

SATCHIN PANDA, PhD

# Ο κερκάδιος κώδικας

Χάσε βάρος

Επαναφόρτισε την ενέργειά σου

Βελτίωσε πλήρως την υγεία σου από το πρωί έως το βράδυ

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ

ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΧΑΤΖΗΑΝΤΩΝΙΟΥ

ΚΕΔΡΟΣ



Satchin Panda, PhD: *Ο κιρκάδιος κώδικας*  
Τίτλος πρωτοτύπου:  
Satchin Panda, PhD: *The Circadian Code*

ISBN 978-960-04-5373-7

Μετάφραση: Δέσποινα Χατζηαντωνίου  
Ηλεκτρονική σελιδοποίηση-διόρθωση: Νικολέττα Δουλάμη

© 2018 by Satchin Panda, PhD

*All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This edition published by arrangement with Rodale Books, an imprint of Random House, a division fo Penguin Random Jouse LLC*

© Για την έκδοση στα ελληνικά, Εκδόσεις Κέδρος Α.Ε., 2023

Κέδρος Εκδοτική Α.Ε.

Γ. Γενναδίου 3

Αθήνα 106 78

τηλ. 210 38 09 712-14 • φαξ 210 33 02 655

[www.kedros.gr](http://www.kedros.gr) • [www.facebook.com/kedros.gr](http://www.facebook.com/kedros.gr)

e-mail: [books@kedros.gr](mailto:books@kedros.gr)

*Στους πολυαγαπημένους μου παπούδες,  
Μπαντσανίντι και Ουρμπάσι Πάντα,  
Καλπατάρου και Λιλαμπάτι Ότα*



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

# Το κινκάρδιο ρολόι



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# Είμαστε όλοι εργαζόμενοι βάρδιας

Αν ανήκετε στην κατηγορία των εργαζομένων βάρδιας που χτυπούν κάρτα και ξυπνούν μέσα στη νύχτα για να πάνε στη δουλειά τους, επιστρέφουν από τη δουλειά αργά τη νύχτα ή ακόμη δουλεύουν όλη τη νύχτα, θα ξέρετε τι σημαίνει να ζει κανείς αντίθετα με την αρχέγονη ορμή να κοιμάται τη νύχτα και να παραμένει ξύπνιος την ημέρα. Ακόμη όμως και αν δεν εργάζεστε με αυτό τον τρόπο, είμαι σίγουρος ότι μπορείτε να ανασύρετε από τη μνήμη σας κάποια στιγμή που παλεύατε ενάντια στο εσωτερικό σας ρολόι. Η αλήθεια είναι ότι είμαστε όλοι εργαζόμενοι βάρδιας. Υπάρχουν περίοδοι στη διάρκεια της ζωής μας που υποφέρουμε από παρατεταμένες διαταραχές του ύπνου, οι οποίες για πολλούς διαρκούν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αν κάνετε ολονυχτία λόγω του σχολείου ή της δουλειάς, αν ξαγρυπνάτε για να μελετήσετε για ένα διαγώνισμα, αν κάνετε άσχημο ύπνο τα βράδια, αν ταξιδεύετε ανάμεσα σε διαφορετικές ζώνες ώρας, αν μένετε ξύπνιοι αργά το βράδυ για να φροντίσετε έναν άρρωστο συγγενή ή αν ξυπνάτε αρκετές φορές για να ταΐσετε και να αλλάξετε το μωρό σας, τότε ανήκετε και εσείς στους εργαζόμενους βάρδιας. Μια δουλειά πλήρους απασχόλησης με χρονοβόρες μετακινήσεις, η οποία συνδυάζεται με την καθημερινή ρουτίνα του σπιτιού, είναι σαν να εργάζεται

κανείς σε δύο βάρδιες και να πηγαίνει στο κρεβάτι περασμένα μεσάνυχτα. Ακόμη και ένα ξενύχτι μέχρι αργά σε ένα πάρτι μπορεί να προκαλέσει διαταραχές αντίστοιχες με ένα ταξίδι από μια ζώνη ώρας σε μια άλλη. Αυτός είναι ο λόγος που η κατάσταση αυτή αποκαλείται *κοινωνικό τζετ λαγκ*.

