

ΕΙΔΙΚΟ ΑΡΘΡΟ SPECIAL ARTICLE

Η επιστημονική κατανόηση της υποκειμενικότητας της φαινομενικής συνείδησης

Η μελέτη της συνείδησης και των φαινομένων της αποτελεί έναν γόνιμο κλάδο της σύγχρονης Νευροεπιστήμης, η οποία την εξετάζει ως ένα προϊόν λειτουργίας του εγκεφάλου, σε αντίθεση με κάποιες φιλοσοφικές απόψεις που ισχυρίζονται ότι η επιστημονική έρευνα δεν μπορεί να αποκαλύψει την πραγματική φύση και ουσία της συνείδησης και ιδιαίτερα τις υποκειμενικές ποιότητες (qualia) της συνειδητής εμπειρίας. Υπάρχουν ωστόσο εγκεφαλικές καταστάσεις, όπως ο διοφθάλμιος ανταγωνισμός, κατά τις οποίες μπορεί να διερευνηθεί με ποιον τρόπο η οπτική αντίληψη οδηγεί στη συνειδητή εμπειρία. Οι σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές κατά την πορεία της οπτικής πληροφορίας, στις οποίες γίνεται η συνειδητή αναγνώριση κατηγοριών ερεθισμάτων, όπως πρόσωπα, αντικείμενα, ζώα, τοπία κλπ. Περαιτέρω έρευνες έχουν δείξει ότι στις περιοχές αυτές υπάρχουν ειδικοί νευρώνες και ομάδες νευρώνων που κωδικοποιούν τις αναπαραστάσεις των εν λόγω ερεθισμάτων, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους σε αλληλοεπικαλυπτόμενα ευρύτερα δίκτυα για την παραγωγή συνθετότερων αναπαραστάσεων και εννοιών. Το περιεχόμενο (οι ποιότητες) της τρέχουσας εμπειρίας είναι το αποτέλεσμα της σύνδεσης και της ταυτόχρονης ενεργοποίησης όλων αυτών των πλούσιων αναπαραστάσεων και είναι φυσικό να είναι υποκειμενικό και διαφορετικό σε κάθε άνθρωπο, επειδή οι αναπαραστάσεις του καθένα είναι διαφορετικές από τις αναπαραστάσεις των άλλων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιστημονική διερεύνηση των νοητικών φαινομένων έχει μια μακρά ιστορία, η οποία χαρακτηρίζεται από έντονες αντιθέσεις και αντιπαραθέσεις, έως την οριστική διαμόρφωση της σύγχρονης επιστήμης της νόησης στο πλαίσιο της γνωσιακής ψυχολογίας και της γνωσιακής επιστήμης. Πολλές από τις διαμάχες για την επιστημονική περιγραφή των νοητικών φαινομένων οφείλονται στην εμπλοκή του παράγοντα της συνείδησης, που παραδοσιακά αποτελούσε προνομιακό χώρο έρευνας της ηθικής ή της αναλυτικής φιλοσοφίας. Όταν ωστόσο ιδρύθηκε στο Πανεπιστήμιο της Λειψίας, το 1879, το πρώτο ψυχολογικό εργαστήριο από τον φιλόσοφο και φυσιολόγο Wilhelm Wundt, ο οποίος προσπάθησε να θεμελιώσει την επιστήμη της Ψυχολογίας διαχωρίζοντάς την από τη Φιλοσοφία, αποκλειστικό αντικείμενο της έρευνάς του ήταν το περιεχόμενο της συνείδησης. Η βασική ερευνητική μέθοδος που χρησιμοποίησε, η *συστηματική ενδοσκόπηση*, προϋπέθετε τη συνείδηση και μάλιστα την «ανώτερη» μορφή συνείδησης, την αυτοσυνείδηση.

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2019, 36(4):534-550
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2019, 36(4):534-550

Ε. Καφετζόπουλος

Οργανισμός Κατά των Ναρκωτικών
(OKANA), Αθήνα

Scientific explanation of subjective
phenomenal consciousness

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Διοφθάλμιος ανταγωνισμός
Εγκέφαλος
Κύτταρα εννοιών
Νευρωνικές αναπαραστάσεις
Συνείδηση

Υποβλήθηκε 26.8.2018
Εγκρίθηκε 10.9.2018

Η νέα ωστόσο επιστήμη της Ψυχολογίας γρήγορα κυριαρχήθηκε από τον μπηχαβιορισμό του Watson και του Skinner, σύμφωνα με τους οποίους οι νοητικές λειτουργίες, περιλαμβανομένης της συνείδησης, δεν αποτελούν αντικείμενο έρευνας της Ψυχολογίας. Κάθε τι εσωτερικό, νοητικό ή συνειδησιακό, θεωρήθηκε ένα «μαύρο κουτί» που παρεμβάλλεται ανάμεσα στα πραγματικά αντικείμενα της έρευνας, τα ερεθίσματα και τις απαντήσεις. Η άποψη αυτή κυριάρχησε σε ένα μεγάλο μέρος του 20ού αιώνα, έως ότου ανατράπηκε από τις συνδυασμένες έρευνες της Ψυχολογίας, της Γλωσσολογίας, των Νευροεπιστημών και της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστών, που έδειξαν ότι οι εσωτερικές καταστάσεις είναι απαραίτητες για την ερμηνεία των ψυχοφυσικών φαινομένων.¹

Διαμορφώθηκε έτσι η θεωρία της ψυχοφυσικής αιτιότητας, σύμφωνα με την οποία οι νοητικές καταστάσεις είναι φυσικές καταστάσεις του εγκεφάλου, επειδή έχουν αιτιακό ρόλο, προκαλούν δηλαδή φυσικές συμπεριφορές όπως η κίνηση και ο λόγος. Η διαμάχη ωστόσο για την επιστημονική

κατανόηση της συνείδησης και των φαινομένων της φαίνεται ότι συνεχίζεται. Υπάρχουν ορισμένοι φιλόσοφοι,^{2,3} οι οποίοι πιστεύουν ότι η συνείδηση –ιδιαίτερα η *φαινομενική* συνείδηση, η υποκειμενική εμπειρία– παραμένει πεισματικά απρόσιτη και απόλυτα μυστηριώδης, απροσπλάστη στην επιστημονική έρευνα και ανάλυση. Άλλοι επίσης διαχωρίζουν το «εύκολο πρόβλημα» της περιγραφής της λειτουργίας του εγκεφάλου σε συνειδητές ή μη συνειδητές καταστάσεις από το «δύσκολο πρόβλημα», όπως το αποκαλούν, της επιστημονικής περιγραφής της φαινομενικής υποκειμενικής συνείδησης.^{4,5} Η διατύπωση του δύσκολου προβλήματος αντανάκλα την παραδοσιακή διάκριση αντικειμενικότητας-υποκειμενικότητας και συνιστά έναν σύγχρονο δυϊσμό που δεν διαφέρει από τον κλασικό δυϊσμό του Descartes ή άλλων ιδεαλιστών φιλοσόφων. Ωστόσο, φιλόσοφοι, ψυχολόγοι και νευροεπιστήμονες συνεχίζουν τις προσπάθειες ερμηνείας της συνείδησης με φυσικούς επιστημονικούς όρους, ακολουθώντας την παράδοση του μονισμού (ή φυσικαλισμού, κατά τη σύγχρονη εκδοχή του) και την ενιαία ερμηνεία του αντικειμενικού και του υποκειμενικού στο πλαίσιο της θεωρίας της ψυχοφυσικής αιτιότητας. Αυτή η διαμάχη παραμένει διαρκώς ζωντανή και ενδιαφέρουσα, τόσο μέσα στους ακαδημαϊκούς χώρους όσο και ανάμεσα σε ένα ευρύτερο κοινό.

Η λέξη «συνείδηση» έχει πολλές εκδοχές. Στο παρόν άρθρο όμως θα ασχοληθούμε με την έννοια της συνείδησης ως επίγνωση του αισθητήριου ερεθίσματος (sensory awareness) και τον υποκειμενικό χαρακτήρα της. Το περιεχόμενο των συνειδητών καταστάσεων αφορά στην ίδια την *υποκειμενική* εμπειρία, το *πώς είναι* να βρίσκεσαι σε αυτή την κατάσταση, το *πώς είναι* να βλέπεις ένα χρώμα, να μυρίζεις μια οσμή κ.λπ. Το εν λόγω περιεχόμενο είναι επίσης γνωστό ως *φαινομενικός χαρακτήρας*, *ποιοτικός χαρακτήρας* ή *qualé* (πληθυντικός qualia). Ένα qualé αναφέρεται ως μια ποιοτική ή φαινομενική (phenomenal) ιδιότητα που είναι εγγενής σε ένα αισθητικό δεδομένο: το χρώμα ενός αντικειμένου, το ύψος και η χροιά ενός ήχου, μια ιδιαίτερη γεύση κ.λπ.

Η αναμφισβήτητη υποκειμενική φύση των συνειδητών εμπειριών έχει οδηγήσει ορισμένους συγγραφείς να υποθέσουν ένα «ερμηνευτικό χάσμα» (explanatory gap) ανάμεσα στην αντικειμενική επιστημονική περιγραφή και στην υποκειμενική συνειδητή εμπειρία.^{4,6} Η επιστήμη ωστόσο έχει προχωρήσει αρκετά, ανεξάρτητα από τις φιλοσοφικές διαμάχες για τη συνείδηση και έχουν διατυπωθεί θεωρίες στο πλαίσιο διαφορετικών προσεγγίσεων, όπως π.χ. της επεξεργασίας πληροφοριών και της τεχνητής νοημοσύνης, της γνωσιακής ψυχολογίας, ή της νευροβιολογίας. Στο άρθρο αυτό θα παρουσιαστούν ορισμένες νευροβιολογικές μελέτες, εστιάζοντας κυρίως στη συσχέτιση των περιεχομένων της συνείδησης με τα περιεχόμενα των αναπαραστάσε-

ων σε συγκεκριμένους νευρωνικούς πληθυσμούς, σε μια προσπάθεια να εξηγηθεί με φυσικούς όρους το «δύσκολο πρόβλημα» της υποκειμενικής φαινομενικής εμπειρίας.

2. Η ΜΑΙΡΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΡΩΜΑΤΑ

Μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες εκδοχές του δύσκολου προβλήματος είναι ένα επιχείρημα που εμφανίστηκε στη συζήτηση του περίφημου *νοητικού πειράματος της Μαίρης*, όπως είναι γνωστό, μέσω διαφόρων εκδοχών του.^{7,8} Ας φανταστούμε μια μελλοντική εξαιρετική νευροεπιστήμονα, τη Μαίρη, που μεγάλωσε σε ένα ασπρόμαυρο δωμάτιο χωρίς κανένα ίχνος χρώματος, αλλά που γνωρίζει με κάθε λεπτομέρεια κάθε επιστημονική γνώση και θεωρία για το χρώμα και για την εγκεφαλική αναπαράσταση της εμπειρίας του. Δεν γνωρίζει όμως πώς είναι να βλέπεις το κόκκινο μέχρι να βγει από το ασπρόμαυρο δωμάτιο. Εφόσον λοιπόν όλα τα φυσικά επιστημονικά δεδομένα τα οποία γνώριζε η Μαίρη δεν περιλαμβάνουν το *νέο δεδομένο* που έμαθε όταν βγήκε από το δωμάτιο, έμαθε κάτι μη φυσικό, άρα ο δυϊσμός είναι αληθής. Το *επιχείρημα εκ της γνώσης* (knowledge argument), που διατυπώθηκε με αφορμή το νοητικό αυτό πείραμα, καταλήγει στο γεγονός ότι υπάρχουν αλήθειες για τη συνείδηση οι οποίες δεν μπορούν να εξαχθούν από την πλήρη φυσική αλήθεια. Κατά συνέπεια, η συνειδητή εμπειρία της Μαίρης δεν ανάγεται στα φυσικά γεγονότα της λειτουργίας του εγκεφάλου και έτσι δεν μπορεί να ερμηνευτεί από αυτά.

