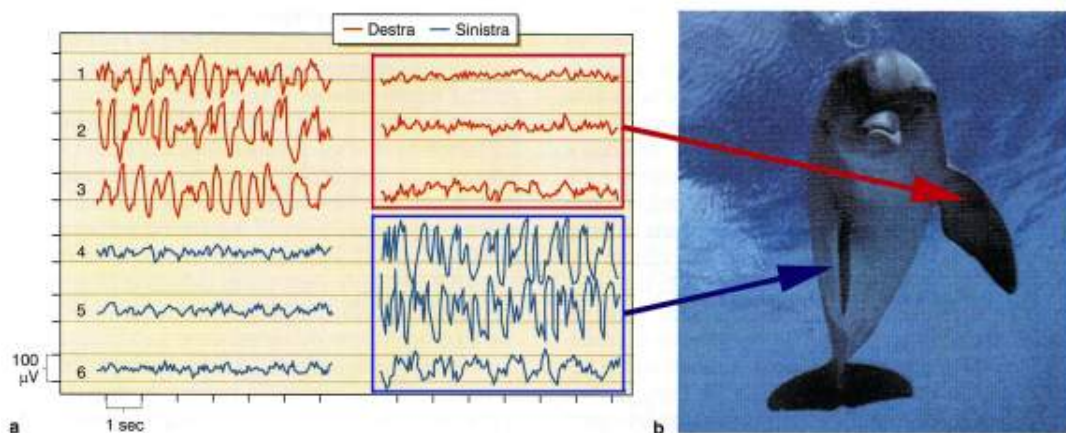


# Il sonno nelle diverse specie animali

**Premessa:** Andando a prendere notizie certe di molti file scientifici via internet , si e` voluto creare un lavoro di studio sulla filogenesi ed ontogenesi del sonno nelle varie specie animali, partendo dalle piu` semplici sino ad arrivare alle specie superiori maggiormente complesse, cercando di spiegare il sonno ,le sue patologie e la sua evoluzione indotta dalle caratteristiche morfologico – funzionali del sistema nervoso nella sua parte encefalica.



Il sonno di tutti i mammiferi, uomo compreso, non differisce qualitativamente da specie a specie. **Anche negli uccelli si osserva il ciclico alternarsi di periodi di sonno NREM con brevi periodi di sonno REM.** Particolarmente interessanti sono alcune differenze tra il sonno dei mammiferi terrestri e quello dei mammiferi acquatici. Per esempio, i delfini e le foche, sono in grado di dormire con una sola metà del cervello nell'ambiente acquatico. Il parziale mantenimento dell'attività di veglia consente all'animale di controllare sempre l'attività respiratoria.



Infatti se si osservano attentamente le 2 immagini della Fig. 1: si può notare che:

a) **Elettroencefalogramma** di un delfino. Si osserva come, in diversi momenti della giornata, le onde ampie e lente che caratterizzano il sonno NREM compaiono alternativamente in una delle due metà del cervello, mentre l'altra metà presenta l'attività caratteristica della veglia.

b) **Immagine di un delfino addormentato.** La parte sinistra del corpo (pinna orizzontale, freccia rossa) è mantenuta in attività grazie allo stato di veglia della metà destra del cervello (tracciato elettroencefalografico desincronizzato in 1, 2 e 3).

Naturalmente scendendo i gradini della scala zoologica, la struttura del sonno diventa progressivamente molto semplice, fino a ridursi, come è stato recentemente osservato nei moscerini (fig. 2), al semplice alternarsi di periodi di attività e riposo.



(fig. 2) moscerino

## Sonno ed encefalo

Il sonno è un comportamento generato da meccanismi localizzati nel sistema nervoso centrale. **I centri nervosi che sono ritenuti principali responsabili delle manifestazioni fisiologiche del sonno**, sono collocati nel **diencefalo ( a )** e nel **tronco dell'encefalo ( b )**, strutture che costituiscono le porzioni più profonde e, dal punto di vista evolutivo, più antiche dell'encefalo (fig. 3).

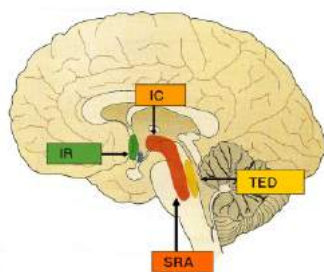


Fig. 3: Schema **dell'encefalo nelle parti diencefalica e troncoencefalica**

**a) la parte rostrale (IR) e quella caudale (IC) dell'ipotalamo, struttura situata alla base della parte dell'encefalo detta diencefalo,**

**b) la parte dorsale del tronco dell'encefalo (TED) e la sostanza reticolare attivante (SRA),** che è collocata nel tronco dell'encefalo e si continua nell'ipotalamo caudale.

È noto da tempo che **nell'uomo la sonnolenza e l'insonnia possono essere causate da lesioni rispettivamente delle parti caudali (IC) e rostrali (IR) dell'ipotalamo**, come fu osservato da uno scienziato in pazienti colpiti da encefalite in conseguenza della pandemia influenzale detta "Spagnola".

- D'altra parte, i fenomeni motori caratteristici del sonno REM, come l'**ipotonia** muscolare, le brusche contrazioni muscolari (**mioclonie**) i **movimenti rapidi degli occhi**, **dipendono da:**

**l'attività di centri nervosi situati nella parte dorsale del tronco dell'encefalo (TED).**

- **La condizione di veglia è invece favorita** da:

**l'attività di diversi centri nervosi distribuiti lungo il tronco dell'encefalo, in una struttura definita sostanza reticolare attivante (SRA),** che si prolunga in alto fino a **raggiungere l'ipotalamo caudale(IC).**

# Definizione di sonno

Il sonno può seguire una definizione fisiologica o comportamentale.

In senso fisiologico ( REM ), il sonno è uno stato caratterizzato da:

- incoscienza reversibile;
- speciali modelli di onde cerebrali;
- movimenti sporadici degli occhi;
- perdita di tono muscolare (possibilmente con alcune eccezioni vedi sotto per quanto riguarda il sonno di uccelli e di mammiferi acquatici);
- da un aumento compensativo a seguito di privazione di questo stato.

Nel senso funzionale(NREM ), il sonno è uno stato caratterizzato dalla:

- non-reattività agli stimoli esterni;
- l'adozione di una postura tipica;
- l'occupazione di un sito protetto, che è di solito ripetuto su una base di 24 ore.

## La fisiologia nel sonno

L'inattività comportamentale che caratterizza il sonno nasconde una varietà di eventi fisiologici che la ricerca scientifica ha potuto rivelare mediante la registrazione di diverse attività fisiologiche:

- attività bioelettrica del cervello ( elettroencefalogramma ),
- attività dei muscoli scheletrici ( elettromiogramma ),
- attività del cuore ( elettrocardiogramma )
- attività meccanica dei muscoli respiratori ( spirogramma ).

La registrazione contemporanea di tutte queste variabili viene definita polisonnografia, termine comunemente usato per indicare una registrazione simultanea di più parametri fisiologici durante la notte, mediante un polisonnografo. Normalmente nel corso del test vengono registrati due o più canali EEG, vari canali elettromiografici, i movimenti di torace e addome, il flusso oronasale, la saturazione di ossigeno nel sangue.

Nella sottostante tabella sono indicate le variazioni di attività rispetto:

- alla veglia del sistema nervoso vegetativo nelle sue due sezioni: simpatica (che predispone l'organismo all'azione) e parasimpatica (che predispone l'organismo al riposo);

e delle funzioni:

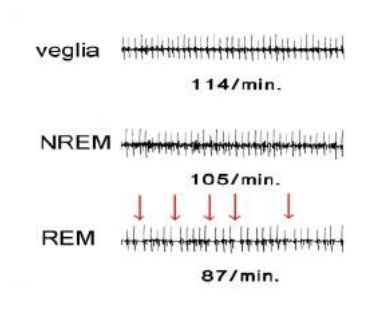
- funzione cardiocircolatoria;
- funzione respiratoria;
- funzione termoregolatoria osservate nelle fasi NREM e REM del sonno.

Funzione	Sonno NREM	Sonno REM
vegetativa	prevalenza attività parasimpatica	attività simpatica e parasimpatica irregolare
cardiocircolatoria	diminuita	irregolare
respiratoria	diminuita	irregolare
termoregolatoria	normale	depressa o soppressa

**Nel sonno NREM** l'attività cardiocircolatoria diminuisce rispetto alla veglia e la frequenza cardiaca si riduce (fig. 5).

Ciò dipende da un aumento dell'attività della sezione parasimpatica e da una diminuzione dell'attività della sezione simpatica del sistema nervoso vegetativo. Questo è perfettamente coerente con la condizione di ridotta attività motoria che caratterizza il sonno NREM.

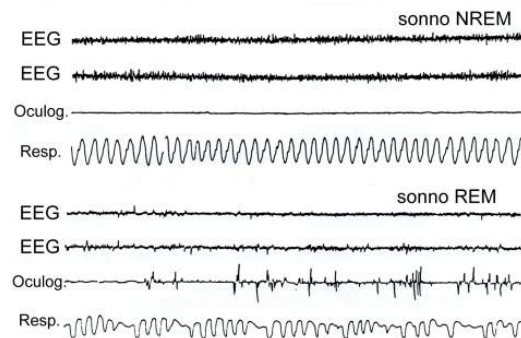
In contrasto, **nel sonno REM** l'attività cardiocircolatoria risulta assai variabile per effetto di irregolarità marcate dell'attività del sistema nervoso vegetativo. Come indicato dalle frecce nella fig. 4, il battito cardiaco risulta molto meno ritmico.



**Fig. 4 : Elettrocardiogramma registrato durante le fasi del ciclo veglia-sonno nell'animale. I segmenti verticali che si osservano sul tracciato evidenziano il succedersi dei battiti cardiaci. Sotto ogni tracciato è indicata la frequenza cardiaca (battiti/min). Come indicato dalle frecce, durante il sonno REM la successione dei battiti cardiaci risulta molto irregolare**

Durante **il sonno NREM il ritmo respiratorio è regolare (fig. 5)**. La frequenza respiratoria risulta minore rispetto alla veglia perché lo stato di riposo muscolare riduce le necessità di ossigeno dell'organismo.

Nel **sonno REM, invece, la frequenza e l'ampiezza della ventilazione sono irregolari**, specialmente in associazione con i movimenti oculari rapidi e le **mioclonie** ( breve e involontaria contrazione di un **muscolo** o di un gruppo di muscoli ).