Η φράση «είμαστε όλοι εργαζόμενοι βάρδιας» δεν αποτελεί μόνο μια ιδέα. Τα δεδομένα συγκλίνουν προς αυτή την κατεύθυνση. Για παράδειγμα, ο καθηγητής Τιλ Ρένεμπεργκ, ερευνητής στο Πανεπιστήμιο του Μονάχου, εξέτασε περισσότερους από 50.000 ανθρώπους στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες και ανακάλυψε ότι στην πλειονότητά τους οι άνθρωποι είτε πέφτουν για ύπνο μετά τα μεσάνυχτα είτε ξυπνούν νωρίς το πρωί έχοντας κοιμηθεί ανεπαρκώς.<sup>1,2</sup> Ομοίως, οι άνθρωποι ακολουθούν διαφορετικό ωράριο ύπνου τις καθημερινές και τα Σαββατοκύριακα. Το 2017, στο Παγκόσμιο Συνέδριο Ύπνου, ο Ρένεμπεργκ παρουσίασε δεδομένα που αποδείκνυαν ότι το 87% των ενηλίκων πάσχουν από κοινωνικό τζετ λαγκ και το Σαββατοκύριακο πέφτουν για ύπνο τουλάχιστον δύο ώρες αργότερα απ' ό,τι τις υπόλοιπες ημέρες.

Περίπου έξι χρόνια πριν το εργαστήριό μου άρχισε να παρακολουθεί τη δραστηριότητα και τα μοτίβα ύπνου 200 περίπου κολεγιακών φοιτητών και διαπιστώσαμε το ίδιο μοτίβο που ανέφερε ο Ρένεμπεργκ. Μέχρι στιγμής έχουμε βρει μόνο ένα άτομο από ολόκληρη την ομάδα το οποίο πηγαίνει για ύπνο κάθε μέρα την ίδια ώρα, με απόκλιση μισής ώρας, συμπεριλαμβανομένων των Σαββατοκύριακων, ενώ είχαμε μόνο έναν φοιτητή ο οποίος πήγαινε για ύπνο πριν από τα μεσάνυχτα τουλάχιστον δύο ημέρες την εβδομάδα.

Παρακολουθούμε επίσης έγκυες γυναίκες και εργαζόμενες μητέρες με μωρά, και το ωράριο του ύπνου τους είναι εξίσου ασταθές. Στην πραγματικότητα, μοιάζει περισσότερο με αυτό



των πυροσβεστών, που συνήθως ξυπνούν αρκετές φορές κάθε νύχτα. Για πολλές γυναίκες το δυσκολότερο μέρος της μητρότητας είναι ότι προσπαθούν να μείνουν ξύπνιες τη νύχτα, ενάντια στο ρολόι του οργανισμού, ενώ παράλληλα επιχειρούν να συμπληρώσουν τον ύπνο σε περίεργες ώρες της ημέρας. Η μοναδική στιγμή που οι νέες μητέρες απολαμβάνουν καλό ύπνο, κάτι το οποίο δεν αποτελεί έκπληξη, είναι όταν έχουν βοήθεια από κάποιον πέρα από τον σύζυγο/σύντροφό τους, όπως βοήθεια από τα πεθερικά ή τους γονείς τους, οι οποίοι αναλαμβάνουν ένα μέρος των υποχρεώσεων της νύχτας.