Στα εν λόγω επιχειρήματα έχουν απαντήσει πολλοί συγγραφείς, προσπαθώντας να αναθεωρήσουν τον δυϊσμό που συνεπάγονται. Οι απαντήσεις τους εντάσσονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά σε μια σύγχυση ιδιοτήτων και εννοιών στη διατύπωση του νοητικού πειράματος της Μαίρης,⁹⁻¹⁵ ενώ η δεύτερη εισάγει στη συζήτηση τις νευρωνικές αναπαραστάσεις.¹⁶⁻¹⁸

Οι προσεγγίσεις αυτές έχουν οδηγήσει στη διατύπωση της *στρατηγικής των φαινομενικών εννοιών* (phenomenal concept strategy) και συνιστούν την εγκυρότερη απάντηση στο επιχείρημα εκ της γνώσης.¹⁹ Η στρατηγική των φαινομενικών εννοιών ισχυρίζεται ότι αν και *ex hypothesi* η Μαίρη γνωρίζει όλες τις προτάσεις που έχουν σχέση με το χρώμα και την εμπειρία του χρώματος, με την έξοδο της αποκτά μια νέα *φαινομενική* έννοια (η οποία εφόσον αναπαριστά χρώμα έχει φαινομενικά χαρακτηριστικά) και, κατά συνέπεια, προσεγγίζει τις συγκεκριμένες προτάσεις κάτω από έναν διαφορετικό, φαινομενικό τρόπο παρουσίασης. Έτσι, η Μαίρη δεν έμαθε κάτι εντελώς καινούργιο, μια νέα ιδιότητα, αλλά απέκτησε μια νέα (φαινομενική) αναπαράσταση ενός παλαιότερου δεδομένου (όπως το

παιδί που πηγαίνει στο Γυμνάσιο μαθαίνει την αναπαράσταση H₂O ως μια νέα αναπαράσταση της έννοιας του νερού). Έως τότε είχε κατανοήσει πώς είναι να βλέπεις το κόκκινο από την οπτική του τρίτου προσώπου. Όταν βγήκε από το δωμάτιο απέκτησε μια οπτική πρώτου προσώπου του ίδιου γεγονότος.

Το επιχείρημα εκ της γνώσης, εξ άλλου, στηρίζεται στην υπόθεση ότι η φυσική γνώση είναι αποκλειστικά εννοιολογικού/γλωσσικού τύπου, αποκτάται δηλαδή μέσω βιβλίων, υπολογιστών ή άλλων συμβολικών συστημάτων. Είναι όμως η γνώση μόνο το περιεχόμενο της γλώσσας, των βιβλίων, αυτών που είχε η Μαίρη στη διάθεσή της στο ασπρόμαυρο δωμάτιο; Αν κάποιος έχει διαβάσει τα πάντα για το ποδήλατο και τη χρήση του, μπορεί να κάνει ποδήλατο; (Και το να κάνεις ποδήλατο είναι μια εντελώς φυσική κατάσταση χωρίς φαινομενικές ή υποκειμενικές ιδιότητες). Υπάρχουν λοιπόν μορφές γνώσης οι οποίες αφορούν σε δεξιότητες, ιδιότητες ή ποιότητες και αποτελούν διαφορετικούς τύπους πληροφοριών που αποθηκεύονται σε διαφορετικά σημεία του εγκεφάλου, ο οποίος τους επεξεργάζεται με διαφορετικό τρόπο. Το ίδιο μπορεί να συμβαίνει και με τα qualia της συνειδητής εμπειρίας (τις φαινομενικές έννοιες/αναπαράστασεις) και τη γνώση που αποκτάμε μέσω της γλώσσας ή άλλων συμβολικών συστημάτων (τις συμβολικές έννοιες/αναπαράστασεις). Και τα δύο είναι φυσικές πληροφορίες, που αποκτώνται και αναπαριστώνται στον εγκέφαλο με διαφορετικό τρόπο. Ένα αντίστοιχο παράδειγμα θα ήταν η αναλογική και η ψηφιακή εκδοχή μιας ηχογράφησης ή η άμεση –οπτική ή ακουστική– αντίληψη ενός συμβάντος και η λεκτική του περιγραφή.

Εάν επεκτείνουμε την έννοια της αναπαράστασης ώστε να περιλάβει και το νευρωνικό της υπόστρωμα, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η Μαίρη δεν είχε την εμπειρία του κόκκινου επειδή, απλά, ποτέ δεν είχε μια νευρωνική αναπαράσταση του κόκκινου χρώματος στον εγκέφαλό της.¹⁶ Όταν απέκτησε τη συνειδητή (φαινομενική) εμπειρία του κόκκινου, απέκτησε ταυτόχρονα και μια φυσική νευρωνική αναπαράσταση του κόκκινου χρώματος.

Το ερώτημα είναι αν πράγματι μπορούμε να εντοπίσουμε τη νευρωνική αναπαράσταση που είναι υπεύθυνη –δηλαδή αναγκαία και ικανή– για τη συνειδητή εμπειρία του συγκεκριμένου οπτικού ερεθίσματος και σε ποιον βαθμό η εν λόγω αναπαράσταση σχετίζεται ή ταυτίζεται με τη συνειδητή εμπειρία. Ανεξάρτητα από κάποια θεωρητικά ερωτήματα που εγείρει η ταύτιση των συνειδητών καταστάσεων με εγκεφαλικές καταστάσεις, καθώς και η συνακόλουθη αναγωγή των νοητικών φαινομένων στα φυσικά φαινόμενα του εγκεφάλου, τα οποία πραγματεύεται η σύγχρονη φιλοσοφία της νόησης, η επιστημονική

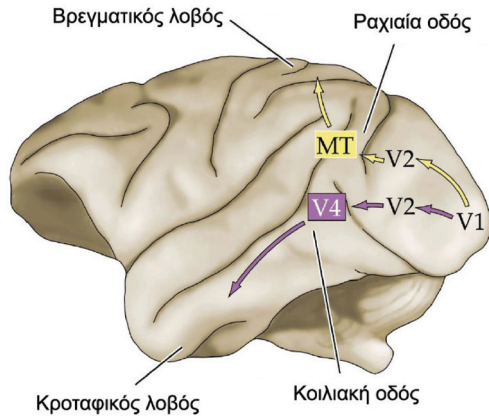
έρευνα των νοητικών και των συνειδητών φαινομένων έχει συμβάλει με αποφασιστικό τρόπο σε μια σύνθεση βιολογικών και ψυχολογικών θεωριών, με στόχο την πληρέστερη κατανόηση της ανθρώπινης φύσης.

3. ΤΟ ΝΕΥΡΩΝΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗΣ

Η νευροεπιστημονική έρευνα αφορά στην αναζήτηση των *νευρωνικών ισοδυναμιών της συνείδησης* (neural correlates of consciousness) και υποθέτει ότι το περιεχόμενο των αισθητικών εμπειριών (qualia) μπορεί να ταυτιστεί, πράγματι, με τη νευρωνική δραστηριότητα συγκεκριμένων εγκεφαλικών περιοχών. Η υπόθεση αυτή έχει συχνά χαρακτηριστεί ως «δόγμα ταύτισης περιεχομένου»,²⁰ αλλά αποτελεί υπόθεση και όχι προϋπόθεση. Σκοπός των ερευνών είναι η επιβεβαίωση της υπόθεσης, άλλως θα εγκαταλειφθεί και θα αντικατασταθεί από μια πιθανόν εγκυρότερη που θα εξηγεί καλύτερα τα φαινόμενα.

Στην πρόσφατη βιβλιογραφία, το νευρωνικό ισοδύναμο της συνείδησης έχει οριστεί ως το «ελάχιστο σύνολο νευρωνικών γεγονότων και μηχανισμών επαρκών για ένα συγκεκριμένο συνειδητό αντίλημα».²¹ Το ελάχιστο αυτό σύνολο νευρωνικών γεγονότων και μηχανισμών έχει προταθεί, ανάμεσα σε άλλες εκδοχές, ότι παριστά μια χρονικά παρατεταμένη νευρωνική πυροδότηση (temporally extended neural firing),²² ότι μπορεί να περιλαμβάνει ένα ιδιαίτερο είδος κυττάρων στο σύνολο του φλοιού²³ ή ότι μπορεί να περιλαμβάνει αμφίδρομους θαλαμοφλοιώδεις βρόγχους.²⁴ Οι προσδιορισμοί αυτοί, ωστόσο, είναι πολύ ασαφείς και γενικοί, ενώ, όπως θα δούμε στη συνέχεια, η τρέχουσα έρευνα προσδιορίζει το νευρωνικό ισοδύναμο της συνείδησης με σαφέστερους ανατομικούς και φυσιολογικούς όρους.

Η πορεία του οπτικού αισθητικού ερεθίσματος αρχίζει από τον αμφιβληστροειδή και μέσω του έξω γονατώδους σώματος και της οπτικής ακτινοβολίας καταλήγει στον πρωτοταγή (ταινωτό) οπτικό φλοιό ή περιοχή V1. Από εκεί, μέσω της περιοχής V2, η πληροφορία ακολουθεί μια πορεία προς τις δευτεροταγείς οπτικές περιοχές, μια ραχιαία προς τη V3 και τη V5 (MT) και μια κοιλιακή προς τη V4 (εικ. 1). Η ραχιαία οδός συνεχίζει προς τις τριτοταγείς περιοχές του βρεγματικού λοβού και θεωρείται ότι συμμετέχει στη συνεχή καθοδήγηση της κίνησης. Η κοιλιακή οδός συνεχίζει προς τις τριτοταγείς περιοχές του κροταφικού λοβού και θεωρείται ότι υποστηρίζει την εννοιολογική σκέψη και τον σχεδιασμό της συμπεριφοράς ανάλογα με την αντίληψη του περιβάλλοντος.^{25,26} Έχει υποστηριχθεί ότι η επεξεργασία των πληροφοριών στο ραχιαίο σύστημα αντιστοιχεί στην ονομαζόμενη *προσβαίνουσα συνείδηση* (access conscious-



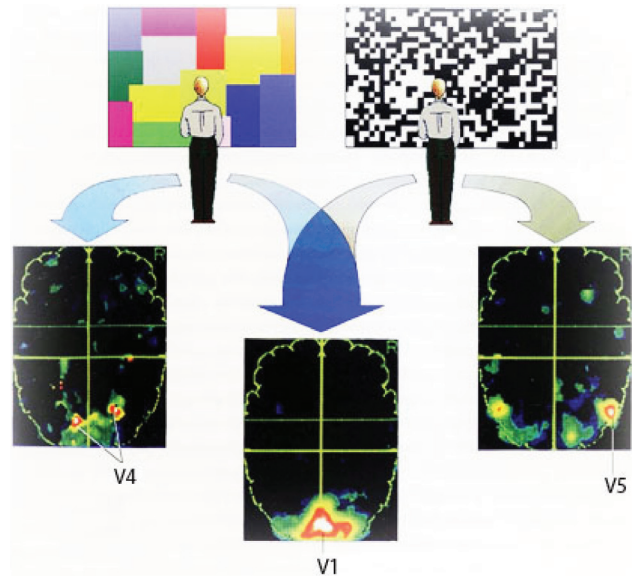
Εικόνα 1. Οι δύο οδοί της επεξεργασίας του οπτικού σήματος. Η ραχιαία οδός από την περιοχή V1 προς τις περιοχές V2–V3–V5 (MT) στον βρεγματικό λοβό (προσανατολισμός, κίνηση, βάθος πεδίου) και η κοιλιακή οδός από τη V1 προς τις V2–V4 στον κροταφικό λοβό (χρώμα, μορφή, σχήμα εικόνων).

ness), η οποία ελέγχει την προσοχή, την κίνηση και τον λόγο, ενώ η επεξεργασία τους στο κοιλιακό αντιστοιχεί στη *φαινομενική συνείδηση* (phenomenal consciousness), τη συνειδητή εμπειρία, η οποία αποτελεί και το αντικείμενο της παρούσας διερεύνησης.²⁷

Στην περιοχή V1 οι νευρώνες κωδικοποιούν τοπικές πληροφορίες και η εκφόρτισή τους δεν σχετίζεται με την αναγνώριση σύνθετων ερεθισμάτων. Με άλλα λόγια, από την εκφόρτιση των νευρώνων της V1 δεν μπορεί να ειπωθεί αν το ερέθισμα είναι ένα πρόσωπο, ένα ζώο ή ένα αντικείμενο, επειδή οι εν λόγω νευρώνες απαντούν σε έναν μεγάλο αριθμό ερεθισμάτων και με διαφορετικό τρόπο όταν αυτά τα ερεθίσματα αλλάζουν.

Οι νευρώνες των δευτερογενών οπτικών περιοχών απαντούν σε πιο ειδικά χαρακτηριστικά του ερεθίσματος, όπως το χρώμα και η κίνηση. Από σχετικά πειράματα της δεκαετίας του 1970 σε πιθήκους²⁸ είναι γνωστό ότι οι περιοχές V3 και V5 είναι υπεύθυνες για την αναγνώριση της δυναμικής μορφής και της κίνησης, γιατί τα κύτταρά τους απαντούν σε κινούμενα σημεία, αλλά όχι σε χρώματα. Αντίθετα, η περιοχή V4, τα κύτταρα της οποίας απαντούν τόσο σε συγκεκριμένα μήκη φωτός όσο και στον προσανατολισμό των γραμμών, είναι υπεύθυνη για την αναγνώριση του χρώματος και του σχήματος των αντικειμένων (εικ. 2).