**Fig. 5: Polisonnografia eseguita durante il sonno NREM e il sonno REM, che mostra i caratteri distintivi delle due fasi del sonno con riferimento all'elettroencefalogramma (EEG), all'**oculogramma** (Oculog.) e allo spirogramma (Resp.).**

Grazie alla termoregolazione, gli animali a "sangue caldo" (**omeotermi**) riescono a mantenere pressoché inalterata la propria temperatura corporea anche in condizioni di temperatura ambientale non ideali, la quale è:

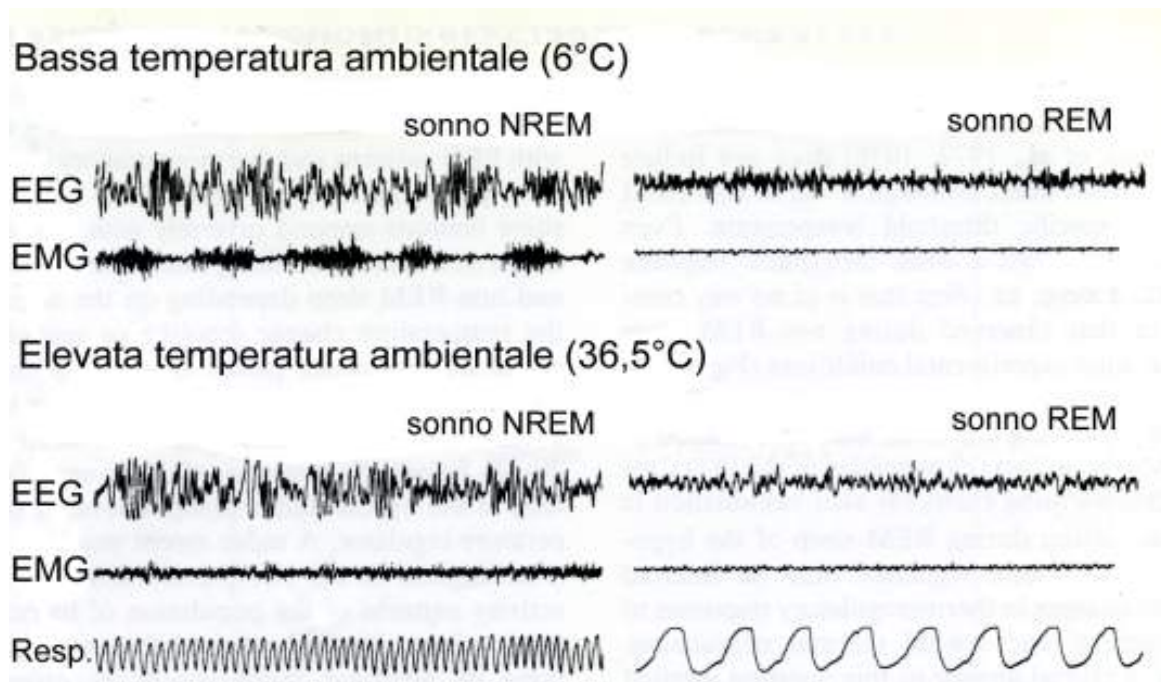
1. mantenuta costante a bassa temperatura ambientale dalla **vasocostrizione** cutanea e dalla comparsa del **brivido** muscolare,
2. mantenuta costante a elevata temperatura ambientale dalla **vasodilatazione** cutanea e, inoltre, dalla sudorazione nell'uomo o dalla **polipnea termica** nell'animale.

**Queste risposte termoregolatorie sono presenti nel sonno NREM, mentre sono depresse o abolite nel sonno REM.**

Come si può apprezzare nella figura 6, nell'animale mantenuto a bassa temperatura ambientale:

- **il brivido** registrato dall'elettromiogramma (EMG) **durante il sonno NREM (A) scompare durante il sonno REM (B).**
- analogamente, nell'animale posto a una temperatura ambientale elevata, **la polipnea termica, che si manifesta con un'elevata frequenza del ritmo respiratorio durante il sonno NREM scompare durante il sonno REM.**

Pur essendo stati chiariti alcuni dei meccanismi che portano alla sospensione della termoregolazione durante il sonno REM, non si conosce ancora per quale ragione questo accada.



**Fig. 6: Polisonnografia eseguita durante il sonno NREM e il sonno REM in un animale mantenuto a bassa o a elevata temperatura ambientale. Sono mostrati gli andamenti di: dell'elettroencefalogramma (EEG), dell'elettromiogramma (EMG), dello spirogramma (Resp.).**

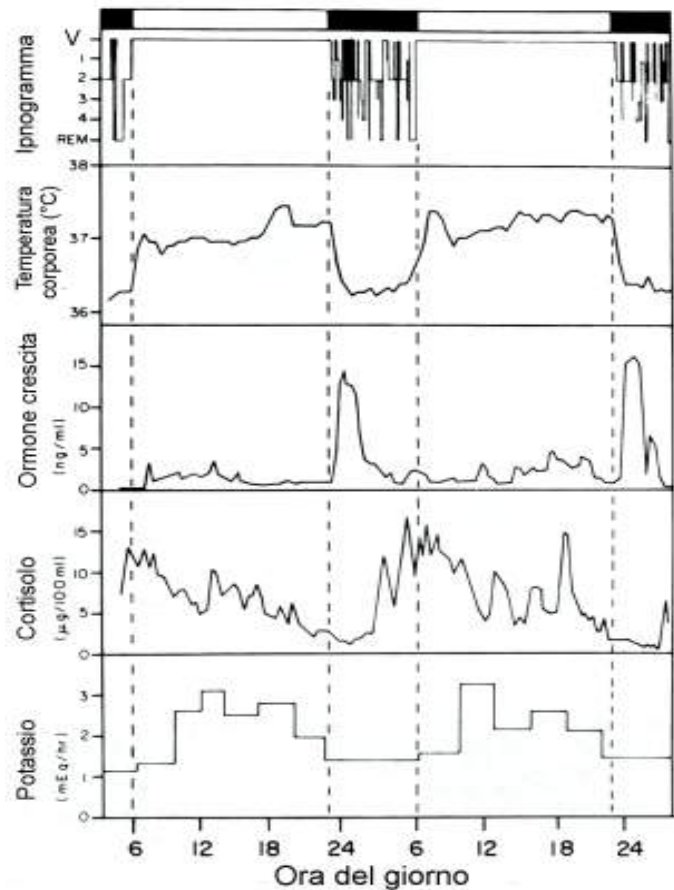
Nel sonno NREM, la presenza del brivido a bassa temperatura ambientale è:

- attestata dall'aumento e dalla ritmicità dell'attività muscolare;
- quella della polipnea termica a elevata temperatura ambientale è attestata dall'alta frequenza degli atti respiratori.

Anche le secrezioni endocrine subiscono complesse variazioni dipendenti dallo stati di sonno. Ad esempio, come si osserva nella figura 7, ove il periodo di veglia è indicato dalla barra bianca e quello di sonno dalla barra nera, l'ormone ipofisiario della crescita presenta:

- la massima secrezione nelle fasi iniziali del periodo di sonno durante la fase NREM,
- mentre la secrezione del cortisolo aumenta verso la fine del periodo di sonno e al risveglio.

**barra bianca: veglia, barra: nera sonno**



**Fig. 7: Andamento nell'uomo, in due giornate consecutive, della: 1) temperatura corporea, 2) della concentrazione nel plasma dell'ormone della crescita, 3) del cortisolo e del potassio.**

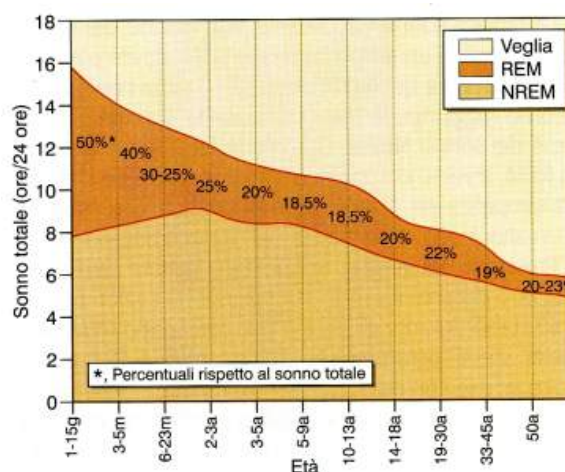
**In alto, il periodo di veglia è indicato dalla barra bianca e quello di sonno dalla barra nera e dal tratteggio.**

**Durante questo periodo è mostrato anche l'alternarsi delle fasi di sonno NREM / REM (ipnotogramma).**

## La regolazione del sonno

La quantità di sonno e la distribuzione relativa delle fasi di sonno **NREM** e di sonno **REM** si modifica nel corso della vita (fig. 8). La massima quantità di sonno si osserva nel neonato.

**Con il passare degli anni si riduce soprattutto la quantità del sonno REM.**

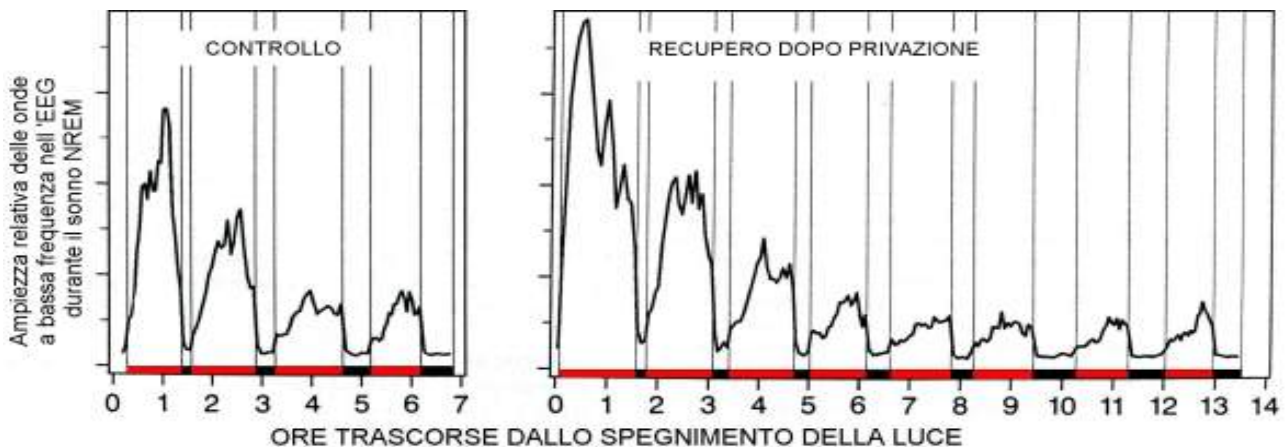


**Fig. 8 : Variazioni della quantità oraria giornaliera di sonno NREM e sonno REM nell'uomo nelle diverse età della vita.**

Un meccanismo regolatore tende a mantenere costante la durata e la profondità del sonno.