Οι εργαζόμενες μητέρες, πάλι, περνούν δύσκολα προσπαθώντας να δώσουν στη ζωή τους έναν καθημερινό ρυθμό, γιατί η ημέρα τους επηρεάζεται από όλους όσοι βρίσκονται στο σπίτι. Συνήθως οι εργαζόμενες μητέρες ξυπνούν πολύ νωρίς για να ετοιμάσουν πρωινό για την οικογένεια, προετοιμάζουν τα παιδιά, φτιάχνουν το πακέτο με το κολατσιό τους και τις τσάντες τους, τα πηγαίνουν στο σχολείο ή στον παιδικό σταθμό, και στη συνέχεια πηγαίνουν και οι ίδιες στη δουλειά. Μετά το δείπνο επιβλέπουν τη μελέτη των παιδιών στο σπίτι και ασκούνται ή εργάζονται από το σπίτι μέχρι αργά τη νύχτα. Καθώς προχωρά η εβδομάδα, η κερκάρια διαταραχή στον οργανισμό τους γίνεται πιο έντονη. Για παράδειγμα, όταν η κόρη μου ήταν βρέφος, η γυναίκα μου μέχρι την Παρασκευή κυριολεκτικά αρρώσταινε και χρειαζόταν όλο το Σαββατοκύριακο για να ανακάμψει.

Ανεξάρτητα από την αιτία, όλοι ξέρουμε πώς είναι η ημέρα ύστερα από μια ιδιαίτερα δύσκολη νύχτα. Το άτομο νιώθει νυσταγμένο, αλλά, παρ' όλα αυτά, δεν μπορεί να κοιμηθεί. Το στομάχι του είναι αναστατωμένο, οι μύες αδύναμοι, το μυαλό θολωμένο και σίγουρα αυτό που δεν έχει διάθεση να κάνει είναι να πάει στο γυμναστήριο. Είναι λες και το σώμα και το μυαλό του βρίσκονται σε σύγχυση – ο μισός εγκέφαλός του λέει ότι εί-

ναι η ώρα να αναπληρώσει τον χαμένο ύπνο, ενώ ο άλλος μισός επιμένει ότι είναι μέρα και δεν πρέπει να κοιμηθεί. Μπορεί να αποφασίσει να συνεχίσει και να πει έναν δυνατό καφέ ή ένα ενεργειακό ποτό για να καταπνίξει την ανάγκη για ύπνο ή να προσπαθήσει να επιστρέψει στην καθημερινή ρουτίνα του όσο πιο γρήγορα γίνεται.

Ένας εγκέφαλος σε εργασία βάρδιας δεν μπορεί να πάρει λογικές αποφάσεις. Σύμφωνα με ένα πρόσφατο άρθρο του περιοδικού *Popular Science*,<sup>3</sup> μία και μόνο νυχτερινή βάρδια έχει νοητικές επιπτώσεις που μπορούν να διαρκέσουν μία εβδομάδα. Οι διαλείψεις μνήμης ή προσοχής μπορεί να κάνουν κάποιον ευάλωτο σε κακές συνήθειες. Μερικές ημέρες με περιορισμένη διάρκεια ύπνου μπορούν να μεταβάλλουν την όρεξή του, τόσο όσον αφορά το είδος των τροφών που επιθυμεί να καταναλώσει, όσο και την ποσότητά τους όταν μένει ξύπνιος τη νύχτα. Συχνά έχει την τάση να καταναλώνει περισσότερο πρόχειρο και γεμάτο θερμίδες φαγητό αργά τη νύχτα, όταν το στομάχι του πρέπει κανονικά να ξεκουραστεί και να συνέλθει.

Εκτός από αυτά, η εργασία βάρδιας μπορεί να προκαλέσει δυσκολία σε κάποιον να κοιμηθεί. Κάποιοι στρέφονται στο αλκοόλ ή στα υπνωτικά, κάτι που μπορεί να προκαλέσει κατάθλιψη. Το πιο σημαντικό όμως είναι ότι και τα δύο προκαλούν εθισμό και δημιουργούν κακές συνήθειες οι οποίες συνεχίζονται ακόμη και όταν ο τρόπος ζωής δεν απαιτεί από το άτομο να μένει ξύπνιο τη νύχτα.