Οι σύγχρονες απεικονιστικές τεχνικές μάς επέτρεψαν να καθορίσουμε με σχετική ακρίβεια τις αντίστοιχες περιοχές στον άνθρωπο. Στην εικόνα 2 βλέπουμε, με τη βοήθεια της τομογραφίας εκπομπής ποζιτρονίων (PET), ότι η αντίληψη της κίνησης ή του χρώματος ενός αντικειμένου αυξάνει τη δραστηριότητα της περιοχής V5 και V4, αντίστοιχα. Οι περιοχές αυτές, ωστόσο, ενεργοποιούνται από μια πλη-



Εικόνα 2. Διαφορετικές εικόνες ενεργοποιούν διαφορετικές περιοχές του οπτικού φλοιού, όπως φαίνεται σε αυτές τις τομογραφίες εκπομπής ποζιτρονίων (PET). Ένας πίνακας του Modrian με ζωηρά χρώματα προκαλεί ενεργοποίηση της περιοχής V4. Ασπρόμαυρα κινούμενα σχήματα αυξάνουν τη δραστηριότητα της περιοχής V5. Και οι δύο εικόνες ενεργοποιούν τις περιοχές V1 και V2, που έχουν λιγότερο εξειδικευμένες λειτουργίες και κατανέμουν τις πληροφορίες στις άλλες οπτικές περιοχές.

θώρα ερεθισμάτων και φαίνεται ότι σχετίζονται με την αρχική επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων και όχι με τη συνειδητή τους αντίληψη. Η ενεργοποίηση των οπτικών περιοχών που ανιχνεύεται με τις απεικονιστικές τεχνικές δεν μπορεί να διαχωρίσει την ενεργοποίηση η οποία οφείλεται στην επεξεργασία των ερεθισμάτων από την ενεργοποίηση του υποθετικού νευρωνικού ισοδύναμου της συνείδησης. Έτσι, οι ερευνητές κατέφυγαν σε άλλες τεχνικές.

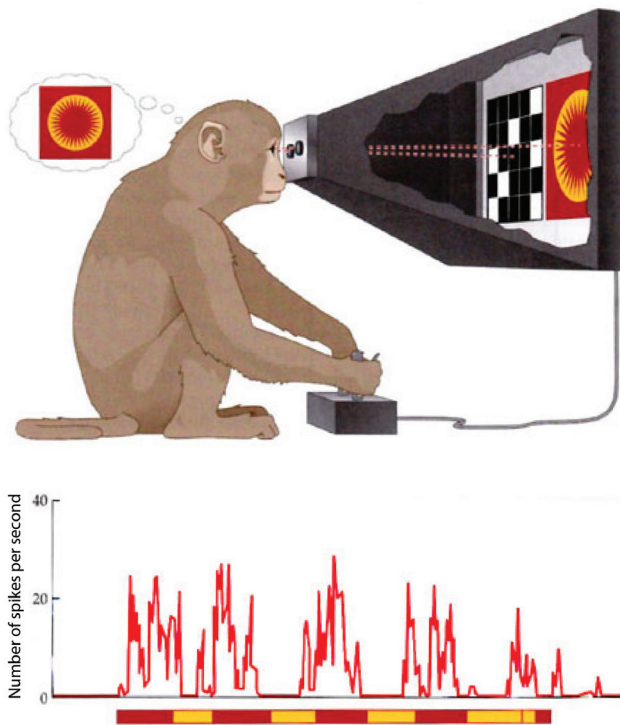
Έως σήμερα η σημαντικότερη ερευνητική προσέγγιση του νευρωνικού ισοδύναμου της συνείδησης είναι η μελέτη μεμονωμένων νευρώνων στον εγκέφαλο κατά το φαινόμενο του διοφθάλμιου ανταγωνισμού. Όταν η οπτική είσοδος σε κάθε μάτι είναι διαφορετική, βλέπουμε εναλλάξ την εικόνα η οποία παρουσιάζεται σε κάθε μάτι χωριστά και όχι ένα μείγμα των δύο εικόνων. Η κάθε εικόνα παραμένει ορατή για μερικά δευτερόλεπτα, κατά τη διάρκεια των οποίων η άλλη εικόνα είναι εντελώς άορατη και στη συνέχεια η ορατή εικόνα χάνεται και βλέπουμε την εικόνα που ήταν πριν άορατη κ.ο.κ. Το ερέθισμα είναι σταθερό αλλά η συνειδητή αντίληψη αλλάζει. Ποιοι νευρώνες στον εγκέφαλο ακολουθούν το ερέθισμα και ποιοι τη συνειδητή του αντίληψη;

Το ερώτημα αυτό επιχειρήθηκε να απαντηθεί με μια σειρά εξαιρετικά σχεδιασμένων πειραμάτων^{29–31} στο οπτικό σύστημα του μακάκου. Οι ερευνητές εκπαίδευσαν τους πιθήκους να ανταποκρίνονται, πατώντας έναν μοχλό ανάλογα

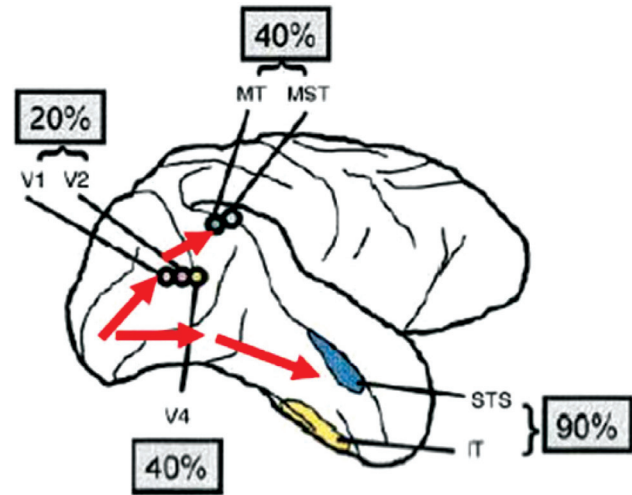
με το ποιο από τα δύο ανταγωνιστικά ερεθίσματα γινόταν αντιληπτό (εικ. 3). Η παρόμοια κατανομή των χρόνων εναλλαγής έδειξε ότι άνθρωποι και πίθηκοι αντιλαμβάνονται τα ερεθίσματα με τον ίδιο τρόπο.

Η πρώτη σειρά πειραμάτων²⁹ αφορούσε στην καταγραφή νευρώνων στη μέση κροταφική περιοχή (medial temporal area, MT/V5), που απαντούν εκλεκτικά στην κίνηση. Από τα κύτταρα αυτά μόνο το 40% περίπου μετέβαλε τη δραστηριότητά του ανάλογα με την αντίληψη που ανέφερε ο πίθηκος. Στη δεύτερη σειρά πειραμάτων³⁰ η καταγραφή έγινε στις περιοχές V1/V2 και V4. Στην περιοχή V1/V2 λίγα κύτταρα ακολουθούσαν την εναλλαγή της αντίληψης του ερεθίσματος. Στην περιοχή V4 το ποσοστό ήταν παρόμοιο με αυτό στη MT (εικ. 4).

Τα αποτελέσματα της τρίτης σειράς πειραμάτων³¹ ήταν ιδιαίτερα σημαντικά (εικ. 5). Στα σχετικά πειράματα τα ερεθίσματα ήταν εικόνες ανθρώπων, πιθήκων, ζώων, πεταλούδων, ερπετών και διαφόρων αντικειμένων. Η καταγραφή έγινε στην πάνω και στην κάτω πλευρά της άνω κροταφικής αύλακας (superior temporal sulcus, STS) και στο κάτω κροταφικό σύμπλεγμα (inferotemporal complex, IT). Σε καταστάσεις



Εικόνα 3. Η διάταξη των πειραμάτων διοφθάλμιου ανταγωνισμού. **Επάνω:** Ο εκπαιδευμένος πίθηκος με το πάτημα ενός μοχλού «δηλώνει» ποιο ερέθισμα αντιλαμβάνεται από τα δύο διαφορετικά που προβάλλονται χωριστά στα δύο του μάτια, με ταυτόχρονη καταγραφή της δραστηριότητας των νευρώνων κατά μήκος της οπτικής οδού. **Κάτω:** Μεταβολή της δραστηριότητας ενός νευρώνα ανάλογα με τη μεταβολή της αντίληψης (οριζόντια μπάρα).

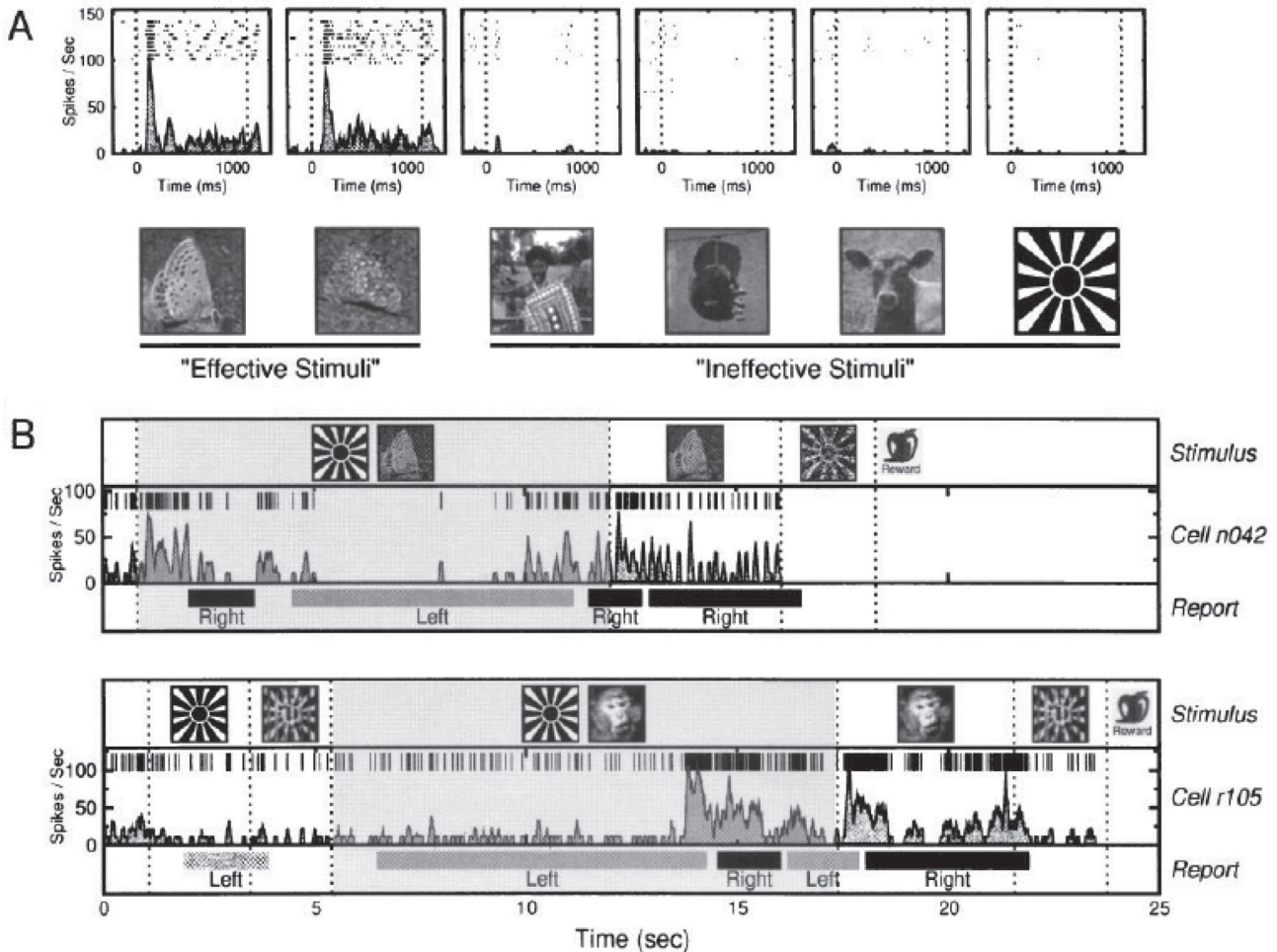


Εικόνα 4. Ποσοστά των νευρώνων που μετέβαλαν τη δραστηριότητά τους ανάλογα με την αντίληψη του ενός ή του άλλου ερεθίσματος. Τα ποσοστά αυτά αυξάνονται κατά την πορεία του οπτικού ερεθίσματος από τις πρωτοταγείς οπτικές περιοχές (V1, V2, V3, V4 και V5/MT) προς την άνω κροταφική αύλακα (superior temporal sulcus, STS) και το κάτω κροταφικό σύμπλεγμα (inferotemporal complex, IT).

παθητικής παρακολούθησης των εικόνων, οι περισσότεροι από αυτούς τους νευρώνες εκφορτίζονταν με έναν τρόπο όλον-ή-ουδέν, πυροδοτούμενοι ισχυρά με μία μόνο συγκεκριμένη εικόνα (π.χ. πεταλούδες, ζώα ή πρόσωπα), και στο επίπεδο του θορύβου με όλα τα άλλα ερεθίσματα-εικόνες (εικ. 5A). Σε συνθήκες διοφθάλμιου ανταγωνισμού, όπου τα δύο ανταγωνιστικά ερεθίσματα ήταν το προτιμώμενο ερέθισμα στο ένα μάτι και ένα ουδέτερο ερέθισμα (ήλιος) στο άλλο, η δραστηριότητα του 90% περίπου των νευρώνων στις εν λόγω περιοχές συμβάδιζε με την αντιληπτική κατάσταση του ζώου, την εικόνα δηλαδή που ανέφερε ότι έβλεπε εναλλάξ. Όταν έβλεπε το προτιμώμενο ερέθισμα ο νευρώνας πυροδοτείτο, ενώ όταν έβλεπε το ουδέτερο σιγούσε (εικ. 5B).