Infatti, **la privazione di sonno comporta il recupero del debito contratto.**

La figura 9 mostra che tale recupero si manifesta con un aumento non solo della durata totale giornaliera del sonno e delle sue fasi **NREM (barre rosse) e REM (barre nere)** indicate sull'asse dei tempi, ma anche della sua profondità espressa dall'intensificazione delle onde di bassa frequenza nell'elettroencefalogramma durante le fasi NREM.



**Fig. 9 : Ore trascorse in sonno in condizioni normali (Controllo); Ore trascorse in sonno dopo avere mantenuto sveglio il soggetto per una notte intera e per tutta la giornata successiva (Recupero).** Il tempo trascorso in sonno NREM è indicato dalle barre rosse, quello trascorso in sonno REM dalle barre nere. Il tracciato indica l'ampiezza relativa delle onde a bassa frequenza dell'elettroencefalogramma (EEG) durante le diverse fasi di sonno NREM.

## La funzione del sonno

Nonostante le numerose ipotesi volte ad attribuire al sonno una funzione specifica, gli studiosi sono ancora alla ricerca di una risposta alla domanda **"perché si dorme?"** Il sonno appare essere **un comportamento durante il quale vengono svolte funzioni indispensabili o almeno assai utili per:**

- a) **il sistema nervoso;**
- b) **per l'organismo.**

Queste considerazioni sono estremamente veritiere infatti **questo comportamento risulta conservato costantemente dal punto di vista evolutivo.**

**Pur rappresentando un periodo di profondo isolamento senso-motorio dell'organismo dall'ambiente esterno, il sonno è caratterizzato da un'attività cerebrale continua.**

Inoltre, il metabolismo cerebrale, risulta solo leggermente ridotto durante il sonno **NREM** e ritorna ai livelli tipici della veglia durante il sonno **REM**.



### **Il cervello, quindi, durante il sonno non è inattivo.**

Per mantenere sveglio un animale occorre stimolarlo in modo energico e continuo; se l'animale muore è però difficile dire se ciò accada per la mancanza di sonno o per l'effetto stressante degli stimoli di natura meccanica che lo tengono sveglio. Questo problema metodologico è stato risolto recentemente attraverso un esperimento:

due ratti dello stesso ceppo ricevono nelle 24 ore la stessa quantità di stimoli; uno dei due li riceve quando sta per addormentarsi, l'altro a caso.

Il primo, non riuscendo ad addormentarsi muore in 2-4 settimane, mentre il secondo, riuscendo a dormire, sopravvive senza conseguenze. **L'effetto biologico più evidente della privazione cronica di sonno, almeno nel ratto, sembra essere una perdita progressiva di peso, dovuta all'abnorme aumento della spesa calorica. Il sonno potrebbe perciò servire a mantenere in equilibrio i meccanismi termoregolatori dell'organismo.**

Con studi molto mirati si è quindi potuto osservare che il ratto totalmente deprivato di sonno per circa un mese (fig. 10, **linea rossa**) **muore per una grave sindrome metabolica**, caratterizzata da:

- calo incontrollabile della temperatura;
- calo del peso corporeo,

**che non possono essere compensati mediante un aumentato apporto di energia attraverso l'assunzione di cibo.**

Anche se permangono molti dubbi sulla specificità dell'effetto, in quanto l'animale risulta molto stressato dalla procedura di deprivazione, è stato però dimostrato che **un animale che subisca uno stress di intensità paragonabile, ma a cui venga consentito di soddisfare il 60-70% del proprio fabbisogno ipnico mostra segni patologici molto meno evidenti** (fig. 10, **linea blu**).

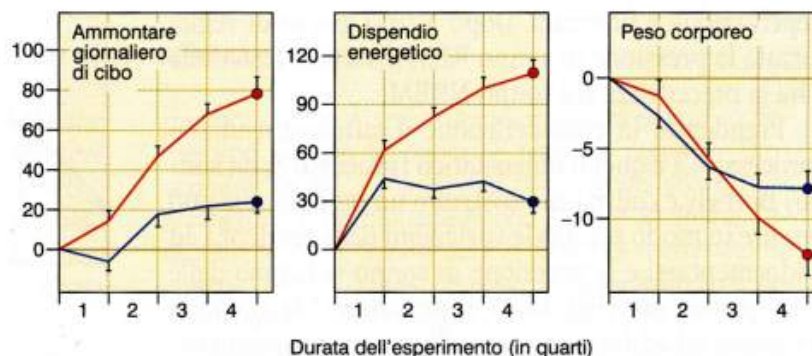


Fig. 10: **Andamento nel ratto di laboratorio di: ammontare di cibo consumato, del dispendio energetico, del peso corporeo nel corso di un mese in due condizioni sperimentali:**

- privazione totale di sonno (linea rossa);**
- privazione parziale di sonno (linea blu).**

Molte sono le ipotesi sulla funzione del sonno ed alcune riguardano la possibilità che **nel sonno siano attivate funzioni metaboliche cerebrali di natura specifica per compensare modificazioni fisiologiche occorse durante la veglia**, ma i dati sperimentali non hanno fornito in proposito risposte univoche.

Altre ipotesi sottolineano il ruolo del sonno nel favorire i fenomeni di plasticità delle cellule nervose.

A questo proposito i dati raccolti fanno pensare a **un ruolo determinante del sonno nel modellare e stabilizzare i nuovi contatti tra le cellule nervose**. Questi contatti risulterebbero cruciali per consolidare la memoria delle informazioni acquisite durante la veglia. Comunque, nonostante gli sforzi dei ricercatori, la funzione del sonno rimane ancora misteriosa.

## I principali disturbi del sonno

Al giorno d'oggi:

**non è immaginabile una corretta valutazione di un disturbo del sonno notturno, senza prendere in considerazione la correlazione con i livelli di vigilanza diurna.**

Infatti, esistono disturbi da:

1. scarsa efficacia o mancanza di sonno notturno (ad esempio le insonnie) con conseguente sonnolenza diurna;
2. eccessiva necessità di sonno prevalentemente durante il giorno, definite sindromi ipersonniche (ad esempio la narcolessia).

## La patologia del sonno

I disturbi del sonno sono assai diffusi nella popolazione con effetti più o meno gravi. Qui verranno indicate 4 patologie: **Insonnia, Sindrome delle apnee ostruttive del sonno, la narcolessia e l'insonnia fatale.**

Il **disturbo più comune è l'insonnia**, che però nel 70-80% dei casi è secondaria a una sfavorevole condizione ambientale o lavorativa o è la diretta conseguenza di altre patologie organiche o psichiche.

In altri **pazienti si osserva al contrario un eccesso di sonno o ipersonnia diurna, soprattutto come conseguenza di una patologia definita "Sindrome delle apnee ostruttive nel sonno"**, che non consente al paziente, spesso obeso e grande russatore, di dormire in maniera adeguata durante la notte.

L'ipersonnia più comune tra quelle che non risultano dipendere da altre patologie è la **Narcolessia**. Nei soggetti malati, l'eccessiva sonnolenza diurna accompagnata da attacchi di sonno irrefrenabili si associa spesso alla comparsa di attacchi "cataplettici", caratterizzati da un'improvvisa perdita del tono muscolare. Durante questi attacchi, che sono spesso provocati da emozioni improvvise, il paziente può cadere a terra rimanendo inerte per qualche minuto pur conservando uno stato di coscienza vigile.

Recentemente, le ricerche condotte in un ceppo di cani geneticamente ( che noi possiamo vedere nelle figure progressive da 1 a 3 ) affetti da narcolessia che mostrano i sintomi tipici della malattia (fig. 11) hanno mostrato il legame tra questa patologia e anomalie nell'azione di una sostanza chimica normalmente prodotta nell'ipotalamo posteriore, detta ipocretina.

**La produzione di ipocretina risulta ridotta nella maggior parte dei pazienti narcolettici.**



**Fig. 11: cane geneticamente affetto da narcolessia; l'emozione scatenata dalla vista del cibo produce nell'animale un attacco cataplettico, con improvvisa caduta a terra.**

Altra patologia di sintomi e segni gravissimi è l'**Insonnia fatale** caratterizzata dalla scomparsa progressiva del sonno. Essa risulta legata nella maggior parte dei casi a **una alterazione genetica ereditaria**. Tipicamente, in questi pazienti la scomparsa di una normale attività ipnica è associata a gravi disturbi della:

- funzione vegetativa;
- quella endocrina;
- seguita inevitabilmente dalla morte.

**In alcune aree cerebrali l'attività metabolica risulta ridotta (zone indicate dalle frecce nella immagine PET della fig. 12) e si osserva un deposito di "prioni" anomali, molecole proteiche che sono coinvolte in altre gravi patologie tra cui l'encefalopatia spongiforme bovina che caratterizza la sindrome comunemente detta della "mucca pazza".**

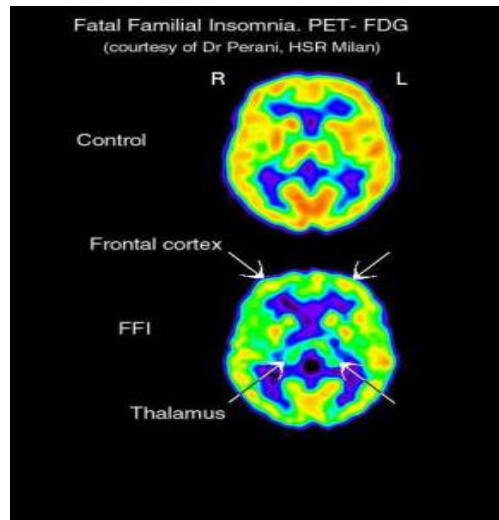
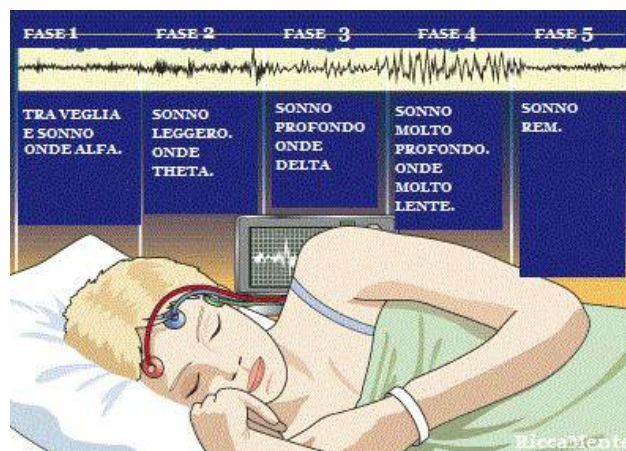


Fig. 12: Immagine ottenuta mediante "tomografia a emissione di positroni" (**PET**) in un soggetto normale (Control); in un paziente affetto da Insonnia Fatale (FFI).

