seals display a strong drive for bilateral slow-wave sleep while on land. *The journal of neuroscience* vol. **28**, pp. 12614-12621.
- Lyamin O.I., Pryaslova J., Kosenko P.O., Siegel J.M., 2007. Behavioral aspects of sleep in bottlenose dolphin mothers and their calves. *Physiology & Behavior* vol. **92**, pp. 725–733
- Lyamin O.I., Mukhametov L.M., Siegel J.M., 2004. Relationship between sleep and eye state in Cetaceans and Pinnipeds. *Archives Italiennes de Biologie* vol. **142**, pp. 557-568.
- Mukhametov L. M., 1984. Sleep in marine mammals. *Experimental Brain Research*, suppl.**8**, pp. 227–238.
- Pough F.H., Janis C.M., Heiser J.B., 2005. Vertebrate Life. 7<sup>th</sup> edition, Pearson Education International, New Jersey.
- Randall D, Burggren W., French K., 2002. Eckert Animal Physiology: Mechanisms and Adaptations, 5<sup>th</sup> edition, W. H. Freeman and Co., New York.
- Siegel J.M., 2005. Clues to the functions of mammalian sleep. *Nature* vol. **437**, pp. 1264- 1271.
- Tkal i M., 2008. Spavanje i sanjanje; predavanje prema Pinel J. P. J., 2002. *Biološka psihologija*, Slap, Jastrebarsko.
- [http://www.calacademy.org/science\\_now/images/bull.jpg](http://www.calacademy.org/science_now/images/bull.jpg)
- <http://www.dicts.info/img/ud/orca.jpg>
- <http://faculty.washington.edu/chudler/sleep.html>

[http://www.michellepetz.com/pictures/Bottlenose\\_Dolphin\\_KSC04pd0178.jpg](http://www.michellepetz.com/pictures/Bottlenose_Dolphin_KSC04pd0178.jpg)

<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=11607>

[http://www.nature.com/nrn/journal/v3/n9/fig/\\_tabnrn915\\_F4.html.html](http://www.nature.com/nrn/journal/v3/n9/fig/_tabnrn915_F4.html.html)

## 6. SAŽETAK

Spavanje je univerzalna pojava široko raširena među svim redovima kralješnjaka. Zbog velikih anatomskih razlika i specifičnih staništa koja pojedine skupine naseljavaju, razvili su se i raznoliki načini spavanja. Bez obzira na to kako pojedine vrste spavaju, funkcija samog sna je vrlo slična. Teorije najčešće isti u razvoj mozga tijekom spavanja, izbjegavanje predatora, obnavljanje tjelesnih resursa, preraspodjelu pamćenja, osušavanje energije i zaštitu od oksidativnog stresa. Kako bilo, sigurno je da je spavanje kralješnjacima neophodno. Mnoga istraživanja na različitim redovima sisavaca pokazala su da deprivacija sna dovodi do smanjenja vitalnih funkcija, a na koncu i do smrti.

Klasično bilateralno spavanje sisavaca podijeljeno je na više faza koje karakteriziraju različiti EEG valovi moždane kore. Tako spavanje započinje NREM fazom sna u kojoj se tijekom prvih četiri stadija izmjenjuju alfa, theta i delta valovi uz pojavu vretena spavanja i K kompleksa. Zatim slijedi REM faza koja započinje pojavom PGO valova. Javljaju se brzi pokreti oči, promjene disanja i pulsa, trzaji prstiju te erekcija kod muških jedinki.

Unilateralni način spavanja morskih sisavaca, *Cetacea* i *Otariidae*, fenomen je biologije kralješnjaka. Održavaju i jednu hemisferu budnom, uspijevaju motriti turbulentni vodeni okoliš i tako lakše izbjeći moguće predatore. Istovremeno u drugoj hemisferi prevladava sporovalna EEG aktivnost karakteristična za klasično spavanje. Morski lavovi specifični su po tome što za vrijeme boravka u vodi pokazuju obrazac spavanja nalik onom kod *Cetacea*, a izlaskom na kopno prelaze na bilateralni način spavanja.

Daljnja istraživanja ove pojave dovest će zasigurno do novih zanimljivih otkrića u biologiji spavanja, koja će nam pomoći da upotpunimo svoju slagalicu znanja o jednoj od najvažnijih bioloških pojava uopće.



## 7. SUMMARY

Sleeping is the widespread appearance in all orders from the subphylum vertebrate. Because of the numerous anatomical differences and unique habitats that they inhabit, the numerous ways of sleeping have evolved also. No matter how particular species sleeps, its function is generally common. The sleeping theories underline development of brain during sleeping period, avoiding predators, memory consolidation, energy conservation and protection against oxidative stress. However, it is sure that sleeping is a necessity in vertebrate's physiology. Researches on different mammalian orders have confirmed that sleep deprivation drives to descent of vital functions and finally to death.

Classical bilateral sleeping of mammals is divided into several phases characterized by different EEG waves of neocortex. Sleeping begins with NREM phase, in which alpha, theta, delta waves, sleep spindle and K complex are alternating during first four stages. Then comes the REM phase in which the PGO waves occur. Rapid eye movements, changes in breathing rhythm and pulse, finger twitching and erection in males are observed in this phase.

Unilateral way of sleeping in marine mammals, *Cetacea* and *Otariidae*, is unique in vertebrate's biology. Maintaining one hemisphere awake, they manage to monitor turbulent marine environment and to avoid possible predators. At the same time, in the other hemisphere slow-wave EEG activity characteristic for classical sleeping is dominant. Fur seals are specific because while in water they show the way of sleeping similar to that in Cetaceans, and when they are on land they transfer to bilateral sleeping.

Further researches on this field will lead to new tremendous discoveries in biology of sleeping, which will help us to supplement our puzzle of knowledge about one of the most important biology phenomenon in general.