Οι έρευνες αυτές έδειξαν ότι υπάρχουν πράγματι νευρώνες στον κροταφικό λοβό του πιθήκου, η δραστηριότητα των οποίων ακολουθεί τη συνειδητή εμπειρία που προκαλούν τα αισθητικά ερεθίσματα. Κατά συνέπεια, οι νευρώνες αυτοί θα μπορούσαν να ανήκουν σε νευρωνικά δίκτυα που κωδικοποιούν την οπτική αναπαράσταση του φυσικού κόσμου και να αποτελούν το νευρωνικό ισοδύναμο της συνείδησης. Οι εν λόγω έρευνες όμως έδειξαν επί πλέον ότι οι αναπαραστάσεις αυτές δεν είναι απλές εικονικές αναπαραστάσεις συγκεκριμένων φυσικών αντικειμένων αλλά αναπαριστούν *κατηγορίες* πραγμάτων, γενικές έννοιες, όπως πρόσωπα, πεταλούδες, ζώα κ.λπ.

Η ύπαρξη νευρώνων που απαντούν με ειδικό τρόπο σε γενικές κατηγορίες ερεθισμάτων, όπως πρόσωπα, χέρια ή το-



Εικόνα 5. Νευρωνική δραστηριότητα κατά τη διάρκεια παθητικής παρατήρησης και διοφθάλμιου ανταγωνισμού. **(Α)** Επιλεκτικότητα απάντησης ενός νευρώνα στην περιοχή IT (inferotemporal complex). Οι εικόνες που προκάλεσαν απάντηση ήταν δύο εικόνες πεταλούδων, ενώ όλα τα άλλα ερεθίσματα (πρόσωπα, ζώα, ήλιος, αντικείμενα) προκάλεσαν μικρή ή καθόλου απάντηση. **(Β)** Παράδειγμα μιας πειραματικής περιόδου σε δύο πιθήκους, κατά την οποία ο συμπεριφορικός έλεγχος έγινε με τυχαίους συνδυασμούς μη ανταγωνιζόμενων και ανταγωνιζόμενων συνθηκών. Οι περίοδοι ανταγωνισμού αντιστοιχούν στο γκριζό υπόβαθρο. Οι οριζόντιες μαύρες και γκριζές μπάρες δείχνουν τους χρόνους κατά τους οποίους οι πιθήκοι ανέφεραν αντίληψη του ενός ερεθίσματος, πατώντας τον αριστερό μοχλό (ήλιος) ή του άλλου πατώντας τον δεξιό μοχλό (πεταλούδα ή πρόσωπο πιθήκου).³¹

ποθεσίες, έχει αποδειχθεί και από άλλα πειράματα που έχουν γίνει σε πιθήκους. Οι συγκεκριμένοι νευρώνες εντοπίζονται σε περιοχές του κροταφικού λοβού που περιλαμβάνουν τον περιρρινικό και τον ενδορρινικό φλοιό, την παραϊπποκάμπειο έλικα, τον ιππόκαμπο και την αμυγδαλή.³²⁻³⁴ Παρόμοιοι νευρώνες στις ίδιες περιοχές έχει δείχθει ότι υπάρχουν και στον άνθρωπο.^{35,36} Είναι επίσης γνωστό ότι καταστροφή του κροταφικού λοβού τόσο στον πίθηκο όσο και στον άνθρωπο οδηγεί σε διαταραχές της οπτικής αναγνώρισης ειδικών κατηγοριών σύνθετων οπτικών ερεθισμάτων.³⁷⁻⁴⁰ Μπορούμε λοιπόν να υποθέσουμε με σχετική βεβαιότητα ότι στις περιοχές αυτές, που παραδοσιακά έχουν συσχετιστεί με τη μνήμη, δεν γίνεται μόνο η οπτική αναγνώριση των οπτικών ερεθισμάτων αλλά και η «κατηγοριοποίησή» τους σε γενικές (αφηρημένες) έννοιες, πιθανόν μέσω της σύνδεσής τους με σχετικά μνημονικά εγγράμματα.

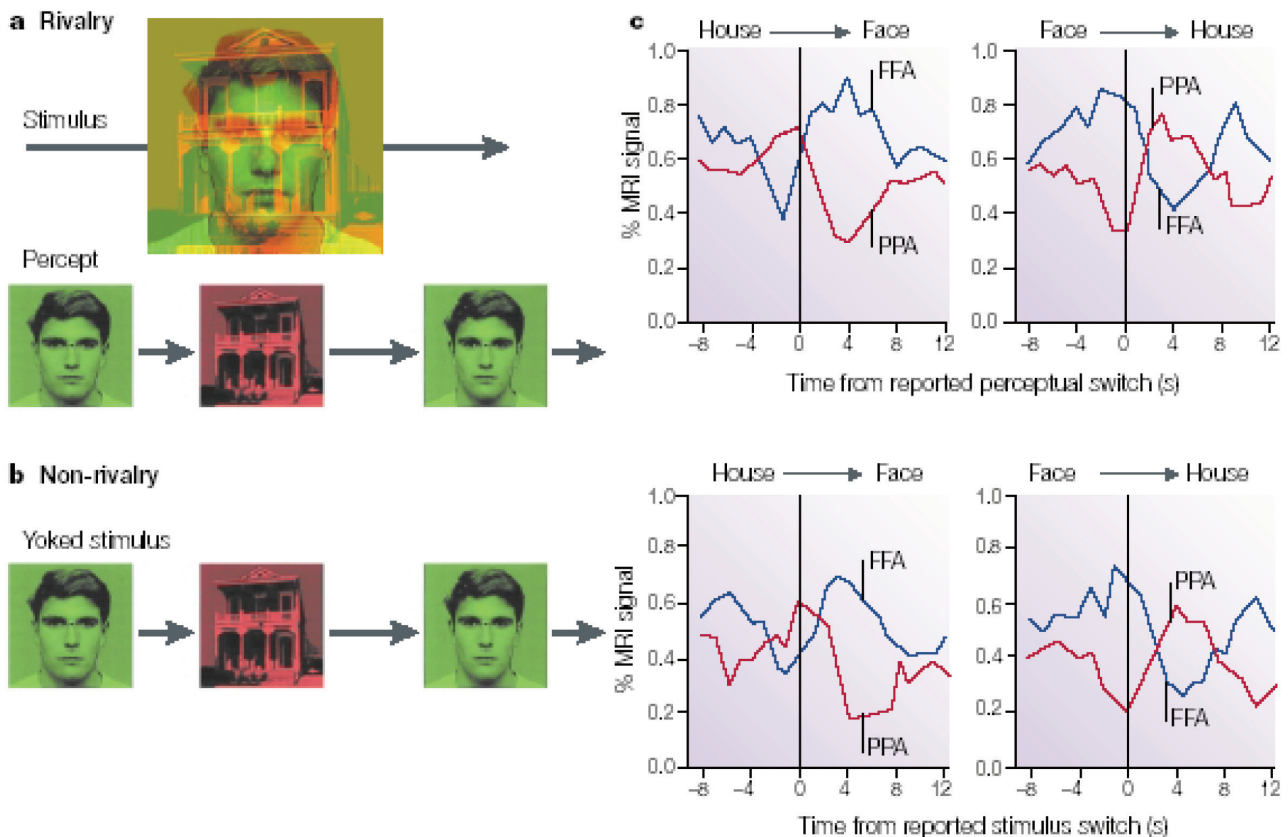
Υπάρχουν δύο ειδικές περιοχές στον κροταφικό λοβό του ανθρώπου που έχουν ελκύσει το ενδιαφέρον των ερευνητών, οι οποίες ενεργοποιούνται κατά την παρατήρηση δύο διαφορετικών κατηγοριών ερεθισμάτων, προσώπων και τοποθεσιών. Η πρώτη, που αποκαλείται *ατρακτοειδής περιοχή των προσώπων* (fusiform face area, FFA), βρίσκεται στον εξωραβδωτό φλοιό και ενεργοποιείται τουλάχιστον δύο φορές ισχυρότερα από πρόσωπα σε σχέση με άλλες κατηγορίες ερεθισμάτων, όπως χέρια, αντικείμενα και σπίτια. Η δεύτερη, στην κοιλιακή επιφάνεια του κροταφικού λοβού, που αποκαλείται *παραϊπποκάμπειος περιοχή των τόπων* (parahippocampal place area, PPA), ενεργοποιείται ισχυρά από εικόνες σπιτιών, λιγότερο από αντικείμενα που δεν έχουν σχέση με τοποθεσίες και καθόλου από πρόσωπα.⁴¹⁻⁴⁶ Σε μια προσπάθεια επανάληψης των αρχικών πειραμάτων του διοφθάλμιου ανταγωνισμού στον άνθρωπο,

χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της λειτουργικής μαγνητικής τομογραφίας (fMRI) σε καταστάσεις διοφθάλμιου ανταγωνισμού, με στόχο να απαντηθεί το ερώτημα αν οι εν λόγω περιοχές σχετίζονται με τη συνειδητή αντίληψη αυτών των ερεθισμάτων ή η ενεργοποίηση παριστά απλά ένα στάδιο της επεξεργασίας των ερεθισμάτων.⁴⁷ Η μελέτη έδειξε μια εντυπωσιακή ομοιότητα της ενεργοποίησης της PPA και της FFA, τοπική και χρονική, τόσο σε συνθήκες ανταγωνισμού όσο και σε συνθήκες μη ανταγωνισμού (εικ. 6), υποδεικνύοντας ότι οι περιοχές αυτές συνδέονται πράγματι με τη συνειδητή αντίληψη των προσώπων και των τοποθεσιών.

Η ανατομική εικόνα που δίνουν όλες αυτές οι έρευνες είναι ότι τα οπτικά ερεθίσματα γίνονται συνειδητά, τουλάχιστον με την έννοια της αισθητικής επίγνωσης (sensory awareness) κατά την πορεία τους προς το «κοιλιακό οπτικό σύστημα» του κροταφικού λοβού, στο οποίο η ενεργοποίηση νευρώνων σχετίζεται με το περιεχόμενο της οπτικής αναπαράστασης. Το γεγονός όμως ότι στις συγκεκριμένες περιοχές γίνεται και η κατηγοριοποίηση των ερεθισμά-

των, υποδηλώνει ότι οι εν λόγω αναπαραστάσεις είναι ήδη αρκετά πλούσιες σε περιεχόμενο και δεν αποτελούν φωτογραφικού τύπου απεικονίσεις των πραγμάτων του φυσικού κόσμου.

Ανάμεσα στους θεωρητικούς της αναπαραστασιακής θεωρίας της νόησης υπάρχει η παραδοσιακή υπόθεση ότι οι νοητικές αναπαραστάσεις χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες.⁴⁸ Στις *ιδέες ή σκέψεις*, που συνίστανται από έννοιες και δεν έχουν φαινομενικά χαρακτηριστικά (qualia), και τις *αισθήσεις*, οι οποίες έχουν φαινομενικά χαρακτηριστικά, αλλά όχι εννοιολογικά συστατικά. (Το μη εννοιολογικό περιεχόμενο συνήθως ορίζεται ως η κατάσταση ενός όντος που ενδέχεται να μη διαθέτει έννοιες αλλά να μπορεί να απολαμβάνει κάτι). Σε αυτή την ταξινόμηση, οι νοητικές καταστάσεις μπορούν να αναπαριστούν κάτι με τον τρόπο της φυσικής γλώσσας – με έννοιες που αποτελούν τις μονάδες ή τα σύμβολα της γλώσσας της νόησης, της περίφημης *mentalese* – ή μπορεί να αναπαριστούν κάτι ανάλογο με ζωγραφιές, σχέδια, χάρτες, φωτογραφίες ή κινηματογραφικές



Εικόνα 6. Δραστηριότητα της παραϊπποκάμπειας περιοχής τόπων (PPA) και της ατρακτοειδούς περιοχής προσώπων (FFA) (c) κατά τη διάρκεια συνθηκών διοφθάλμιου ανταγωνισμού, όπου τα ερεθίσματα παρουσιάζονται ταυτόχρονα, αλλά χωριστά σε κάθε μάτι (a), και μη ανταγωνισμού, όπου τα ερεθίσματα προβάλλονται εναλλάξ χωριστά σε κάθε μάτι σε χρόνους ανάλογους εκείνων οι οποίοι παρατηρήθηκαν κατά την αναφορά της αντιληπτικής εμπειρίας στις συνθήκες ανταγωνισμού (b). Παρατηρήστε την ομοιότητα της δραστηριότητας στις συγκεκριμένες περιοχές τόσο σε συνθήκες ανταγωνισμού όσο και σε συνθήκες μη ανταγωνισμού.⁴⁷