La **colorazione giallo-arancio, che indica una normale attività metabolica cerebrale** risulta **assai ridotta** nella corteccia cerebrale del lobo frontale (Frontal cortex) e in alcune porzioni del talamo (Thalamus) **del paziente ammalato**

## IL SONNO FISIOLÓGICO



Lo si può definire come uno stato fisiologico periodicamente necessario, con:

1. **ciclicità governata da pace-maker circadiani;**
2. **organizzazione ciclo sonno-veglia in modo relativamente indipendente dalle condizioni esterne;**
3. **caratterizzato da un'interruzione dei rapporti sensoriali e motori che collegano il soggetto con il suo ambiente.**

Appare quindi come un distacco reversibile e periodico dallo stato di coscienza o di percezione dell'ambiente circostante.

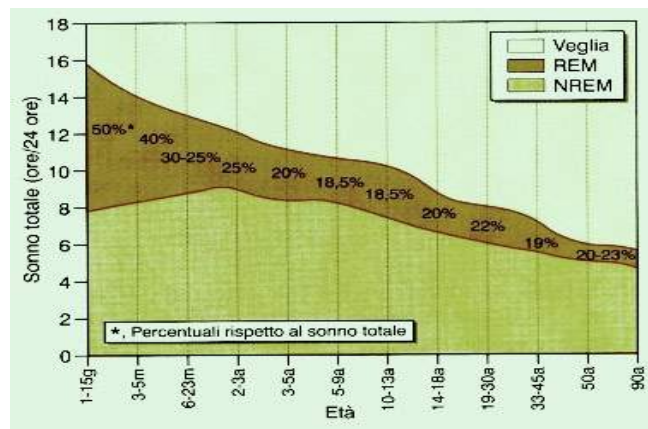
E' una condizione comune a tutti gli esseri appartenenti al regno animale ed in misura diversa anche a quello vegetale, così da immaginare una sua necessità biologica e funzionalmente indispensabile alla vita.

Nell'uomo adulto il sonno fisiologico ha una sua architettura ben definita; essa e' costituita da 4 cicli per notte (fino a poco tempo fa se ne consideravano 5), i quali si suddividono in due più grandi fasi che si alternano REM e non REM.

## La Macrostruttura del Sonno

La regolazione del sonno dipende da tre ordini di fattori:

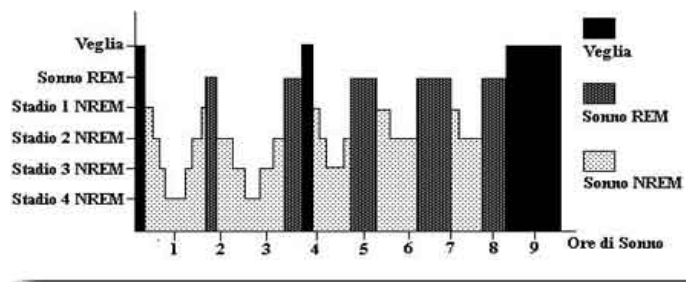
- 1) **un processo circadiano**, legato al ritmo giorno/notte, che si ripete quindi ogni 24 ore (25 nell'uomo), controllato dall'orologio biologico interno; è un meccanismo ciclo sonno-veglia che non dipende dalle abitudini!
- 2) **un processo omeostatico**, capace di autoregolarsi e pertanto di mantenere in equilibrio stabile le caratteristiche del meccanismo sonno/veglia, determinato dalla durata della veglia precedente; talora è anche definito: propensione al sonno per stanchezza.
- 3) **un processo ultradiano** (che compare più volte nell'arco delle 24 ore) che regola l'alternanza del sonno Non REM (NREM) e REM. Il sonno REM inizia quando si raggiunge una soglia efficace di slow wave activity (cosiddetta SWA).



**La quantità di sonno e la distribuzione relativa delle fasi di sonno NREM e di sonno REM si modifica nel corso della vita. La massima quantità di sonno si osserva nel neonato.**

Con il passare degli anni si riduce soprattutto la quantità del sonno REM.

L'elettroencefalogramma (EEG) è da lungo tempo lo strumento di elezione per studiare il sonno. L'attività dei neuroni della corteccia cerebrale genera dei campi elettrici abbastanza intensi da essere registrabili attraverso la superficie del cranio mediante elettrodi applicati sul cuoio capelluto. I piccoli segnali che si registrano vengono amplificati e filtrati per produrre le registrazioni EEG.



Su queste basi si è diviso il sonno in Fasi o Stadi:

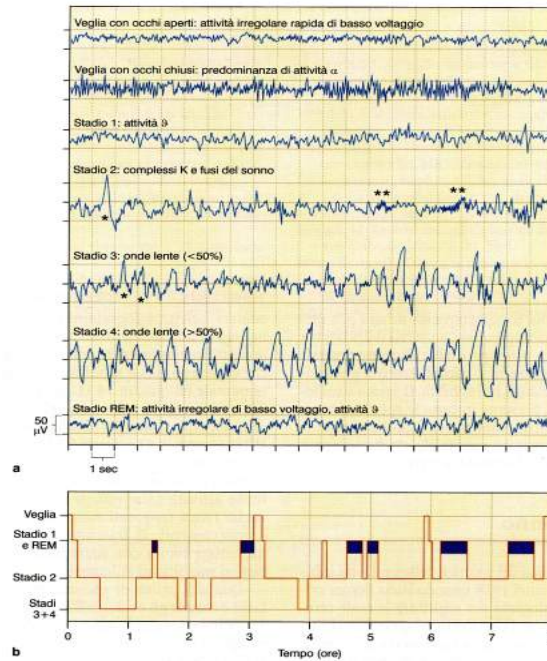
- **Stadio W (veglia tranquilla)** La coscienza si conserva anche se con gli occhi chiusi; tono muscolare da medio ad elevato; saltuari lenti movimenti degli occhi;
- **Stadio 1 del Sonno NREM** Stadio di « sospensione » (floating) con alternarsi tra coscienza (più o meno offuscata) e perdita di coscienza; tono muscolare da medio ad elevato, singoli movimenti lenti degli occhi;
- **Stadio 2 NREM** Sonno vero e proprio con completa perdita di coscienza; tono muscolare medio-alto; di solito assenza di movimento degli occhi.
- **Stadio 3 NREM** « Sonno profondo » incipiente; tono muscolare medio-alto; movimenti oculari inattivi
- **Stadio 4 NREM** « Sonno profondo »; tono muscolare per lo più medio-alto, occasionalmente basso; nessun movimento degli occhi.

**Gli stadi 1-4 nel loro insieme vengono indicati come Sonno non-REM (NREM). Gli stadi 3 e 4 insieme costituiscono lo slow-wave-sleep, sonno con onde lente (SWS).**

Separata da questi abbiamo poi ancora la **fase REM**; dove di solito:

**il tono muscolare è del tutto scomparso; si assiste al curioso fenomeno dei rapidi movimenti degli occhi, orizzontali o verticali,** (coniugati entrambi gli occhi si muovono sincronicamente e concordemente); questo Stadio è stato così definito come Rapid Eye Movements: REM's, da cui Sonno REM o fase REM).

Andando complessivamente ad analizzare il periodo del sonno esso è diviso in una fase priva di movimenti oculari rapidi (non rapid eye movement sleep in inglese, da cui l'acronimo **NREM** sleep, cioè sonno NREM in italiano) o "sonno a onde lente" per distinguerlo dall'ultima fase del sonno, la quinta, che è caratterizzata da un elettroencefalogramma con onde di alta frequenza e piccola ampiezza e da movimenti oculari rapidi (rapid eye movement sleep in inglese, da cui l'acronimo **REM** sleep, cioè sonno REM in italiano), o "sonno paradossale" a causa dell'attività elettroencefalografica simile a quella della veglia. Questa fase conclude il ciclo **ultradiano** di sonno (sonno NREM + sonno REM), ciclo che normalmente compare in successione da quattro a cinque volte nell'uomo durante il riposo notturno con una periodicità di 90-120 minuti.



L'elettroencefalogramma mostra le variazioni nel tempo (sec.) dell'attività elettrica dei neuroni, espressa in  $\mu\text{V}$  ( $10^{-6}$  V), nelle diverse zone del cervello. Queste variazioni generano onde di diversa frequenza e ampiezza nelle diverse fasi del ciclo veglia-sonno.

L'analisi dell'elettroencefalogramma consente di riconoscere il ciclico alternarsi delle fasi del sonno (sonno NREM, fasi I-IV; sonno REM, indicato dal rettangolo nero) nel corso di un'intera nottata ipnogramma.

## Sonno negli animali

La definizione fisiologica si può applicare agevolmente a uccelli e mammiferi, ma in altri animali, il cui cervello non è così complesso, la definizione comportamentale è generalmente preferita. Per animali molto semplici, definizioni comportamentali del sonno sono le uniche possibili, e comunque il repertorio comportamentale dell'animale potrebbe non essere abbastanza ampio da consentire la distinzione tra il sonno e la veglia.



Il **sonno negli animali non umani** si riferisce ad uno stato comportamentale e fisiologico caratterizzato da:

1. [incoscienza reversibile;](#)
2. [ridotta reattività agli stimoli esterni;](#)
3. [regolazione omeostatica.](#)

Il sonno sembra essere un **requisito per tutti i mammiferi e per la maggior parte degli altri animali.**

## La mente animale

Gli animali sognano? Ma quindi hanno una mente?

### L'ornitorinco: il mammifero con la fase REM più lunga



L'ornitorinco è un animale acquatico che vive solo in Australia e, non tutti sanno che, è un mammifero ed è anche l'unico, mammifero, insieme all'echidna, che depone le uova. Un altro record è appunto quello relativo al sonno. Infatti ha la fase REM del sonno più lunga di tutti gli altri animali: 8 ore di fase REM su un totale di 14 ore di sonno!

Un esempio interessante di attività mentale durante il sonno è quella del **diamante mandarino** (*Taeniopygia guttata*), un uccellino esotico molto colorato. Questi uccelli ripassano il canto mentre dormono. Alcuni ricercatori americani hanno, infatti, scoperto che, quando dormono, i neuroni del cervello coinvolti nell'apprendimento vocale esibiscono schemi di attività simili a quelli osservati negli uccelli svegli che cantano.



## Il sonno dei Delfini



I delfini dormono con un solo emisfero alla volta e quindi con un occhio chiuso e uno aperto. Questo adattamento gli permette di riposare senza perdere il controllo dei movimenti volontari e mantenere una certa vigilanza. Durante il sonno, i delfini tendono a coordinarsi in coppie e a nuotare fianco a fianco. Ci sono altri animali, che hanno queste stesse abitudini.