Σαν να μην είναι ήδη άσχημο ότι ο τρόπος ζωής ενός εργαζόμενου βάρδιας επηρεάζει το πώς αισθάνεται την επόμενη μέρα, τα μέλη της οικογένειάς του γίνονται και εκείνα εμμέσως εργαζόμενοι βάρδιας, καθώς διαταράσσει ακούσια τον ύπνο τους, αφού ξυπνούν νωρίς ή μένουν ξύπνια μέχρι αργά για να

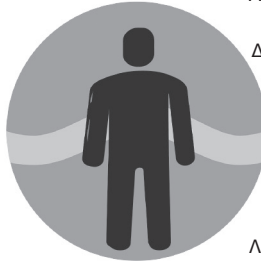
συμβαδίσουν με το πρόγραμμά του και να του κρατήσουν συντροφιά. Οι επιπτώσεις στην υγεία τους προκαλούν τον ίδιο προβληματισμό. Για παράδειγμα, σε μία ανάλυση του 2013, η οποία αφορούσε δημοσιευμένα άρθρα πάνω στο ζήτημα αυτό, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι τα παιδιά των εργαζομένων βάρδιας είχαν όχι μόνο περισσότερα μαθησιακά προβλήματα και προβλήματα συμπεριφοράς σε σύγκριση με τα παιδιά που μεγάλωναν με γονείς οι οποίοι δεν εργάζονταν σε βάρδιες, αλλά επίσης και μεγαλύτερες πιθανότητες να αναπτύξουν παχυσαρκία.<sup>4</sup>

Και ενώ το να μείνει κάποιος ξύπνιος μέχρι αργά μία δύο ημέρες, ή περισσότερες στην περίπτωση ενός ταξιδιού μερικών ημερών σε διαφορετικές ζώνες ώρας, είναι δυσάρεστο, η επανειλημμένη διατάραξη του κιρκάδιου ρολογιού μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ατόμου, καθώς όλα τα συστήματα στο σώμα αρχίζουν να δυσλειτουργούν. Αυτό οδηγεί σε αποδυνάμωση του ανοσοποιητικού συστήματος, σε σημείο που μικρόβια και μικροοργανισμοί που συνήθως δεν προκαλούν κανένα πρόβλημα μπορούν να αναστατώσουν το στομάχι του ατόμου ή ακόμη και να προκαλέσουν συμπτώματα όμοια με αυτά της γρίπης. Έχει τεκμηριωθεί επαρκώς ότι οι εργαζόμενοι βάρδιας αντιμετωπίζουν περισσότερα προβλήματα υγείας από τους εργαζόμενους που δεν εργάζονται σε βάρδιες, ιδίως γαστρεντερικές παθήσεις, παχυσαρκία, διαβήτη και καρδιαγγειακά νοσήματα.<sup>5-16</sup> Παραδόξως, η υπ' αριθμόν ένα αιτία θανάτου ή ασθένειας λόγω της οποίας οι πυροσβέστες δεν μπορούν να επιτελέσουν τα καθήκοντά τους δεν είναι η φωτιά ή κάποιο ατύχημα, αλλά οι καρδιαγγειακές παθήσεις, οι οποίες σήμερα θεωρείται ότι συνδέονται με τη διατάραξη του κιρκάδιου ρυθμού.<sup>17,18</sup> Σύμφωνα επίσης με πολλές μελέτες, η εργασία βάρδιας αυξάνει τον κίνδυνο για συγκεκριμένους τύ-

πους καρκίνου, σε βαθμό που το 2007 ο Διεθνής Οργανισμός Ερευνών Σχετικά με τον Καρκίνο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας χαρακτήρισε την εργασία βάρδιας ως δυνητικά καρκινογόνα.<sup>19</sup>