ταινίες. Οι εμπειρικές έρευνες ωστόσο που περιγράφηκαν παραπάνω δείχνουν ότι ο εγκέφαλος κατηγοριοποιεί τα αισθητικά δεδομένα αρκετά πρώιμα κατά την επεξεργασία τους και αυτό που βλέπει είναι μια υβριδική κατάσταση, η οποία συνίσταται από μια φωτογραφικού τύπου εμπειρία (την εικόνα ενός συγκεκριμένου προσώπου ή ενός συγκεκριμένου σπιτιού) συνδεδεμένη όμως με ένα εννοιολογικό ή σημασιολογικό περιεχόμενο (η εικόνα αυτή *σημαίνει* ένα πρόσωπο ή ένα σπίτι, ή έχω την *πεποίθηση* ότι αυτό που βλέπω είναι ένα πρόσωπο ή ένα σπίτι).⁴⁹

Έχει διατυπωθεί, πράγματι, η υπόθεση ότι για να αποκτήσει μια οπτική αναπαράσταση συνειδητό φαινομενικό περιεχόμενο πρέπει να είναι προσβάσιμη και σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου που διαμεσολαβούν εννοιολογικές ή σημασιολογικές κατηγοριοποιήσεις.⁵⁰ Μια συνειδητή εμπειρία δεν είναι απλά ένα σύνολο οπτικών χαρακτηριστικών, αλλά μια χωροχρονικά δομημένη αναπαράσταση στην οποία τα οπτικά χαρακτηριστικά σχετίζονται με συγκεκριμένα αντικείμενα και γεγονότα. Όπως είδαμε, μια πρώτη σύνθεση που αφορά στην κατηγοριοποίηση γίνεται στις σχετιζόμενες με τη μνήμη περιοχές του κροταφικού λοβού. Η δόμηση όμως μιας πλήρως συνειδητής εμπειρίας μπορεί να περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε ειδικά (*domain specific*) συστήματα για την αναπαράσταση του συνειδητού περιεχομένου (κυρίως στο ραχιαίο οπτικό σύστημα του βρεγματικού φλοιού) και σε γενικά (*domain general*) συστήματα (κυρίως στο κοιλιακό οπτικό σύστημα του κροταφικού και πιθανόν του μετωπιαίου φλοιού) για την οργάνωση αυτού του περιεχομένου σε δομημένη εμπειρία.⁵⁰

Θα επανέλθουμε σε αυτές τις παρατηρήσεις παρακάτω στη συζήτηση των *θεωριών υψηλής τάξης* της συνείδησης. Θα δούμε όμως στη συνέχεια τον πιθανό νευρωνικό μηχανισμό των εν λόγω αλληλεπιδράσεων, μελετώντας τη σύνδεση των αναπαραστάσεων, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος κωδικοποιεί και κατηγοριοποιεί έννοιες και σημασίες από τα απλά αισθητικά ερεθίσματα, διαδικασία η οποία αποτελεί τη βασική αναγκαία συνθήκη για τη συνειδητή εμπειρία.

4. Η ΦΑΙΝΟΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΤΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ

Τη δεκαετία του 1960 ο γνωσιακός επιστήμονας Jerry Lettvin πρότεινε ότι στον εγκέφαλο υπάρχουν κύτταρα που απαντούν σε συγκεκριμένες και μοναδικές έννοιες, απόλυτα προσωπικές και ιδιωτικές, όπως για παράδειγμα στην έννοια της γιαγιάς μας. Αυτή η ιδέα των υπερ-εξειδικευμένων κυττάρων δεν έγινε ποτέ αποδεκτή από τους ψυχολόγους ως εξαιρετικά απλουστευτική της λειτουργίας του εγκεφάλου, εφόσον υπέθεταν ότι η συνειδητή εμπειρία

και η απόδοση νοήματος πρέπει να είναι κάτι εξαιρετικά σύνθετο και πολύπλοκο.

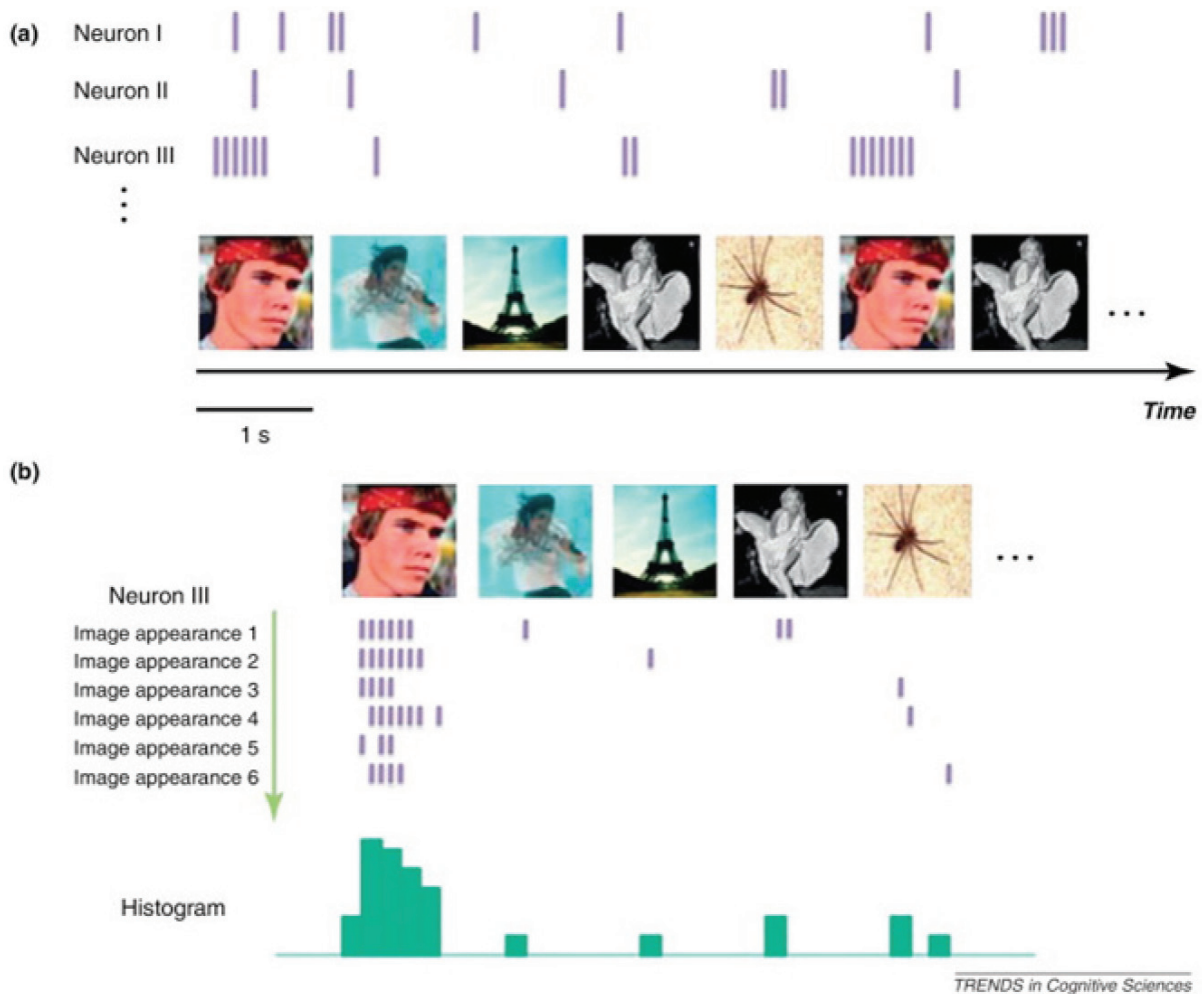
Πρόσφατα, ωστόσο, ανακαλύφθηκε ένας μεγάλος αριθμός νευρώνων οι οποίοι θα μπορούσαν αρχικά να αποκληθούν «κύτταρα της γιαγιάς», σε μια σειρά πειραμάτων που διεξήχθησαν σε επιληπτικούς ασθενείς, στους οποίους είχαν εμφυτευθεί συστοιχίες μικροηλεκτροδίων για την καταγραφή της δραστηριότητας των νευρώνων στον έσω κροταφικό λοβό.⁵¹⁻⁵³ Με τη χρήση ενός ειδικού λογισμικού χωρικής ανάλυσης,⁵⁴ από το κάθε ηλεκτρόδιο ήταν δυνατόν να καταγραφεί η δραστηριότητα δεκάδων ή και εκατοντάδων νευρώνων.

Οι ερευνητές έκαναν αρχικά στους ασθενείς έναν βασικό έλεγχο, δείχνοντάς τους από 71-114 φωτογραφίες διάσημων προσώπων, τόπων, ζώων κ.λπ. Ταυτόχρονα, κατέγραφαν τις εκφορτίσεις εκατοντάδων νευρώνων μέσω των ηλεκτροδίων. Από τους 993 νευρώνες που καταγράφηκαν, οι 132 απαντούσαν τουλάχιστον σε μία φωτογραφία, αγνοώντας όλες τις άλλες φωτογραφίες της παρουσίασης (εικ. 7).

Η ομάδα στη συνέχεια πραγματοποίησε έναν δεύτερο έλεγχο, αυτή τη φορά δείχνοντας στους ασθενείς 3-7 φωτογραφίες από τις αρχικές 132 εικόνες, στις οποίες υπήρξε απάντηση. Για παράδειγμα, μια γυναίκα είδε 7 διαφορετικές φωτογραφίες της ηθοποιού Jennifer Aniston ανάμεσα σε 80 άλλες φωτογραφίες ζώων, κτηρίων ή άλλων διάσημων ηθοποιών. Ο νευρώνας αγνόησε όλες τις άλλες φωτογραφίες αλλά εκφορτιζόταν σταθερά μόλις η εικόνα της Aniston εμφανιζόταν στην οθόνη (εικ. 8).

Την επόμενη ημέρα μετά την ανακάλυψη του «νευρώνα της Jennifer Aniston» οι ερευνητές επανέλαβαν το πείραμα, δείχνοντας στην ασθενή περισσότερες φωτογραφίες που σχετίζονταν με τη συγκεκριμένη ηθοποιό, και βρήκαν ότι αυτός ο νευρώνας εκφορτιζόταν επίσης και με τη φωτογραφία της Lisa Kudrow, μιας συμπρωταγωνίστριάς της στην τηλεοπτική σειρά «Τα φιλαράκια». Στη συνέχεια, εντοπίστηκαν και άλλοι νευρώνες που εκφορτιζόνταν μετά από επίδειξη προσώπων τα οποία σχετίζονταν μεταξύ τους. Σε μια σειρά επιδείξεων βρέθηκε ότι ένας νευρώνας που απαντούσε στις παρουσιάσεις διαφόρων εικόνων του χαρακτήρα «Luke Skywalker» από την ταινία Star Wars, απαντούσε και στην επίδειξη άλλων χαρακτήρων από την ίδια ταινία, όπως του «Yoda» ή του «Darth Vader».

Η ύπαρξη μοναδικών νευρώνων στον μέσο κροταφικό λοβό που απαντούν κατ'επανάληψη σε συγκεκριμένα πρόσωπα ή αντικείμενα έχει επιβεβαιωθεί και σε μια πρόσφατη μελέτη σε επιληπτικούς ασθενείς με παραπλήσια τεχνική.⁵⁵ Στη μελέτη αυτή, ωστόσο, οι ερευνητές βρήκαν περισσότερους νευρώνες να απαντούν σε πολλαπλά ερε-



Εικόνα 7. (a) Καταγραφή τριών νευρώνων, ένας από τους οποίους (νευρώνας III) απαντά επιλεκτικά στη φωτογραφία του ηθοποιού Josh Brolin από την ταινία *Goonies*, ανάμεσα σε πολλές άλλες, όπως του πύργου του Άιφελ, της Marilyn Monroe, μιας αράχνης κ.λπ. Ο νευρώνας αυτός εκφορτιζόταν έντονα σε κάθε παρουσίαση της φωτογραφίας του Josh Brolin, ενώ σιγούσε στις άλλες. **(b)** Εκφορτίσεις του νευρώνα III κατά τις διαδοχικές παρουσιάσεις της εικόνας του Josh Brolin και των άλλων εικόνων.