Le **otarie**, per quanto riguarda altri mammiferi marini, **hanno sia la capacità di dormire con entrambi gli emisferi cerebrali, ma anche con uno attivo e uno no, proprio come i delfini.**



Tra gli uccelli, **il rondone ha un sonno uni-emisferico che gli permette di volare e dormire contemporaneamente.**



## **Ontogenesi e Filogenesi: il sonno tra le specie**

Gli studi che hanno utilizzato lo **strumento del poligrafo** hanno permesso di rintracciare i segni del sonno paradossoso ( REM ) non solo nei neonati ma anche in altre specie animali, ricercando dunque un'origine sia ontogenetica che filogenetica del sonno come prova della funzione evolutiva di un'esperienza tanto diffusa.

Uno stato simile al sonno paradossoso è evidente infatti anche negli animali: ne è prova per esempio il comportamento allucinatorio del gatto in cui, durante il sonno paradossoso, è soppressa l'atonia muscolare.

## **L'ontogenesi negli animali**

**Nei gattini** appena nati si notano due stati di coscienza:

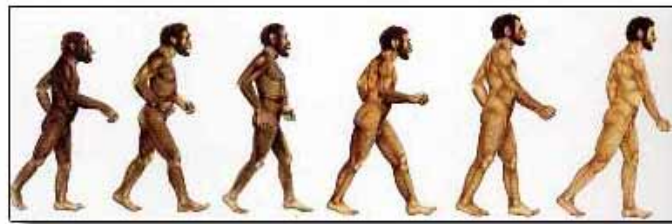
1. uno di veglia;
2. uno che potremmo definire di sonno paradossoso ( REM ).

Le pochissime fasi di sonno calmo ( NREM ), che cominciano invece a presentarsi progressivamente, nei primi mesi dopo la nascita, tra la veglia e il sonno paradossale.

Ulteriori studi hanno rilevato che la prevalenza del sonno paradossale è legata alla immaturità del sistema nervoso centrale, cioè, la maggiore presenza di fase REM sulla NREM e' dovuta alla propedeuticità della fase REM nella maturazione del sistema nervoso centrale.

**In base a questi studi si può sostenere che la quantità di sonno paradossale sia direttamente proporzionale al livello di sviluppo cerebrale e che tale fenomeno abbia un ruolo fondamentale nei processi di maturazione del sistema nervoso centrale.**

## L'ontogenesi negli esseri umani



**Nei bambini prematuri di sei mesi** è difficile riconoscere poligraficamente i due stati di sonno. ( REM = NREM )

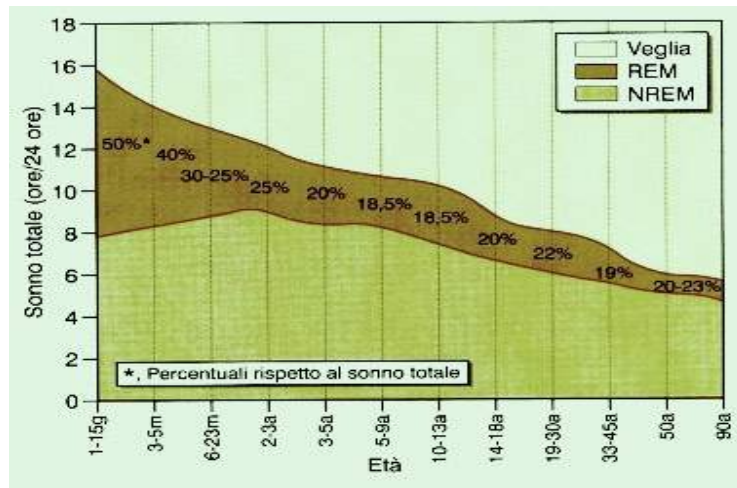
**Nei prematuri di sette/otto mesi,** che sono più vitali, si riconoscono invece facilmente i periodi di sonno paradossale. ( REM maggiore NREM )

**Nei nati a termine** infine si possono addirittura notare alcune smorfie simili a un abbozzo di sorriso, una scomparsa totale del tono dei muscoli del mento, irregolarità cardio-respiratorie e anche l'erezione. Questo sta a significare che " la percentuale di sonno paradossale dopo la nascita sia molto elevata, circa il 60% del sonno totale, cominciando poi a decrescere velocemente per raggiungere, verso il terzo anno, valori paragonabili a quelli dell'adulto ". ( REM minore NREM )

In seguito questi valori restano relativamente stabili fino alla vecchiaia (80 anni), in cui la percentuale di attività onirica si riduce fino al 12/15% della durata totale del sonno.

In sintesi si ritiene che:

durante l'ontogenesi sia preliminare la fase di sonno paradossale, in quanto propedeutica alla maturazione della corteccia cerebrale e del SNC.



**Il sonno lento ( NREM ) invece si presenta solo una volta completate le strutture fisiche. Usando un esempio informatico, il software (sonno lento) si può implementare solo dopo la realizzazione dell'hardware (sonno paradossale e maturazione cerebrale).**

## Aspetti filogenetici del sonno

Il sonno mi presenta 2 aspetti:

- 1. un sonno paradossale (sonno attivo o REM);**
- 2. un sonno sincronizzato (sonno quieto o NREM).**

La precoce comparsa del sonno paradossale (sonno attivo) nel feto e la successiva differenziazione del sonno in sonno sincronizzato (sonno quieto) nel periodo neonatale sono state considerate per molto tempo in contrasto con:

- **la tardiva comparsa filogenetica del sonno paradossale**, presente solo negli omeotermi (Uccelli e Mammiferi);
- **la precoce comparsa del sonno sincronizzato**, già evidente nei pecilotermi (Pesci, Anfibi e Rettili).

Vi sono due ipotesi del perché filogeneticamente il sonno paradossale appare **molto avanti** evolutivamente:

1. Secondo "l'ipotesi del risparmio energetico", il ridotto consumo energetico del sonno sincronizzato consentirebbe un risparmio particolarmente opportuno in ambienti con limitate risorse alimentari.

Nell'uomo, tuttavia, tale risparmio, in gran parte dovuto alla riduzione del tono muscolare, è di meno del 10% rispetto alla veglia quieta. Un risparmio di maggiore entità è possibile nei Mammiferi di piccola taglia, caratterizzati da un più elevato metabolismo di base.

2. Secondo l'ipotesi immunitaria, è compito del sonno sincronizzato potenziare le risposte immunitarie.

Vi sono due ipotesi del perché filogeneticamente il sonno paradossale appare **molto prima** evolutivamente:

1. **Secondo "l'ipotesi sentinella", gli episodi di sonno paradossale faciliterebbero il risveglio degli animali che vengono predati, consentendo loro un'eventuale ricognizione dell'ambiente.** L'ipotesi non riguarda quindi i predatori, che sono tra l'altro caratterizzati da una maggiore percentuale di sonno paradossale. Non vi sono inoltre prove che nel sonno paradossale la soglia di risveglio sia più bassa;
2. **Secondo l'ipotesi del trofismo delle vie visive, il ruolo del sonno paradossale si limiterebbe alla periodica comparsa dei REM che, attivando le vie visive, ne interromperebbe l'inattività imposta dal sonno sincronizzato, impedendone quindi l'eventuale atrofia oculare.**

Le ipotesi sono riportate soprattutto come esempi di una riduttiva tendenza a definire o il ruolo del sonno paradossale o del sonno sincronizzato, enfatizzando solo alcuni aspetti secondari del complesso assetto fisiologico del sonno. Questa discrepanza è stata ridimensionata dall'adozione di criteri meno rigidi di identificazione dei due tipi di sonno.

**Si sono così riscontrati molteplici indizi della commistione di versioni più primitive di ambedue le tipologie nei Vertebrati meno evoluti.**

Si ritiene dunque che:

**il sonno estremamente differenziato dei Mammiferi derivi filogeneticamente da uno stato primitivo, che compare nel periodo di riposo dei primi Vertebrati e va progressivamente differenziandosi insieme alla graduale differenziazione della veglia.**

Di particolare interesse è il caso di molte specie di Uccelli e di Mammiferi marini (in particolare il delfino), nei quali il sonno interessa solo un emisfero per volta mentre l'altro viene mantenuto sveglio per il controllo di funzioni e comportamenti essenziali.

Periodi di sonno identificati con criteri comportamentali, omeostatici, farmacologici ed elettrofisiologici sono presenti anche tra gli invertebrati, per esempio in alcuni Insetti (scarafaggio, ape, moscerino della frutta).

**Poiché comunemente l'ontogenesi viene considerata come una rapida ricapitolazione della filogenesi, ci si potrebbe aspettare - risalendo la scala evolutiva - di veder aumentare la quantità di sonno paradossale e diminuire quella di sonno calmo.**

In effetti i risultati sono totalmente differenti:

- Nei **pesci** e negli **anfibi** **sembra esistere un unico stato di "sonno comportamentale"**, senza variazioni dell'attività elettrica cerebrale.
- Nei **rettili** **il sonno paradossale sembra non esistere**, fatta eccezione per il caimano in cui però questo stato di sonno è molto rudimentale e non supera l'1% del sonno totale.
- Tra gli **uccelli** si osserva che nei pulcini **il sonno paradossale c'è, anche se di breve durata (3/10% del sonno totale), ed è accompagnato da tutti i principali segni di sonno**

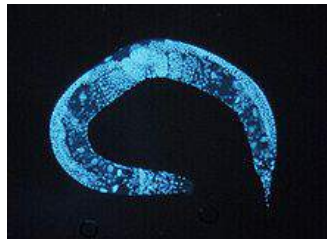
paradosso. Si osserva infatti un'accelerazione dell'attività elettrica cerebrale, un'importante diminuzione dell'attività dei muscoli nuchali, bradicardia e movimenti oculari. Dunque, lungo l'evoluzione, il sonno paradosso compare negli uccelli.

- Per quanto riguarda i **mammiferi** studiati, è stato riscontrato il sonno paradosso anche se con alcune differenze per specie, in base alle quali è possibile suddividere i mammiferi in due grandi categorie: i predatori e le prede.
  1. **Nei mammiferi-prede, che passano molto tempo alla ricerca del cibo e quindi in stato di veglia, il sonno è relativamente di breve durata, e le fasi di sonno paradosso sono brevi (circa il 4/5%).**
  2. **Nei mammiferi-predatori invece il sonno è lungo e profondo dal momento che raramente vengono attaccati durante il sonno. Il sonno paradosso è relativamente aumentato e costituisce il 20/30% del sonno totale.**

Secondo alcuni autori dunque i dati permettono di supporre che **la maturazione di alcuni sistemi cerebrali abbia necessità di una loro attivazione endogena durante il sonno paradosso.**

## Sonno negli invertebrati

Il sonno come **fenomeno** sembra avere radici evolutive molto antiche.