## Τι συμβαίνει όταν οι κirkάδιοι ρυθμοί καταρρέουν

Διαταραχή ελλειμματικής προσοχής-υπερκινητικότητα	Σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών	Διαπερατό έντερο
Αυτισμός	Ασταθής έμμηνος κύκλος	Δυσπεψία
Εποχική συναισθηματική διαταραχή	Επιλόχεια κατάθλιψη	Καούρες
Άγχος	Αδυναμία σύλληψης	Στομαχόπονος
Κρίση πανικού	Πρωινή ναυτία	Νόσος του Κρον
Κατάθλιψη	Αποβολές	Ελκώδης κολίτιδα
Μαθησιακές δυσκολίες		Σύνδρομο ευερέθιστου εντέρου
Νυχτερινή επιληψία		Φλεγμονώδης νόσος του εντέρου
Διπολική διαταραχή		Μεταβολικό σύνδρομο
Παραλήρημα της ΜΕΘ		Αύξηση βάρους - παχυσαρκία
Ημικρανία		Παιδική παχυσαρκία
Διαταραχή μετατραυματικού στρες		Διαβήτης τύπου 2 / Διαβήτης
Κρίσεις		Προδιαβήτη
Μανία		Εγκεφαλικό επεισόδιο
Ψύχωση		Δυσλιπιδαιμία
Σκλήρυνση κατά πλάκας		Υπέρταση
Νόσος του Χάντινγκτον		Καρδιακή αρρυθμία
Αλτσχάιμερ		Χρόνια νεφρική ανεπάρκεια
Πάρκινσον		Λιπώδης διήθηση του ήπατος
Βακτηριακή λοίμωξη		Στεάτωση
Ασθένεια του ύπνου	Αϋπνία	Καρκίνος των ωοθηκών
Ελονοσία	Σύνδρομο Πράντερ-Γουίλι	Καρκίνος του μαστού
Αρθρίτιδα	Σύνδρομο Σμιθ-Μαγκίνς	Καρκίνος του παχέου εντέρου
Άσθμα	Αποφρακτική υπνική άπνοια	Καρκίνος του ήπατος
Αλλεργίες	Σύνδρομο καθυστερημένης φάσης ύπνου	Καρκίνος του πνεύμονα
Λέμφωμα	Σύνδρομο μη 24ωρου κύκλου ύπνου-αφύπνισης	
	Οικογενειακό σύνδρομο προχωρημένης φάσης ύπνου	



Ασθένειες που συνδέονται με τη διατάραξη του κirkάδιου ρυθμού.

Αν είμαστε όλοι εργαζόμενοι βάρδιας, τότε όλοι θα υποφέρουμε. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πρέπει να κατανοήσουμε πώς λειτουργεί το κικκάδιο ρολόι και πώς μπορούμε να βελτιώσουμε τον τρόπο ζωής μας έτσι ώστε να ενισχύσουμε τον φυσικό ρυθμό του σώματος.

### Σε ποια κατηγορία εργαζομένων βάρδιας ανήκετε;

Ένα άτομο που μένει ξύπνιο για περισσότερες από 3 ώρες μεταξύ 10 μ.μ. και 5 π.μ. για περισσότερες από 50 ημέρες τον χρόνο ανήκει, σύμφωνα με τον επίσημο ευρωπαϊκό ορισμό, στους εργαζόμενους βάρδιας. Ωστόσο εγώ πιστεύω ότι είμαστε όλοι εργαζόμενοι βάρδιας, για έναν απλό λόγο: τον τρόπο ζωής μας. Εσείς σε ποια κατηγορία εργαζομένων βάρδιας ανήκετε;