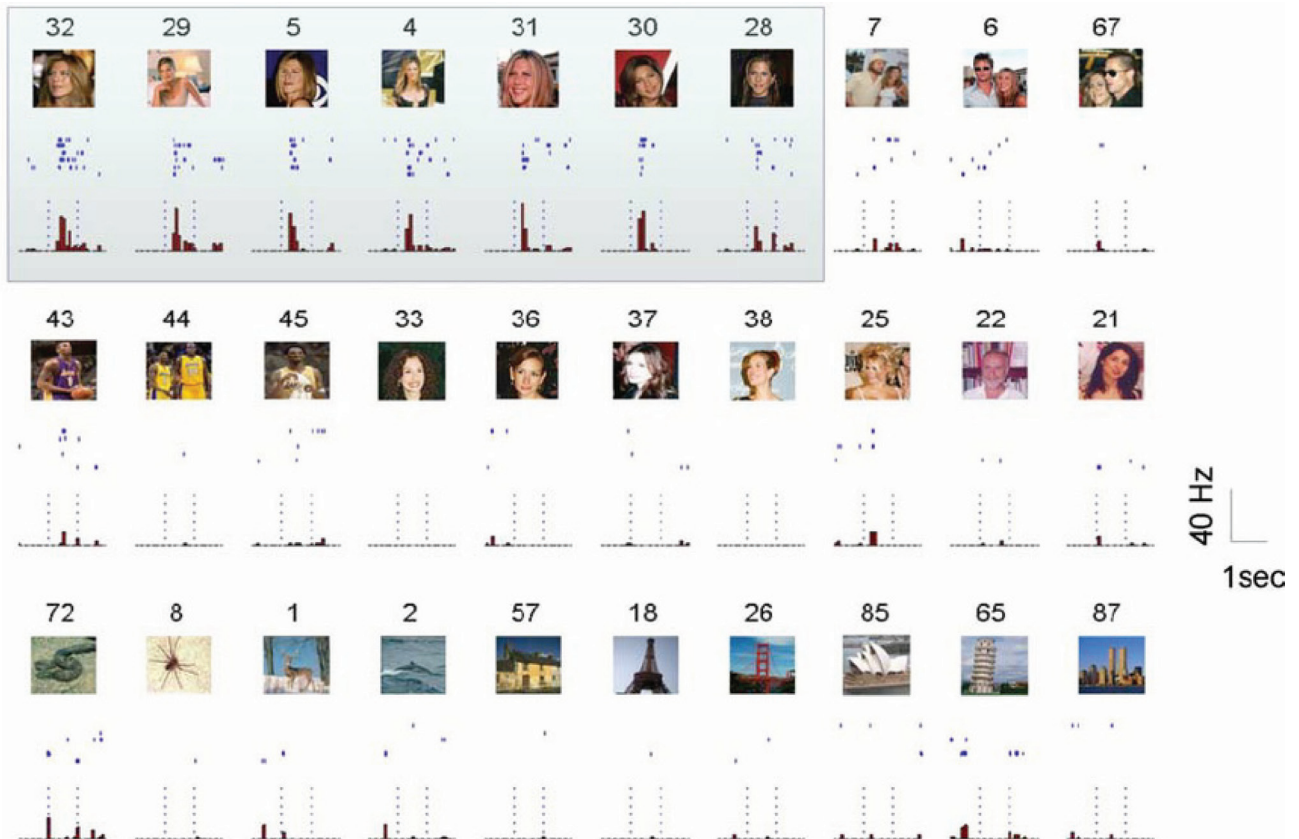
θίσματα, αλλά τα εν λόγω ερεθίσματα συνήθως ανήκαν στην ίδια κατηγορία (πρόσωπα, ζώα, μνημεία κ.λπ.). Στην εικόνα 9 φαίνεται ένας νευρώνας του δεξιού ιππόκαμπου που απάντησε σε δύο εικόνες μνημείων, το Σινικό Τείχος και το Μνημείο (Οβελίσκο) της Washington.

Η εκφόρτιση των ίδιων νευρώνων από πολλαπλά σχετιζόμενα μεταξύ τους ερεθίσματα δείχνει ότι οι νευρώνες αυτοί δεν είναι ακριβώς σαν τα «κύτταρα της γιαγιάς» που είχε υποθέσει ο Jerry Lettvin. Αντίθετα, αποτελούν κόμβους σε δίκτυα νευρώνων που αναπαριστούν συγκεκριμένες έννοιες στον κροταφικό λοβό. Οι νευρώνες που απαντούν στις εικόνες της Jennifer Aniston και της Lisa Kudrow, συμπρωταγωνίστριες στη σειρά «Τα φιλαράκια», οι νευρώνες οι οποίοι απαντούν στους διαφορετικούς χαρακτήρες του *Star Wars*, οι νευρώνες που απαντούν στο Σινικό Τείχος και στο Μνημείο της Washington, αποτελούν κόμβους σε

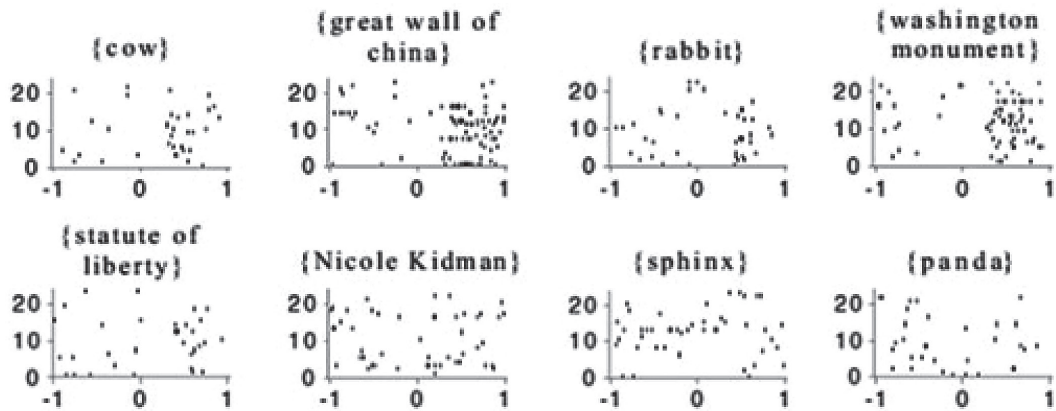
δίκτυα αλληλοεπικαλυπτόμενων και ευρύτερα κατανεμημένων νευρώνων οι οποίοι αναπαριστούν εννοιολογικές κατηγορίες παρόμοιων πραγμάτων.

Στην εικόνα 10 παρουσιάζεται η πιθανή μορφή και διάταξη αυτών των δικτύων. Παρατηρείται ένα υποθετικό δίκτυο νευρώνων που κωδικοποιεί την έννοια του χαρακτήρα “Luke Skywalker” από την ταινία *Star Wars* αλλά και τον τρόπο που συνδέεται με άλλα δίκτυα, μέσω κοινών νευρώνων, τα οποία κωδικοποιούν άλλους χαρακτήρες της ίδιας ταινίας. Η ενεργοποίηση του «δικτύου του Luke Skywalker», λοιπόν, μόλις δούμε τη φωτογραφία του, κινητοποιεί και άλλες σχετικές έννοιες, όπως του Yoda ή του Darth Vader, μέσω της εκφόρτισης νευρώνων αλληλοεπικαλυπτόμενων αναπαραστάσεων.

Η υπόθεση ότι τα δίκτυα των σχετικών νευρώνων κωδικοποιούν αναπαραστάσεις γενικών εννοιών και δεν είναι



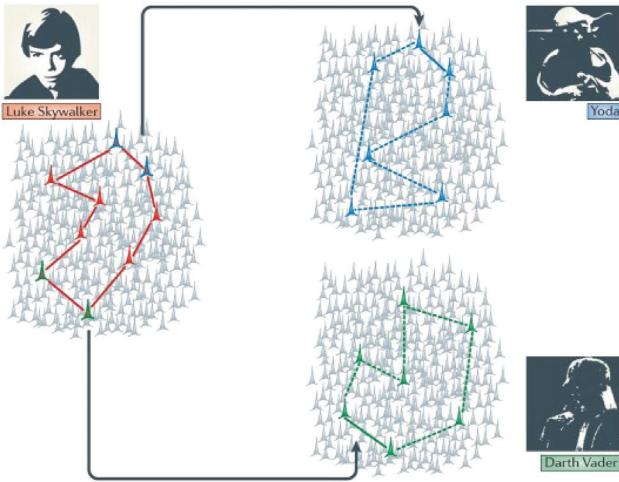
Εικόνα 8. Εκφόρτιση ενός συγκεκριμένου νευρώνα στον δεξιό οπίσθιο ιππόκαμπο που απαντά ειδικά σε διαφορετικές εικόνες της ηθοποιού Jennifer Aniston, αλλά όχι σε άλλες εικόνες (περιλαμβανομένων εικόνων της ίδιας ηθοποιού με τον σύζυγό της, επίσης γνωστό ηθοποιό Brad Pitt). Για κάθε εικόνα παρουσιάζονται το raster plot 6 δοκιμασιών και το αντίστοιχο ιστόγραμμα. Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές (με διαφορά ενός sec) παριστούν την αρχή και το τέλος της παρουσίασης της εικόνας.⁵¹



Εικόνα 9. Απαντήσεις ενός νευρώνα στον δεξιό ιππόκαμπο στην παρουσίαση 8 εικόνων (raster plots). Κάθε γραμμή δείχνει την απάντηση σε μία δοκιμασία από τις 20 που πραγματοποιήθηκαν (κάθετος άξονας) στον χρόνο 0 (οριζόντιος άξονας σε secs). Ο συγκεκριμένος νευρώνας φάνηκε να απαντά σε δύο μνημεία, το Σινικό Τείχος και το Μνημείο της Washington.⁵⁵

απλές εικονικές (φωτογραφικού τύπου) αναπαραστάσεις έχει ελεγχθεί με την επίδειξη των γραπτών ονομάτων των προσώπων ή των αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα. Διαπιστώθηκε ότι ένα μεγάλο ποσοστό των

νευρώνων του έσω κροταφικού λοβού απαντούσε πράγματι τόσο στις εικόνες όσο και στα γραπτά ονόματα των προσώπων ή των αντικειμένων, αλλά και σε ερεθίσματα από άλλες αισθητικές κατηγορίες, όπως στο όνομα του προσώπου ή



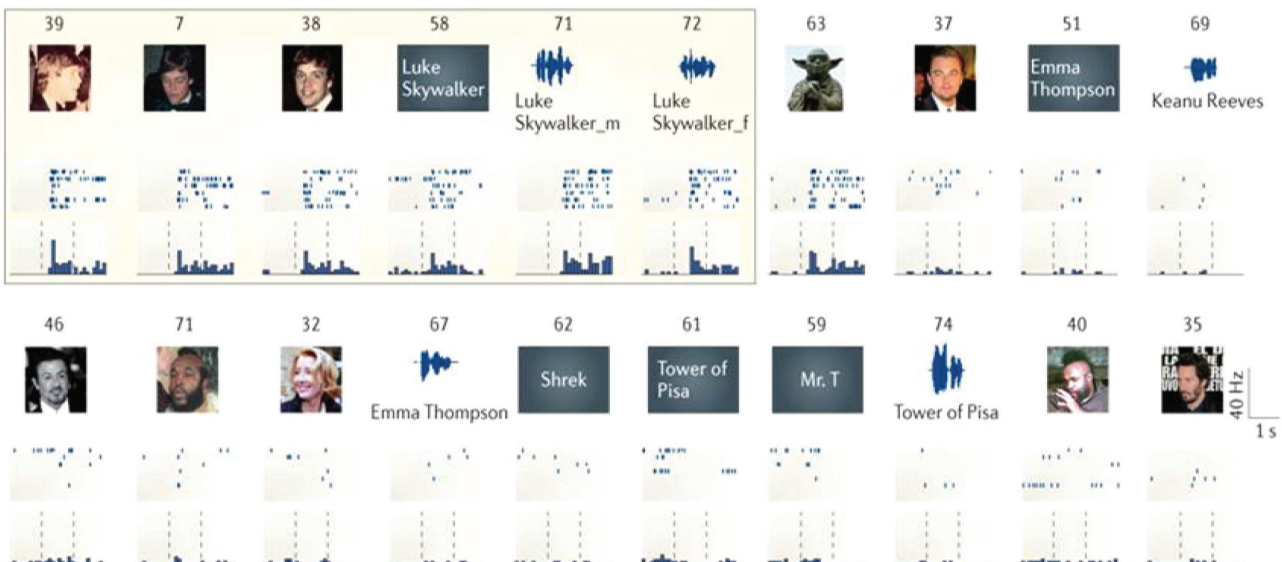
Εικόνα 10. Χωρική αναπαράσταση των εννοιών στον μέσο κροταφικό λοβό. Στα αριστερά παρουσιάζεται ένα τέτοιο υποθετικό δίκτυο που κωδικοποιεί την έννοια του “Luke Skywalker” (με κόκκινες γραμμές). Μερικοί από τους εν λόγω νευρώνες εκφορτίζονται και με τον Yoda (δεξιά επάνω με τις μπλε γραμμές), ενώ άλλοι εκφορτίζονται και με τον Darth Vader (τον κακό της ταινίας Star Wars, με τις πράσινες γραμμές).⁵²

του αντικειμένου το οποίο προφερόταν από μια συνθετική φωνή (εικ. 11).⁵⁶ Μπορεί λοιπόν η εικονική, η γραπτή ή η φωνητική αναπαράσταση να είναι διαφορετικές ως προς το περιεχόμενό τους, η σύνδεσή τους ωστόσο μέσα στον εγκέφαλο οδηγεί στη διεύρυνση και στην ενοποίηση του περιεχομένου τους. Από τις απλές αναπαραστάσεις-έννοιες

μεμονωμένων ηθοποιών, π.χ., δημιουργούνται δίκτυα πιο σύνθετων αναπαραστάσεων με πλουσιότερο περιεχόμενο (οι ηθοποιοί του Star Wars, η ταινία Star Wars κ.λπ.).