Il nematode Caenorhabditis elegans è il più primitivo organismo in cui sono stati osservati " stati assimilabili al sonno ". In esso uno stato di " precedono ogni muta, un fatto che potrebbe indicare che il sonno è primitivamente connesso lethargus" si verifica per brevi periodi che a processi di sviluppo.

Andando ad osservare altri studi inoltre, si viene ad osservare che il sonno è necessario per le modifiche al sistema neurale.

Studi elettrofisiologici del sonno in piccoli invertebrati sono complicati, tuttavia, anche semplici animali come i moscerini della frutta dormono e un disturbo sistematico di questo stato porta a disabilità cognitive.

Ci sono diversi metodi di misura delle funzioni cognitive nei moscerini della frutta. Un metodo comune è quello di lasciare i moscerini scegliere se volare attraverso un tunnel che porta a una sorgente di luce, o attraverso un tunnel buio: normalmente i moscerini sono attratti dalla luce, ma se è stato posto dello zucchero alla fine del tunnel buio, e qualcosa che ai moscerini non piace è collocato alla fine del tunnel di luce, i moscerini alla fine impareranno a volare verso il buio piuttosto che verso la luce. Moscerini privati del sonno richiedono più tempo per imparare questo e lo dimenticano più in fretta.

Se un artropode è sperimentalmente trattenuto dal dormire più di quanto sia abituato, il suo prossimo periodo di sonno risulta prolungato.

## Sonno nelle diverse specie



Un'ape del genere *Nomada* addormentata; si noti la caratteristica posizione con le mandibole ancorate al ramoscello. Le api cadono in alcuni dei più complessi stati di sonno tra gli insetti.

Negli scarafaggi questo periodo è caratterizzato dalle antenne che:

- sono ripiegate;
- una minor sensibilità agli stimoli esterni.



Anche i gamberi di fiume dormono:

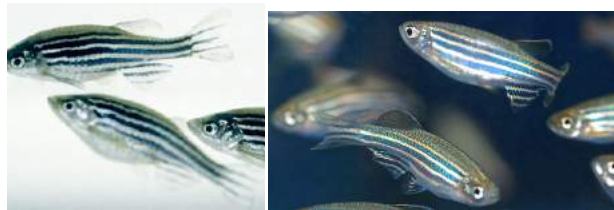
- sono più passivi
- hanno una soglia maggiore agli stimoli sensoriali oltre a modelli EEG decisamente diversi da quelli che hanno da svegli.



## Sonno nei vertebrati

Il sonno nei pesci non è ampiamente studiato. Si sospetta che alcune specie che vivono sempre in banchi, o che nuotano continuamente (perché necessitano di una ventilazione continua delle branchie, per esempio) non dormano mai. C'è anche un dubbio su certe specie cieche che vivono in grotte sottomarine.

Altri pesci, invece, evidentemente dormono. Per esempio, i pesci zebra, Tilapia, tinche, i pesci gatto nebulosi e i Cephaloscyllium ventriosum diventano immobili e non reattivi di notte (o di giorno, nel caso dei Cephaloscyllium);



Alternanza di fasi di sonno e di veglia in un pesci zebra adulto Colpa di una mutazione genetica: a questi pesci manca infatti l'oressina, il recettore dell'ipocretina, un neuropeptide prodotto da alcuni neuroni della regione del cervello che controlla i comportamenti base, come fame, sesso e sonno. I pesci-zebra con questo gene mutante dormono il 30 per cento meno di quelli che non ce l'hanno.

i Bodianus rufus e i Thalassoma bifasciatum possono anche essere sollevati con una mano fin su alla superficie dell'acqua senza avere reazioni. Durante un studio di osservazione di circa 200 specie in acquari pubblici europei, sono stati segnalati molti casi di apparente sonno.



*Bodianus rufus*

*Thalassoma bifasciatum*

D'altra parte, i cicli di sonno sono facilmente disturbati e potrebbero anche sparire durante: i periodi di migrazione, la deposizione delle uova e la cura dei cuccioli.

## Sonno nei rettili



Kinyongia tavetana e Morelia viridis addormentato

È stata registrata l'attività elettrica del cervello di rettili addormentati; il modello EEG riscontrato durante il sonno dei rettili è però diverso da quelli conosciuti dei mammiferi e degli altri animali. Per i rettili, il tempo di sonno aumenta a seguito di una privazione, e sono necessari stimoli più forti per risvegliare gli animali quando sono stati privati del sonno rispetto a quando hanno dormito normalmente. Questo suggerisce che il sonno che segue la privazione è più profondo, in maniera da compensarne il bisogno.

Un altro animale che non si sgancia facilmente dal suo appiglio è il pitone arboricolo verde (Morelia viridis), diffuso in Nuova Guinea ed estremo nord dell'Australia, che rimane drappeggiato attorno a un ramo grazie alla coda prensile. La posizione è ideale sia per riposare che per cacciare: mettendo la testa a penzolari è sempre pronto infatti ad attaccare la preda. Poiché non producono calore all'interno del corpo, i rettili dipendono dall'ambiente esterno: così vanno in letargo sia che le temperature si abbassino sotto il livello per loro ottimale (30-40 °C), sia che si alzino troppo (estivazione).

## Sonno negli uccelli



Gubo delle nevi addormentato

Ci sono notevoli somiglianze tra il sonno negli uccelli e quello nei mammiferi, questo fa pensare che il sonno negli animali superiori, con la sua divisione in REM e NREM si sia evoluto insieme con l'omeotermia.

Uccelli compensano la perdita di sonno in un modo simile ai mammiferi, con un più profondo o più intenso SWS (sonno a onde lente, in inglese *slow wave sleep*).

Gli uccelli hanno sia sonno REM che NREM, e i pattern EEG di entrambi sono simili a quelli dei mammiferi. Diverse specie di uccelli dormono per tempistiche differenti, ma le associazioni



notate tra i mammiferi tra la quantità di sonno e variabili come la massa corporea, la massa cerebrale, la massa cerebrale relativa, il metabolismo basale e altri fattori (vedi sotto) non si trovano negli uccelli.

Il solo fattore esplicativo evidente per le variazioni nelle quantità di sonno per uccelli di varie specie è che uccelli che dormono in ambienti in cui sono esposti ai predatori hanno meno sonno profondo degli uccelli che dormono in ambienti più protetti.



Cigno reale con almeno un emisfero addormentato

Una peculiarità che gli uccelli condividono con i mammiferi acquatici, e forse anche in alcune specie di lucertole, vi è la possibilità di avere sonno uniemisferico, che è la capacità di dormire con un emisfero cerebrale, mentre l'altro emisfero è sveglio.

I pareri degli studiosi non si accordano completamente a proposito del sonno degli uccelli migratori. L'oggetto di discussione è soprattutto se siano in grado o meno di dormire durante il volo.

## Sonno nei mammiferi



Volpi volanti addormentate



Orsi polari addormentati

Mammiferi di diverse specie hanno periodi di sonno diversi. Alcuni, come i pipistrelli, dormono 18-20 ore al giorno, mentre altri, tra cui giraffe, dormono solo 3-4 ore al giorno. Ci possono

essere grandi differenze anche tra specie strettamente correlate e ce ne possono essere anche tra i dati di laboratorio e quelli raccolti da studi sul campo: per esempio, i ricercatori nel 1983 notarono che in cattività i bradipi dormono quasi 16 ore al giorno, ma nel 2008, quando sono stati sviluppati registratori neurofisiologici in miniatura che poterono essere fissati sugli animali selvatici, si è scoperto che i bradipi in natura dormono solo 9,6 ore al giorno.

Come per gli uccelli, la regola principale per i mammiferi (con alcune eccezioni, vedi sotto) è che hanno essenzialmente due diverse fasi del sonno: REM e NREM.

La lunghezza del sonno dei mammiferi è associata con le abitudini alimentari.

Il fabbisogno giornaliero di sonno è più alto per i carnivori, inferiore per gli onnivori e ancora minore per gli erbivori.

Gli esseri umani non dormono insolitamente molto o molto poco rispetto ad altri mammiferi, ma dormiamo meno rispetto a molti altri onnivori. Molti erbivori, come i ruminanti, spendono molto del loro tempo da svegli in uno stato di sonnolenza, che forse potrebbe in parte spiegare il loro bisogno di sonno relativamente basso. Per gli erbivori è evidente una correlazione inversa tra la massa del corpo e la durata del sonno; i mammiferi di grandi dimensioni dormono meno rispetto a quelli più piccoli.

Si pensa che questa correlazione spieghi circa il 25% della differenza nella quantità di sonno tra i diversi mammiferi. Anche la lunghezza di un particolare ciclo di sonno è associata con la dimensione dell'animale; in media, i più grandi animali hanno cicli del sonno di durata più corta rispetto a quelli più piccoli. La quantità di sonno è poi correlata a fattori come il metabolismo basale, la massa cerebrale e la massa cerebrale relativa.

Mammiferi nati con ben sviluppati sistemi di regolamentazione, come il cavallo e la giraffa, tendono ad avere meno sonno REM rispetto alle specie che sono meno sviluppate alla nascita, come i gatti e ratti.

Questo sembra riecheggiare il bisogno maggiore di sonno REM tra i neonati che tra gli adulti nella maggior parte delle specie di mammiferi.

*Confronto del periodo medio di sonno di diversi mammiferi (in cattività) per ogni 24 ore*

- cavalli: 2,9 ore
- elefanti: 3+ ore
- mucche: 4,0 ore
- giraffe: 4,5 ore
- esseri umani: 8,0 ore
- conigli: 8,4 ore
- scimpanzé: 9,7 ore
- volpi rosse: 9,8 ore
- cani: 10,1 ore
- topi domestici: 12,5 ore
- gatti: 12,5 ore
- leoni: 13,5 ore
- ornitorinchi: 14 ore
- scoiattoli striati: 15 ore
- armadilli giganti: 18,1 ore
- vespertili bruni: 19,9 ore

## Sonno nei monotremi



Ornitorinchi



Echidna

Da quando i monotremi, mammiferi che depongono uova, sono considerati rappresentanti di uno dei gruppi di mammiferi evolutivamente più antichi, sono stati oggetto di particolare interesse per lo studio del sonno dei mammiferi.

I primi studi di questi animali non poterono trovare una prova evidente di sonno REM; inizialmente si era ipotizzato che tale fase non esista nei monotremi, ma che si sia sviluppata dopo che essi si fossero distinti dal resto della linea evolutiva dei mammiferi.