- Παραδοσιακή εργασία βάρδιας: Κατά προσέγγιση το 20 με 25% του μη στρατιωτικού εργατικού δυναμικού σε οποιαδήποτε αναπτυσσόμενη ή αναπτυγμένη χώρα κάνει κάποιο είδος εργασίας βάρδιας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα άτομα που ανταποκρίνονται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης (πυροσβέστες, άτομα που πηγαίνουν σε αποστολές έκτακτης ανάγκης), η αστυνομία, οι εργαζόμενοι στις υγειονομικές υπηρεσίες (νοσηλεύτες, γιατροί), στη βιομηχανική παραγωγή, στον κατασκευαστικό τομέα, στις υπηρεσίες κοινής ωφελείας, στις αερομεταφορές (πιλότοι, αεροσυνδοί, προσωπικό εδάφους), στις επίγειες μεταφορές και στις διατροφικές υπηρεσίες, το σωφρονιστικό προσωπικό και οι εργαζόμενοι σε τηλεφωνικά κέντρα εξυπηρέτησης πελατών.
- Τρόπος ζωής που προσομοιάζει σε εργασία βάρδιας: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι μαθητές λυκείου και οι φοιτητές, οι μουσικοί, οι καλλιτέχνες που δίνουν παραστάσεις, οι νέες μητέ-

ρες, οι εσωτερικοί φροντιστές και οι σύζυγοι των εργαζομένων βάρδιας.

- Εργασία προσωρινής και ευέλικτης μορφής: Εδώ ανήκουν οι οδηγοί μερικής απασχόλησης που παρέχουν υπηρεσίες με επιμερισμό του κόστους της διαδρομής και υπηρεσίες διανομής φαγητού, οι εργαζόμενοι με ευέλικτο ωράριο και οι ελεύθεροι επαγγελματίες.
- Τζετ λαγκ: Αυτό συμβαίνει όταν κάποιος ταξιδεύει μεταξύ δύο ή περισσότερων ζωνών ώρας μέσα σε μία ημέρα. Σχεδόν 8 εκατομμύρια ταξιδιώτες μετακινούνται αεροπορικώς καθημερινά<sup>20</sup> και οι μισοί από αυτούς ταξιδεύουν τουλάχιστον μεταξύ δύο ζωνών ώρας.
- Κοινωνικό τζετ λαγκ: Αυτό συμβαίνει όταν κάποιος κοιμάται αργά και ξυπνά τουλάχιστον δύο ώρες αργότερα τα Σαββατοκύριακα. Περισσότερο από το 50% των ανθρώπων στις σύγχρονες κοινωνίες βιώνουν κοινωνικό τζετ λαγκ.
- Ψηφιακό τζετ λαγκ: Αυτό συμβαίνει όταν ένας άνθρωπος συζητά μέσω κοινωνικών δικτύων ή ψηφιακών συσκευών με φίλους ή συναδέλφους που βρίσκονται αρκετές ζώνες ώρες μακριά, με αποτέλεσμα να μένει ξύπνιος για περισσότερες από 3 ώρες ανάμεσα στις 10 μ.μ. και στις 5 π.μ.
- Εποχική κirkάδια διαταραχή: Εκατομμύρια άνθρωποι που ζουν σε ακραία γεωγραφικά πλάτη σε βορρά και νότο (κάτοικοι του Βόρειου Καναδά, της Σουηδίας, της Νορβηγίας και της Νότιας Χιλής, για παράδειγμα) ζουν σε συνθήκες όπου το φως της ημέρας διαρκεί 8 ώρες τον χειμώνα και περισσότερες από 16 ώρες το καλοκαίρι. Αυτή η ακραία έκθεση στο σκοτάδι ή στο φως διαταράσσει τον κirkάδιο ρυθμό τους.