Είναι λοιπόν προφανές ότι αυτές οι μερικά αλληλοεπικαλυπτόμενες αναπαραστάσεις, όχι μόνο συσχετίζονται με έννοιες, αλλά αποτελούν τη βάση της συνειρμικής μάθησης και της επεισοδιακής μνήμης. Κάθε έννοια –κάθε πρόσωπο ή αντικείμενο της καθημερινής μας εμπειρίας– μπορεί να αντιστοιχεί σε ένα σύνολο νευρώνων που εκχωρείται σε αυτή.⁵³ Επί πλέον, κάθε έννοια και οι νευρώνες που εκχωρούνται σε αυτή, ενδέχεται να αποτελούν τμήμα ή κόμβο ευρύτερων αναπαραστάσεων-εννοιών, που όπως θα δούμε στη συνέχεια μπορεί να περιλαμβάνουν και αναπαραστάσεις υψηλής τάξης, κατανεμημένες ευρύτερα στον εγκέφαλο. Η πυροδότηση ενός νευρώνα ή ενός τμήματος αυτού του πιθανόν εκτεταμένου δικτύου από κάποιο συγκεκριμένο ερέθισμα μπορεί να προκαλέσει την ενεργοποίηση ολόκληρου του δικτύου, καθιστώντας δυνατή την επίγνωσή του, την εννοιολογική του κατηγοριοποίηση, τη σύνδεσή του με παρόμοιες αναπαραστάσεις και μνημονικά εγγράμματα, καθώς και τη σύνδεσή του με τους μηχανισμούς εξόδου οι οποίοι θα οδηγήσουν το χέρι να δείξει κάτι σχετικό ή τον λόγο που θα προφέρει αυτό το οποίο γίνεται αντιληπτό και τις ιδιότητές του.

Οι νευρώνες που αναπαριστούν πρόσωπα ή αντικείμενα, όπως π.χ. ο «νευρώνας της Jennifer Aniston», έχουν ονομαστεί από τους ερευνητές «κύτταρα εννοιών» (con-



Εικόνα 11. Απαντήσεις ενός νευρώνα στον ενδορρινικό φλοιό σε διάφορες εικόνες και σε γραπτές ή προφερόμενες λέξεις. Για κάθε ερέθισμα παρουσιάζεται το σχετικό raster plot για έξι δοκιμασίες και το αντίστοιχο ιστόγραμμα. Ο νευρώνας πυροδοτήθηκε, από μια σχετικά σιωπηλή βασική γραμμή, μόνο στην εικόνα του χαρακτήρα Luke Skywalker από την ταινία Star Wars (ερεθίσματα 39, 7 και 38), το όνομά του γραμμένο στην οθόνη του υπολογιστή (ερέθισμα 58) και το όνομά του προφερόμενο από ανδρική και γυναικεία συνθετική φωνή (ερεθίσματα 71 και 72, αντίστοιχα). Ο νευρώνας αυτός πυροδοτήθηκε επίσης από την εικόνα του Yoda, ενός άλλου χαρακτήρα της ίδιας ταινίας (ερέθισμα 63). Οι κάθετες διακεκομμένες γραμμές δηλώνουν την αρχή και το τέλος της επίδειξης, με διαφορά ενός sec.⁵⁶

cept cells)⁵² και έχει θεωρηθεί ότι κωδικοποιούν σημασίες με υποκειμενικό χαρακτήρα επειδή εξαρτώνται από τη σημαντικότητα και τη σπουδαιότητα του ερεθίσματος για το άτομο (για παράδειγμα, ο νευρώνας ο οποίος πυροδοτήθηκε με το Σινικό Τείχος και τον Πύργο της Washington, που περιγράφηκε παραπάνω, ενεργοποιήθηκε επειδή τα μνημεία αυτά είχαν την ίδια έννοια για το συγκεκριμένο άτομο). Η εν λόγω υποκειμενική σημασία μπορεί, με τη σειρά της, να καθορίσει το επίπεδο της κατηγοριοποίησης ή της ατομικότητας με το οποίο η συγκεκριμένη έννοια θα κωδικοποιηθεί και θα αποθηκευτεί τελικά στη μνήμη. Αν και ο μέσος κροταφικός λοβός δεν εμπλέκεται στην αντίληψη και η κατηγοριοποίηση μπορεί να πραγματοποιείται και σε άλλες περιοχές (περιλαμβανομένου του προμετωπιαίου φλοιού),⁵⁷ τα «κύτταρα εννοιών» πυροδοτούνται αποκλειστικά κατά τη συνειδητή αντίληψη του ερεθίσματος.⁵⁸ Θα μπορούσε λοιπόν να υποτεθεί ότι η πυροδότηση ενός «κυττάρου έννοιας» φέρει τη συγκεκριμένη έννοια σε επίγνωση, έτσι ώστε να μπορέσει να συνδεθεί με άλλες αναπαραστάσεις, με άλλα σχετικά γεγονότα και εμπειρίες, καταλήγοντας τελικά στη δημιουργία συνειρμών και μνημών και στην ενσωμάτωσή τους στη ροή της συνείδησης.

Σύμφωνα με πολλούς νευροεπιστήμονες, το φαινομενικό συνειδητό περιεχόμενο των αναπαραστάσεων και των εννοιών προκύπτει ακριβώς από τη συγχρονισμένη πυροδότηση όλων αυτών των νευρώνων που αντιστοιχούν στις συνδεδεμένες αναπαραστάσεις, καθώς και των νευρώνων της εξόδου-συμπεριφοράς.²³ Όπως προαναφέρθηκε, οι νευρώνες που σχετίζονται με την οπτική αντίληψη κάποιου προσώπου μπορεί να συνδέονται με άλλους οι οποίοι αναπαριστούν το όνομά του, με άλλους που αναπαριστούν τη φωνή του, αλλά και με μνήμες σχετικά με αυτόν ή αυτή, με συναισθήματα και επιθυμίες, σε ένα ευρύ συνειρμικό δίκτυο, παρόμοιο με μια σχεσιακή βάση δεδομένων. Το τι σημαίνει μια κόκκινη τομάτα ή το γνωστό ή άγνωστο πρόσωπο που βλέπω, εξαρτάται από το ποιες και πόσες αναπαραστάσεις ενεργοποιούνται από την οπτική αντίληψη. Μπορεί ο νευροφυσιολογικός μηχανισμός της ταυτόχρονης και συγχρονισμένης αυτής ενεργοποίησης να μην είναι ακόμη γνωστός, οδηγώντας στη διατύπωση του γνωστού προβλήματος της σύνδεσης (binding problem), η σχετική σύνδεση όμως των νευρωνικών αναπαραστάσεων έχει θεωρηθεί μια από τις θεμελιωδέστερες ιδιότητες του εγκεφάλου και της λειτουργίας του. Ο διάσημος νευροφυσιολόγος Rodolfo Llinás, επιθυμώντας να τονίσει τη σημασία της σύνδεσης και της ταυτόχρονης ενεργοποίησης στην ανάδυση της συνείδησης και ιδιαίτερα της υποκειμενικής, προσωπικής (αυτο)συνείδησης, έχει παραφράσει τη γνωστή ρήση του Descartes «σκέπτομαι άρα υπάρχω» (I think, therefore I am) με τη ρήση “It binds, therefore I am”.⁵⁹

5. Η ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΟΤΗΤΑ (ΜΟΝΑΔΙΚΟΤΗΤΑ) ΤΗΣ ΣΥΝΕΙΔΗΤΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑΣ

Γιατί όμως το φαινομενικό περιεχόμενο της συνείδησης, παρά τη συγκεκριμένη υλική του φύση –την πυροδότηση συγκεκριμένων νευρώνων ή δικτύων νευρώνων– θεωρείται υποκειμενικό, ατομικό, προσωπικό, ιδιωτικό και άρα μοναδικό; Ας θυμηθούμε το νοητικό πείραμα με τη Μαίρη. Είναι επιστημονικό το ερώτημα, εάν το κόκκινο που βλέπει η Μαίρη είναι *υποκειμενικά* το ίδιο με το κόκκινο που βλέπω εγώ ή με το κόκκινο που βλέπεις εσύ (έχουν δηλαδή την ίδια ποιότητα-qualia: κοκκινότητα); Όταν πονάω εγώ και πονάς κι εσύ είναι επιστημονικά λογικό να συμπεράνω ότι πονάω εγώ *όπως* πονάς κι εσύ;

Ακόμη και σε σκληρές εκδοχές της θεωρίας της ταυτότητας συνειδητών-εγκεφαλικών καταστάσεων,⁶⁰ η υποκειμενικότητα της εμπειρίας δηλώνεται ως διαφορετικότητα περιγραφής: Όταν πονάω εγώ, ο πόνος ταυτίζεται με μια φυσική κατάσταση μέσα μου και όταν πονάς εσύ, ο πόνος ταυτίζεται με μια φυσική κατάσταση μέσα σου. Όταν όμως πονάμε και οι δύο, αυτό δεν σημαίνει ότι μοιραζόμαστε την ίδια φυσική κατάσταση.

Ο Crick ωστόσο διορθώνει: «Δεν σημαίνει ότι μοιραζόμαστε “ακριβώς” την ίδια φυσική κατάσταση».⁶¹ Το πόσο ακριβείς (πρέπει να) είμαστε, εξαρτάται από τη λεπτομερή γνώση των διαδικασιών που λαμβάνουν μέρος. «Εάν το νευρωνικό αντίστοιχο του κόκκινου εξαρτάται, σε σημαντικές παραμέτρους, από την προηγούμενη εμπειρία μου (από τα “δικά μου” εγγράμματα), και εάν η προηγούμενη εμπειρία μου είναι σημαντικά διαφορετική από τη δική σας, τότε μπορεί να μην είμαστε σε θέση να συμπεράνουμε ότι βλέπουμε το κόκκινο με τον ίδιο ακριβώς τρόπο».⁶¹ Η υποκειμενική διάσταση δεν αφορά στη (μυστική ή απροσπέλαστη) φύση του περιεχομένου της συνειδητής εμπειρίας, αλλά στο «πληροφοριακό» της εύρος.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ροή της αντιληπτικής πληροφορίας ακολουθεί δύο οδούς μέσα στο οπτικό σύστημα, μια ραχιαία που αντιστοιχεί στο αναπαραστασιακό περιεχόμενο της συνειδητής αντίληψης και έχει πρόσβαση σε διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες (προσβαίνουσα συνείδηση, access consciousness), και μια κοιλιακή που έχει προταθεί ότι αντιστοιχεί σε κατηγοριοποιήσεις, σημασίες, ποιότητες (qualia) του περιεχομένου της συνείδησης (φαινομενική συνείδηση, phenomenal consciousness).²⁷

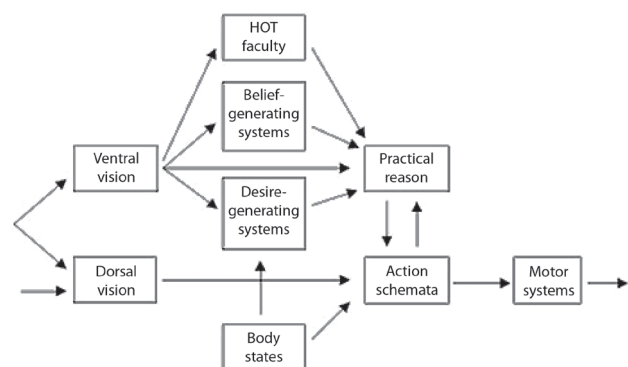
Οι συνειδητές καταστάσεις συνίστανται συχνά από ακολουθίες μη συνειδητών καταστάσεων, οι οποίες αποτελούν ταχείες, παροδικές, στερεοτυπικές απαντήσεις σε αισθητικά ερεθίσματα που διαμεσολαβούνται από το ραχιαίο οπτικό σύστημα και θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν φλοιώδη

αντανακλαστικά.²⁵ Για παράδειγμα, η ανίχνευση ζώων σε ένα χαοτικό φυσικό περιβάλλον πραγματοποιείται από τον ανθρώπινο φλοιό μέσα σε 130–150 ms,^{62,63} διάστημα πολύ σύντομο για να κινηθούν οι οφθαλμοί ή να συνειδητοποιηθεί το ερέθισμα. Είναι προφανές ότι αυτές οι διαδικασίες διαμεσολαβούνται από ένα «προς τα εμπρός» προωθητικό κύμα νευρωνικής δραστηριότητας που αρχίζει από τον αμφιβληστροειδή και μέσω της V1 και της V4 φθάνει στον κάτω κροταφικό φλοιό και από εκεί στον προμετωπιαίο φλοιό για να καταλήξει στους κινητικούς νευρώνες που θα πραγματοποιήσουν την κινητική αντίδραση. Η υπόθεση ότι η βασική επεξεργασία της πληροφορίας έχει αυτή την «προς τα εμπρός» κατεύθυνση υποστηρίζεται από τον σύντομο χρόνο που απαιτείται για να εμφανιστεί η εκλεκτική απάντηση στους νευρώνες του κάτω κροταφικού φλοιού.⁶⁴ Πράγματι, έχει γίνει δυνατή η ταυτοποίηση μιας εικόνας που προβάλλεται στον αμφιβληστροειδή ακινητοποιημένων πιθήκων από την αποκωδικοποίηση της δραστηριότητας 200 περίπου νευρώνων της κάτω κροταφικής περιοχής 100 ms μετά την προβολή της.⁶⁵ Σε συνδυασμό με την κινητική του έξοδο, αυτό το «προς τα εμπρός» δίκτυο συνιστά μια μη συνειδητή κατηγοριοποίηση χωρίς κάποια ένδειξη συνειδητής επίγνωσης.