Tuttavia, registrazioni EEG del tronco cerebrale di monotremi mostrano una struttura di impulsi molto simile ai modelli visti nel sonno REM dei mammiferi superiori. Infatti la più grande quantità di sonno REM nota tra tutti gli animali si trova nell'ornitorinco. Si pensa che la durata media del sonno in un periodo di 24 ore di un ornitorinco arrivi ad essere 14 ore, questo potrebbe essere dovuto all'alto contenuto calorico della loro dieta a base di crostacei .

## Sonno nei mammiferi acquatici



Otaria orsina del Capo addormentata

Tra gli altri, pinnipedi e balene appartengono ai mammiferi acquatici. I pinnipedi sono divisi in foche e otarie; i due gruppi hanno risolto in modo diverso il problema di dormire in acqua.

Le otarie, come le balene, possono dormire in maniera uniemisferica. La metà del cervello addormentata non si risveglia quando le otarie sono in superficie per respirare, d'altronde le pinne e baffi sul suo lato opposto del corpo sono immobili. Mentre sono in acqua, le otarie non hanno quasi mai sonno REM e possono passare una settimana o due senza di esso, non appena si spostano sulla terra, tornano ad intervallare il sonno REM e NREM come i mammiferi terrestri. Sorprendente, non hanno "sonno di recupero" dopo aver perso così tanto REM.

Le foche dormono con entrambi gli emisferi come la maggior parte dei mammiferi, sotto l'acqua, galleggiando sulla superficie o sulla terraferma; trattengono il respiro durante il sonno sotto l'acqua e si svegliano regolarmente per risalire in superficie per respirare. Si possono anche appendere in acqua in modo che le loro narici rimangano al di sopra dell'acqua, e in questa posizione hanno il sonno REM; non ce l'hanno invece sott'acqua.

Il sonno REM è stato osservato in una specie di delfini. Le balene non sembrano avere sonno REM, né sembrano avere problemi per questo. Il sonno REM d'altronde è difficile da immaginare in habitat acquatici perché causa atonia muscolare, cioè una paralisi funzionale dei muscoli scheletrici, che può essere difficile da coniugare con la necessità di respirare regolarmente.

## Sonno uniemisferico

Alcune specie animali, tra cui i cetacei, gli uccelli e alcuni rettili, sono in grado di dissociare l'attività dei due emisferi cerebrali in maniera tale che mentre un emisfero dorme, l'altro rimane sveglio. Durante il sonno uniemisferico è presente asimmetria dell'attività elettroencefalografica dei due emisferi. Negli uccelli quando un solo emisfero sta dormendo, solo l'occhio controlaterale sarà chiuso: per esempio, quando l'emisfero destro è addormentato l'occhio sinistro sarà chiuso, e viceversa. La distribuzione di sonno tra i due emisferi e la quantità di sonno uniemisferico sono determinate sia da quale parte del cervello è stata più attiva durante il precedente periodo di veglia (quella parte dormirà più profondamente), sia dal rischio di attacchi da parte di predatori. Le anatre vicino al perimetro dello stormo sono probabilmente quelle che rileveranno per prime gli attacchi dei predatori. Queste anatre sono significativamente più soggette a sonno uniemisferico di quelle che dormono in mezzo allo stormo, e reagiscono a stimoli minacciosi visti con l'occhio aperto.

## Sonno negli animali in letargo

Gli animali in letargo sono in uno stato di torpore, diverso dal sonno. Il letargo riduce notevolmente il bisogno di dormire, ma non lo annulla. Alcuni animali che vanno in letargo lo interrompono un paio di volte durante l'inverno, così da poter dormire.

## Conclusioni



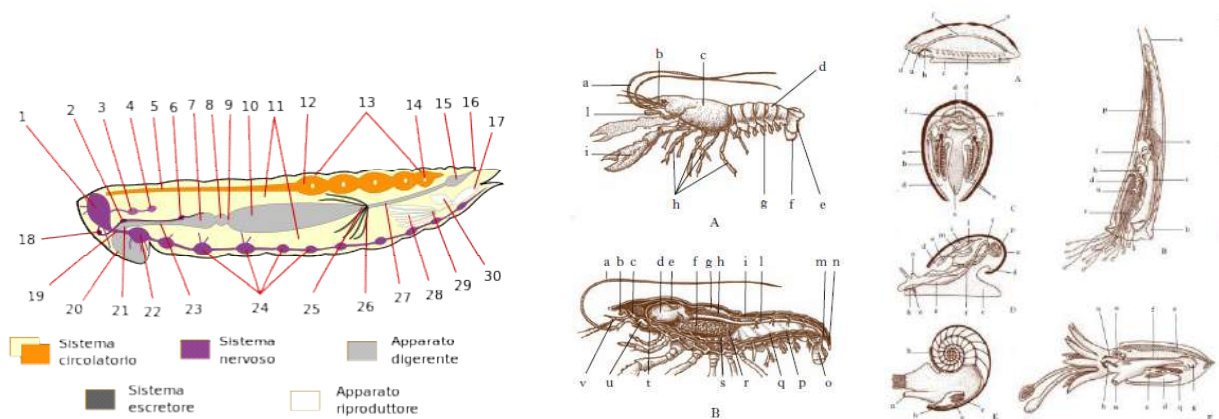
Il sonno, inteso nella sua accezione più vasta di:

- sospensione temporanea più o meno generalizzata delle comuni attività di interazione con l'ambiente circostante;
- di recupero dalla fatica neuronale, oltre che, più genericamente, fisica-muscolare,

si riscontra in quasi ogni organismo dotato di un sistema nervoso.

Tutti gli animali quindi dormono, anche se intensità e durata del sonno variano notevolmente da specie a specie, soprattutto in funzione del livello di centralizzazione del sistema nervoso stesso.

Quanto più l'apparato neuronale è diffuso o composto da molti centri (ganglionari) relativamente autonomi nella loro attività, come in molti Invertebrati (insetti, crostacei, molluschi), tanto più il temporaneo "riposo" di alcuni di essi, il sonno appunto, risulta complessivamente inapparente e l'animale è, nel suo complesso, comunque ben reattivo al mondo esterno.



**In molti Invertebrati ( insetti, crostacei,molluschi )l'apparato neuronale è diffuso o composto da molti centri (ganglionari) relativamente autonomi**

Al contrario, in tutti quegli organismi in cui il sistema nervoso è gestito da un unico grande ammasso di neuroni, un vero e proprio cervello, come nei Vertebrati in genere (pesci, anfi, rettili, uccelli, mammiferi), quando questo centro di controllo "cosciente" dell'attività e delle percezioni "stacca la spina", cioè riduce o annulla quasi l'afflusso di stimoli dall'ambiente esterno per riaversi dalla fatica della loro gestione, l'animale va incontro ad uno stato di attivazione sospesa, di reattività ridotta che lo rende più vulnerabile alle potenziali minacce provenienti dall'ambiente circostante.

**La neocorteccia ha un grande sviluppo nel corso dell'evoluzione**

**Filogenesi del sistema nervoso 1: Segmentazione anatomica VS Segmentazione filogenetica**

**Grado di encefalizzazione**

Indice dello sviluppo filogenetico dell'encefalo: ad oggi corrisponde al numero di aree coinvolte durante il processing di compiti di varia difficoltà

Ecco dunque perché le diverse specie non solo armonizzano temporalmente, nel corso della giornata, le fasi di riposo con quelle di attività, in modo che le prime non ostacolino le seconde

e consentano loro di svolgersi al meglio a seconda dei canali sensoriali e delle modalità con cui ciascun animale si rapporta al proprio ambiente, ma destinano spesso particolare cura a far sì che il sonno avvenga in condizioni per così dire "garantite", tali cioè per cui la vulnerabilità dell'organismo che riposa sia ridotta grazie alla ricerca o alla costruzione di tane, rifugi, ricoveri temporanei o permanenti dove l'animale dormiente, poco reattivo all'esterno, trovi protezione al suo stato di "non veglia".

Nella percezione umana comune,

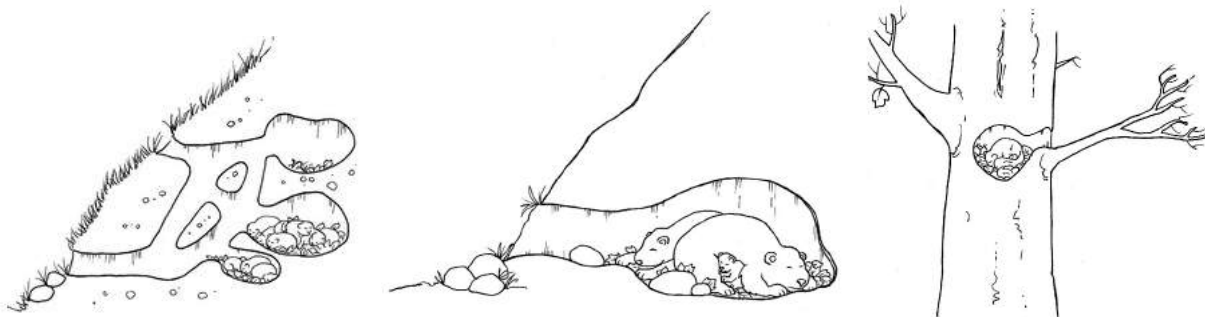
1. la fase luminosa del giorno corrisponde al periodo di attività,
2. mentre quella buia notturna è il momento del sonno,

ma qualora la vista non rappresenti lo strumento prioritario di indagine del mondo circostante (o la vista sia potenziata e possibile anche in scarsità di luce o coadiuvata da altri sensi), la scelta di come ripartire le 24 ore tra attività e riposo diviene il prodotto di un fine bilancio tra costi e benefici dello svolgere le varie attività nei diversi momenti.

Ogni specie definirà così spazi temporali di attività, diurna o notturna, in cui è massimamente vantaggioso agire, cacciare, predare, ricercare risorse o partner, e altri spazi (e dimensioni) di sospensione dell'attività in cui dormire è, non solo necessario, ma anche minimamente rischioso.

La ripartizione temporale tra le due fasi si calibra in continuazione su impulsi provenienti dal mondo esterno, ma, in virtù della sua rilevanza, è ormai spesso supportata da memorie genetiche che determinano l'esistenza di orologi biologici e ritmi circadiani ben definiti e diversificati nelle varie specie.

I luoghi fisici deputati al riposo vengono di conseguenza scelti coerentemente con l'esigenza di contenere i rischi di predazione e di armonizzarsi al meglio con lo svolgimento delle funzioni metaboliche di base che in ogni organismo continuano a svolgersi anche durante il sonno, in dettaglio dovranno proteggere ed evitare la disidratazione nel caso di animali acquatici, saranno tali da opporsi efficacemente alla dispersione di calore nel caso di creature a sangue caldo. La scelta della nicchia più opportuna in cui infilarsi a dormire, come del materiale meglio isolante con cui imbottire la tana, come pure l'alternanza di strategie di sonno solitario in luoghi nascosti con altre di riposo collettivo in tane comuni o in grandi agglomerati (dormitori) anche molto appariscenti, ma in cui l'individuo si diluisce nella massa dormiente, divengono così garanzie ulteriori non trascurabili ai fini del buon risveglio.