## Οι κικράδιοι ρυθμοί υπάρχουν και είναι πραγματικοί

Είχαμε μάθει να πιστεύουμε ότι ο κύκλος ημέρας-νύχτας του οργανισμού μας καθοδηγείται μόνο από εξωτερικά ερεθίσματα: το φως μας ξυπνάει το πρωί και η εμφάνιση του φεγγαριού το βράδυ δίνει το έναυσμα για να πάμε για ύπνο. Πολλοί επιστήμονες αγνοούσαν ολόκληρο τον κλάδο της κικράδιας βιολογίας ακόμη και μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Παρότι ήταν γνωστό ήδη από το 1700 ότι υπάρχει εσωτερικό ρολόι στα φυτά, η ιδέα ότι τα ζώα και οι άνθρωποι καθοδηγούνται από εσωτερικούς και όχι από εξωτερικούς παράγοντες ήταν δύσκολο να αποδειχθεί. Ήταν κοινή πεποίθηση ότι οι άνθρωποι, ένα πιο ανεπτυγμένο είδος, πρέπει να καθοδηγούνται από εξωτερικούς ή περιβαλλοντικούς παράγοντες πέρα από τον ήλιο και τη σελήνη.

Τα πειράματα με τα φυτά δεν παρουσίαζαν ιδιαίτερες δυσκολίες: ένα φυτό τοποθετημένο σε ένα σκοτεινό υπόγειο εξακολουθούσε να κινεί προς τα πάνω και προς τα κάτω τα φύλλα του με έναν συγκεκριμένο ρυθμό κάθε μέρα.<sup>21</sup> Πολλά φυτά κινούν τα φύλλα τους προς τα πάνω κατά τη διάρκεια της ημέρας για να πάρουν περισσότερη ενέργεια από το φως του ήλιου. Το βράδυ αφήνουν τα φύλλα τους να πέσουν, γιατί θα ήταν σπατάλη ενέργειας να τα κρατούν υψωμένα. Ομοίως, κάποια λουλούδια ανθίζουν μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν οι μέλισσες και τα πτηνά πετούν τριγύρω προσφέροντας επικονιαστικές υπηρεσίες, αλλά κάποια άλλα, όπως το γιασεμί στο σπίτι των παππούδων μου, ανθίζουν τη νύχτα: τα φυτά αυτά βασίζονται στον άνεμο και όχι σε άλλα ζώα για την επικονίαση.

Η επόμενη σειρά μελετών ήταν πολύ πιο δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Οι επιστήμονες άρχισαν με τη μελέτη των εντόμων και των πτηνών, και στη συνέχεια ακολούθησαν τα ζώα.

Οι επιστήμονες ερεύνησαν το χρονικό πλαίσιο που απαιτείται ώστε οι προνύμφες να μεταμορφωθούν σε μύγες, χρόνος ο οποίος μπορεί να χαρακτηριστεί κirkάδιος, αφού η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μόνο το πρωί, όταν φυσάει λιγότερος αέρας και υπάρχει περισσότερη υγρασία. Μελέτησαν επίσης τα μοτίβα αποδημίας των πουλιών και τις συνήθειες αφύπνισης άλλων ζώων, όπως και ποντίκια πειραματόζωα σε ελεγχόμενο περιβάλλον.<sup>22</sup> Όταν τα πλάσματα αυτά αναγκάστηκαν να ζήσουν υπό συνθήκες συνεχούς σκότους χωρίς οποιαδήποτε εξωτερικά χρονικά ερεθίσματα, συνέχισαν να ξυπνούν και να πηγαίνουν για ύπνο με ακρίβεια ρολογιού, κάθε 23 ώρες και 45 λεπτά. Ομοίως, τα κirkάδια ρολόγια πολλών φυτών και μυκήτων πλησιάζουν αλλά δεν φτάνουν ακριβώς στις 24 ώρες.

Όσο για τους ανθρώπους ήταν σχεδόν αδύνατον να ερευνηθεί αν διέθεταν τέτοια εσωτερικά ρολόγια, γιατί δεν υπήρχε εύκολος τρόπος να απαλειφθούν όλα τα εξωτερικά χρονικά ερεθίσματα κάθε σύνδεσης με τον εξωτερικό κόσμο. Τη δεκαετία του 1950 ωστόσο οι ερευνητές είχαν μια ιδέα: έφτιαξαν ένα απλό τηλέφωνο που μπορούσε να συνδέσει έναν εθελοντή με ένα μόνο πρόσωπο. Ο εθελοντής οδηγήθηκε σε μια σπηλιά μεγάλου βάθους μακριά στις Άνδεις. Τα μόνα πράγματα που πήρε μαζί του ήταν αρκετό φαγητό, κεριά και υλικό για ανάγνωση που θα τον κρατούσε απασχολημένο για εβδομάδες. Κάθε φορά που ένιωθε νύστα και ήθελε να πάει για ύπνο έπρεπε να καλεί τον σύντροφό του στην άλλη άκρη του τηλεφώνου, ο οποίος θα κατέγραφε την ώρα. Έπρεπε να κάνει το ίδιο τηλεφώνημα όταν ξυπνούσε. Η μελέτη έδειξε ότι ο κύκλος ύπνου-αφύπνισης συνεχίστηκε με ακρίβεια ρολογιού για αρκετές εβδομάδες στη σπηλιά. Ωστόσο ο εθελοντής πήγαινε για ύπνο λίγο αργότερα κάθε μέρα, κάτι που συνεπάγεται ότι το ρολόι του είχε ελαφρώς μεγαλύτερη διάρκεια από 24 ώρες.



Ουσιαστικά, πήγαινε για ύπνο και ξυπνούσε στο πλαίσιο ενός κύκλου που κάλυπτε ακριβώς 24 ώρες και 15 λεπτά. Ο κύκλος του ήταν τόσο προβλέψιμος, που δεν θα μπορούσε παρά να καθοδηγείται από ένα εσωτερικό ρολόι.<sup>23</sup>

Το γεγονός ότι ο κερκάρδιος ρυθμός δεν είναι ακριβώς 24 ώρες δεν αποτελεί έκπληξη, καθώς ο χρόνος από την ανατολή του ήλιου μέχρι την επόμενη ανατολή στις περισσότερες περιοχές του κόσμου δεν είναι ακριβώς 24 ώρες. Επειδή ο πλανήτης μας κλίνει ως προς τον κάθετο άξονα του, καθώς κινείται γύρω από τον ήλιο υπάρχουν στιγμές κατά τη διάρκεια του έτους που είτε το βόρειο είτε το νότιο ημισφαίριο βρίσκονται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απέναντι από τον ήλιο. Καθώς η ημέρα σταδιακά μεγαλώνει ή μικραίνει μέσα στο έτος, το χρονικό σημείο της ανατολής και της δύσης μεταβάλλεται. Στον ισημερινό η μεταβολή είναι πολύ μικρή, αλλά στη Βοστώνη, στη Στοκχόλμη ή στη Μελβούρνη το χρονικό σημείο της ανατολής από τη μια μέρα στην άλλη μπορεί να αλλάζει κατά μερικά λεπτά. Σε απομακρυσμένα βόρεια ή νότια γεωγραφικά πλάτη αυτό γίνεται από τη μια εβδομάδα στην άλλη. Όταν η ημέρα μεγαλώνει καθώς πλησιάζει το καλοκαίρι, το εσωτερικό μας ρολόι μας ξυπνάει λίγο νωρίτερα το πρωί, ακριβώς όταν βγαίνει ο ήλιος. Όταν πετάμε από τη μια ζώνη ώρας στην άλλη ο κύκλος ύπνου-αφύπνισης του οργανισμού σταδιακά προσαρμόζεται στη νέα ζώνη ώρας. Τα παραδείγματα αυτά είναι ενδεικτικά και εξηγούν γιατί έχουμε εσωτερικό ρολόι και πώς ο μηχανισμός προσαρμογής του συνδέεται με τη μεταβολή του χρόνου της ανατολής ή τη διάρκεια της ημέρας. Αφού καθορίστηκε αυτό το στοιχείο, οι επιστήμονες υπέθεσαν ότι οι κερκάρδιοι ρυθμοί συνδέονται ή καθορίζονται χρονικά με βάση το φως.