Nella sua dimensione di astensione potenzialmente prolungata dall'interazione col mondo esterno, il sonno, oltre che come esigenza fisiologica, trova spazio anche come risposta adattativa all'inclemenza ambientale: dormire, astenersi dall'agire e limitare le funzioni a quelle biologiche peraltro ridotte ai minimi termini in modo da contenere massimamente il dispendio energetico rappresentano un approccio alquanto diffuso nel mondo animale per sopravvivere in situazioni caratterizzate dal perdurare nell'ambiente di un fattore nocivo quale

il freddo o la siccità: dalla dormanza di grandi carnivori come gli orsi, al letargo dei piccoli roditori, all'estivazione con cui le chioccioline evitano la disidratazione estiva, il temporaneo rinunciare al vivere attivamente diviene la chiave per evitare di rinunciare a vivere del tutto, ed anche in questo caso, com'è di prassi per ogni evento biologico, dormire allunga la vita!



E dopo il sonno un bel sbadiglio. Ma perché sbadigliamo? Oltre a un segno di stanchezza, lo sbadiglio è una risposta autonoma dell'organismo che si accorge di avere bisogno di maggiore quantità di ossigeno e quindi cerca, con una respirazione particolarmente intensa e forzata, di compensare il deficit facendo allargare gli alveoli polmonari. Grazie al maggiore afflusso di ossigeno nel sangue, e da qui al cervello, l'organismo cerca di reagire a uno stato di torpore e di riacquistare una condizione di vigilanza. Il risveglio del criceto dorato (*Mesocricetus auratus*) nella sua tana.

## Citazioni

**Brivido** Contrazione involontaria e ritmica dei muscoli scheletrici che produce un tremore incontrollabile ed è principalmente volta ad aumentare la produzione di calore corporeo in condizioni di esposizione a bassa temperatura ambientale.

**Diencefalo** Formazione encefalica posta alla base del cervello. È suddiviso in [ipotalamo](#) e [talamo](#) e racchiude il terzo ventricolo.

**Elettrocardiogramma** Rappresentazione grafica delle variazioni dell'attività elettrica del cuore che sono alla base della ritmicità della contrazione del muscolo cardiaco. Il segnale si deriva grazie all'utilizzo di elettrodi che vengono applicati sulla cute degli arti e del torace.

**Elettroencefalogramma** Rappresentazione grafica delle variazioni dell'attività elettrica dell'[encefalo](#). Il segnale si deriva grazie all'utilizzo di elettrodi che vengono applicati sullo scalpo.

**Elettromiogramma** Rappresentazione grafica delle variazioni dell'attività elettrica dei muscoli scheletrici che sono alla base della contrazione dei medesimi. Il segnale si deriva grazie all'utilizzo di sottili elettrodi aghiformi che vengono inseriti nel muscolo.

**Encefalo** Parte rostrale del sistema nervoso centrale contenuta nella cavità cranica che, in unione con la parte caudale (midollo spinale), costituisce il neurasse. L'encefalo comprende il cervello propriamente detto (costituito da telencefalo e [diencefalo](#)), il cervelletto e il [tronco dell'encefalo](#) (costituito da mesencefalo, ponte e bulbo).

**encefalopatia spongiforme bovina BSE** Malattia degenerativa e trasmissibile che colpisce il sistema nervoso centrale e porta alla progressiva paralisi motoria. Appartiene al gruppo delle malattie da [prioni](#). La BSE è una malattia confinata al bestiame; tuttavia negli anni '90 si sono verificati casi umani di encefalopatia dovuti a una variante della BSE, trasmessa da carne infetta.

**Ipnico** Termine che connota fenomeni in relazione con il sonno.

**Ipnogramma** Rappresentazione grafica della successione durante la notte delle diverse fasi del sonno (sonno [NREM](#), fasi I-IV; sonno [REM](#)).

**Ipocretina** Molecola di natura proteica prodotta da cellule nervose situate nella porzione postero-laterale dell'[ipotalamo](#) che viene utilizzata dalle medesime per trasmettere l'informazione nervosa in diverse aree dell'[encefalo](#). Alterazioni della sua produzione o del suo riconoscimento da parte di alcune cellule nervose bersaglio sono state recentemente associate alla presenza di [narcolessia](#).

**Ipotalamo** Formazione nervosa posta alla base del [diencefalo](#) che presiede e coordina le attività nervose ed endocrine volte al mantenimento delle funzioni vitali dell'organismo.

**Ipotonia** Riduzione o assenza (atonia) dello stato di contrazione basale dei muscoli scheletrici.

**Mioclonia** Contrazione muscolare involontaria, improvvisa e molto rapida che può interessare uno o pochi fascicoli muscolari, un singolo muscolo, come accade normalmente durante il sonno, o gruppi di muscoli, come accade in condizioni patologiche.

**Narcolessia** Condizione di ipersonnia, la cui causa è ancora sconosciuta. La narcolessia si presenta come un bisogno improvviso di sonno caratterizzato da attacchi di durata media compresa tra i 10 e i 15 minuti. Spesso la crisi di sonno non ha rapporto con fattori scatenanti specifici; talvolta, invece, dipende chiaramente da sollecitazioni emotive (sorpresa, paura). Frequentemente gli accessi di sonno si alternano con attacchi di cataplessia (brusche cadute a terra dovute a perdita improvvisa del tono muscolare e della motilità volontaria).

**NREM, sonno** Fase del sonno caratterizzata da un [elettroencefalogramma](#) con onde di bassa frequenza ed elevata ampiezza (sincronizzazione) e dall'assenza dei movimenti oculari rapidi ("non rapid eye movement" in inglese, da cui l'acronimo NREM). Viene anche definito sonno "a onde lente" a causa della sincronizzazione dell'elettroencefalogramma. Questa fase è inoltre caratterizzata da ridotta attività motoria, diminuita e regolare attività circolatoria e respiratoria.

**oculogramma** Rappresentazione grafica dei movimenti oculari. Il segnale si deriva grazie all'utilizzo di elettrodi che sono applicati sulle palpebre.

**omeotermia** Condizione in cui la temperatura corporea è mantenuta costante, indipendentemente dalla temperatura ambientale. È caratteristica dei mammiferi e degli uccelli.

**onirico** Termine che connota fenomeni in relazione con il sogno.



**parasimpatico, sistema** Componente del [sistema nervoso vegetativo](#) che coordina l'attività degli organi e degli apparati predisponendo l'organismo a una condizione di ristoro e riposo. Tipicamente determina una riduzione dell'attività cardiaca.

**polipnea termica** Tipo di respiro superficiale e ad alta frequenza mediante il quale, in condizioni di esposizione a elevate temperature ambientali, gli animali dotati di pelliccia raffreddano il cavo orale per disperdere l'eccesso di calore.

**Polisonnografia** Rappresentazione grafica simultanea dell'attività elettrica dell'[encefalo](#) ([elettroencefalogramma](#)), del cuore ([elettrocardiogramma](#)) e dei muscoli scheletrici ([elettromiogramma](#)), del ritmo respiratorio ([spirogramma](#)) e della temperatura corporea durante il sonno.

**Prioni** proteine anomale capaci di trasformare le analoghe proteine naturali presenti nelle cellule cerebrali in una struttura fibrillare che si accumula danneggiando le cellule nervose. Sono responsabili di alcune malattie degenerative come la malattia di Creutzfeld-Jacobs e l'insonnia fatale.

**REM, sonno** Fase del sonno caratterizzata da un [elettroencefalogramma](#) con onde di alta frequenza e piccola ampiezza (desincronizzazione) e dalla presenza di movimenti oculari rapidi (*rapid eye movement* in inglese, da cui l'acronimo REM). Viene anche definito "sonno paradossale" a causa dell'attività elettroencefalografica desincronizzata, simile a quella della veglia. Questa fase è inoltre caratterizzata da [ipotonia](#) muscolare intervallata da brevi scosse, irregolare attività respiratoria e cardiaca, sospensione o depressione della termoregolazione e attività onirica molto intensa.

**simpatico, sistema** Componente del [sistema nervoso vegetativo](#) che coordina l'attività degli organi e degli apparati predisponendo l'organismo all'azione e ad affrontare condizioni di lotta o fuga. Tipicamente determina un'aumento dell'attività cardiaca.

**sistema nervoso vegetativo** Porzione del sistema nervoso preposta alla regolazione involontaria delle funzioni viscerali e al loro coordinamento in accordo con le diverse necessità dell'organismo, al fine di mantenere nella norma i parametri vitali. Si compone di due sezioni, quella simpatica e quella parasimpatica.

**sostanza reticolare attivante** Complessa rete di cellule nervose del [tronco dell'encefalo](#), la cui attività è in grado di promuovere lo stato di veglia.

**Spirogramma** Rappresentazione grafica della successione degli atti respiratori che ne riproduce frequenza e ampiezza. Il segnale si deriva grazie all'utilizzo di cinture applicate intorno al torace che convertono la sua distensione in un segnale elettrico.

**Talamo** Formazione nervosa posta al centro del [diencefalo](#) che costituisce una stazione obbligata per tutte le informazioni nervose di tipo sensitivo e sensoriale provenienti dall'interno e dall'esterno dell'organismo.

**tomografia ad emissione di positroni (PET)** Metodo radiologico che mira all'ottenimento di immagini nitide con l'utilizzo di radioisotopi emettitori di positroni. Si utilizzano in genere molecole di glucosio marcato, che si concentrano nelle zone di tessuto ad alto metabolismo.

**tronco dell'encefalo** Parte del sistema nervoso centrale contenuta nella scatola cranica che sta alla base dell'[encefalo](#) ed è costituita da mesencefalo, ponte e bulbo.

**ultradiano, ciclo** Termine che in biologia indica qualunque ciclo che abbia una periodicità inferiore alle 24 ore.

**vasocostrizione** Riduzione del calibro dei vasi sanguigni che determina una riduzione del flusso di sangue attraverso i medesimi. La costrizione dei vasi della cute, riducendo il flusso di sangue sulla superficie corporea limita la dispersione di calore in condizioni di esposizione a bassa temperatura ambientale.

**Vasodilatazione** Aumento del calibro dei vasi sanguigni che determina un aumento del flusso di sangue attraverso i medesimi. La dilatazione dei vasi della cute, aumentando il flusso di sangue sulla superficie corporea favorisce la dispersione di calore in condizioni di esposizione a elevata temperatura ambientale.