Η συνειδητή αντίληψη και εμπειρία, αντίθετα, θεωρείται ότι απαιτεί μια περισσότερο συντηρούμενη, ανάδρομη νευρωνική δραστηριότητα, πιθανόν μέσω μιας φλοιο-φλοιικής ανατροφοδότησης από άλλες νεοφλοιώδεις περιοχές.⁶⁶ Η εν λόγω ανάδρομη δραστηριότητα συσσωρεύεται στον χρόνο μέχρι να υπερβεί ένα κατώφλιο. Τότε η συντηρούμενη αυτή νευρωνική δραστηριότητα διαδίδεται σε βρεγματικές και σε προμετωπιαίες φλοιώδεις περιοχές, στην έλικα του προσαγωγίου, στον θάλαμο και στον ταινιωτό φλοιό,⁶⁷ καθώς και σε άλλες φλοιώδεις δομές οι οποίες σχετίζονται με τη μνήμη, την πολυαισθητική ολοκλήρωση, τον σχεδιασμό, τον λόγο λειτουργίας, δηλαδή που σχετίζονται με την προσβαίνουσα συνείδηση. Ο ανταγωνισμός ανάμεσα σε επί μέρους ενεργοποιήσεις επιτρέπει μόνο σε ένα ή σε ελάχιστα αντιλήματα να αναπαρίστανται ενεργά και ταυτόχρονα. Αυτή η υπόθεση αποτελεί τον πυρήνα της *θεωρίας του καθολικού χώρου της συνείδησης*,^{68,69} στην οποία η έννοια της συνείδησης χρησιμοποιείται ως πληροφορία που «παρουσιάζεται» στις εμπειρίες, στη μνήμη και στη γλώσσα και, ως επί το πλείστον, είναι «καθολικά» διαθέσιμη στο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών,⁷⁰ δηλαδή στον εγκέφαλο. Η αποστολή οπτικών πληροφοριών σε πιο πρόσθιες περιοχές επιτρέπει στα σχετικά οπτικά γεγονότα να αποκωδικοποιούνται και να τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο (π.χ. με το να αποκτούν πρόσβαση σε διάφορες μνημονικές τράπεζες), ενώ αυτή η ερμηνεία ανατροφοδοτεί την αναπαράσταση των ερεθισμάτων σε πρωιμότερα στάδια επεξεργασίας στον οπτικό φλοιό.^{71,72}

Αυτή η έννοια της συνείδησης ως πληροφορία που «παρουσιάζεται» στις εμπειρίες, στη μνήμη και στη γλώσσα αφορά κυρίως στο περιεχόμενο της αντίληψης (συνείδηση περιεχομένου) που μπορεί να αναφερθεί λεκτικά ή μη από το υποκείμενο και, όπως αναφέρθηκε, αντιστοιχεί στην προσβαίνουσα συνείδηση ή συνείδηση περιεχομένου (access consciousness).²⁷

Έχει υποθεθεί ότι όπως το ραχιαίο σύστημα έχει πρόσβαση σε περιοχές που σχετίζονται με τη μνήμη, την πολυαισθητική ολοκλήρωση, τον σχεδιασμό και τον λόγο, το κοιλιακό σύστημα έχει αντίστοιχα πρόσβαση σε ένα σύστημα υψηλής τάξης, μέσω της οποίας η αντιληπτική εμπειρία αποκτά το φαινομενικό της περιεχόμενο (φαινομενική συνείδηση, phenomenal consciousness).²⁷ Σύμφωνα με αυτές τις *θεωρίες υψηλής τάξης*,^{73–76} η φαινομενική συνείδηση αποτελεί υψηλής τάξης αναπαράσταση του περιεχομένου της αντίληψης (εικ. 12). Η συνειδητή εμπειρία προκύπτει, επειδή το αναπαραστασιακό περιεχόμενο του κοιλιακού συστήματος είναι διαθέσιμο όχι μόνο σε μνημονικές τράπεζες γνώσεων αλλά και σε συστήματα πεποιθήσεων και επιθυμιών, καθώς και σε ένα νοητικό σύστημα υψηλής τάξης (high order thought, HOT), που πιθανόν εδράζεται στον μετωπιαίο φλοιό. Λόγω της πρόσβασής της στο νοητικό σύστημα υψηλής τάξης, η αντιληπτική έξοδος του κοιλιακού συστήματος αποκτά ένα *διπλό* προθετικό περιεχόμενο. Αναπαριστά τόσο τη φυσική διάσταση μιας αντιληπτικής εμπειρίας, του κόκκινου, του πράσινου, που μπορεί να λεχθεί, να δειχθεί κ.λπ., όσο και το τι σημαίνει να είναι κάτι κόκκινο, πράσινο, την κοκκινότητα, την πρασινότητα, την *υποκειμενική* δηλαδή διάσταση (qualia) της εμπειρίας του χρώματος, με μια διαδικασία επεξεργασίας των κατώτερων στην ιεραρχία του εγκεφάλου αναπαραστάσεων από τις ανώτερες.



Εικόνα 12. Το ραχιαίο και το κοιλιακό οπτικό σύστημα. Η επεξεργασία των πληροφοριών στο ραχιαίο σύστημα αντιστοιχεί στην προσβαίνουσα συνείδηση (access consciousness), ενώ η επεξεργασία τους στο κοιλιακό αντιστοιχεί στη φαινομενική συνείδηση (phenomenal consciousness), σύμφωνα με τη διάκριση του Block.²¹ Η επεξεργασία χαμηλής τάξης γίνεται στον κροταφικό και στον βρεγματικό λοβό, ενώ η επεξεργασία υψηλής τάξης (high order thought, HOT) πραγματοποιείται στον μετωπιαίο λοβό.⁷⁶

Η συμμετοχή, πράγματι, και άλλων περιοχών του εγκεφάλου, εκτός του κροταφικού λοβού, στη συνειδητή αντιληπτική εμπειρία έχει αποδειχθεί από πιο πρόσφατες μελέτες του διοφθάλμιου ανταγωνισμού μετά τις αρχικές έρευνες που περιγράφηκαν παραπάνω. Οι εν λόγω μελέτες έδειξαν ότι κατά την εναλλαγή της αντιληπτικής εμπειρίας, εκτός από τον κοιλιακό οπτικό φλοιό, ενεργοποιούνται και βρεγματικές ή μετωπιαίες περιοχές οι οποίες προηγουμένως είχαν θεωρηθεί ότι συμμετέχουν στη χωρική προσοχή.⁷⁷ Οι ίδιες περιοχές ενεργοποιούνται και κατά την αντιληπτική εναλλαγή της παρατήρησης δισταθών εικόνων, όπως του κύβου του Necker ή του προσώπου/βάζου του Rubins.⁷⁸ Οι παρατηρήσεις αυτές, μαζί με άλλες,⁷⁹ δείχνουν ότι υπάρχει πράγματι κάποιος μηχανισμός στον βρεγματικό και στον μετωπιαίο φλοιό, ο οποίος σχετίζεται με τη συνειδητή οπτική αντίληψη και ενεργοποιείται κατά την εναλλαγή διαφορετικών τύπων αντιληπτικής εμπειρίας, όπως συμβαίνει με τους νευρώνες της κάτω κροταφικής περιοχής.

Σύμφωνα λοιπόν με όλα τα δεδομένα, πειραματικά και θεωρητικά, η συνειδητή αντίληψη που βασίζεται στην ενεργοποίηση του κοιλιακού οπτικού συστήματος, για την απόκτηση του φαινομενικού της περιεχομένου, αλληλεπιδρά με άλλες εμπειρίες αλλά και με άλλες εσωτερικές καταστάσεις, όπως με τα συστήματα πεποιθήσεων, επιθυμιών και προσδοκιών του υποκειμένου, τα οποία εντοπίζονται ασφαλώς σε περιοχές που σχετίζονται με τη μνήμη, καθώς και με μετωπιαίες περιοχές υψηλής τάξης, οι οποίες σχεδιάζουν, προγραμματίζουν και ελέγχουν τη συμπεριφορά.⁸⁰ Το θεωρητικό αυτό σχήμα μάς εισάγει αμέσως και στο (δύσκολο) πρόβλημα της φαινομενικής εμπειρίας, στο πρόβλημα της υποκειμενικότητας.

Εάν λοιπόν το πώς βλέπω το κόκκινο εξαρτάται από παρελθούσες εμπειρίες μου, αλλά και γνώσεις, στάσεις, επιθυμίες ή πεποιθήσεις γι' αυτό που βλέπω, όλες αυτές οι ψυχολογικές καταστάσεις αναπαρίστανται στον εγκέφαλό μου και οι συγκεκριμένες αναπαραστάσεις έχουν ως περιεχόμενο αντίστοιχες μνημονικές εγγραφές που κωδικοποιούνται σε νευρώνες ή ομάδες νευρώνων κατανεμημένων στα δίκτυα εννοιών, τα οποία περιγράφηκαν παραπάνω. Όσο περισσότερες είναι αυτές οι αναπαραστάσεις τόσο διευρύνεται και το περιεχόμενό τους κατά τη σύνδεσή τους. Το περιεχόμενο (η ποιότητα, π.χ. το *qualia* κοκκινότητα) της τρέχουσας εμπειρίας μου είναι το αποτέλεσμα της *σύνδεσης* (binding) και του *συνδυασμού* όλων αυτών των πλούσιων αναπαραστάσεων και είναι φυσικό να είναι διαφορετική από τη δική σας, επειδή οι αναπαραστάσεις μου είναι διαφορετικές από τις δικές σας. Δεν υπάρχει τίποτα το μη φυσικό, μη υλικό ή μη επιστημονικό στην εν λόγω διαδικασία. Ούτε είναι ανάγκη να καταφύγουμε σε μεγάλους αριθμούς, σε στοχαστικές, χαοτικές ή κβαντικές

διαδικασίες, όπως έχουν επιχειρήσει κάποιοι σύγχρονοι ερευνητές,^{81,82} για να ερμηνευτεί η υποκειμενικότητα. Ακόμη και μία προηγούμενη εμπειρία μου να είναι διαφορετική από τη δική σας, η τρέχουσα θα είναι και αυτή διαφορετική.

Η άποψη αυτή, ότι δηλαδή η υποκειμενικότητα οφείλεται σε σχέσεις και συνδυασμούς πολλών διαφορετικών αναπαραστάσεων, είναι απόλυτα συμβατή με την αναπαραστατική θεωρία του νου και της συνείδησης, κατά την οποία το περιεχόμενο μιας αναπαράστασης εξαρτάται από τις σχέσεις της με άλλες αναπαραστάσεις και τη συμπεριφορά. Ο συνδυασμός της άποψης αυτής με την έννοια της σχέσης του περιεχομένου των αναπαραστάσεων με την πυροδότηση των νευρώνων που τις «υλοποιούν» μέσα στον εγκέφαλο, θα μπορούσε να αποτελέσει τον πυρήνα μιας *νευροβιολογικής θεώρησης της συνείδησης και της φαινομενικής υποκειμενικότητας*.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η έννοια της συνείδησης, η οποία πριν μερικές δεκαετίες ήταν εκτός της ορολογίας και του λεξιλογίου ακόμη των Νευροεπιστημών, έχει αναδειχθεί σε έναν γόνιμο ερευνητικό κλάδο τους. Μπορεί οι φιλοσοφικές διαμάχες για την ουσία της συνείδησης να συνεχίζονται (εάν ταυτίζεται με τις νευρωνικές διεργασίες – *θεωρία ταυτότητας*, εάν ανάγεται στις φυσικές εγκεφαλικές διεργασίες – *αναγωγισμός*, εάν αποτελεί λειτουργική κατάσταση ενός νευρωνικού υποστρώματος – *λειτουργισμός*, εάν συνιστά ένα «επιφανόμενο» της εγκεφαλικής λειτουργίας – *επιφαινομεναλισμός*, ή εάν υφίσταται σε ένα «συνειδητό νοητικό πεδίο» ανεξάρτητο από τον εγκέφαλο – *δυσισμός*), η επιστήμη ωστόσο έχει κάνει μεγάλα βήματα στην κατανόηση των φυσιολογικών φαινομένων που σχετίζονται με τη συνειδητή εμπειρία, περιλαμβανομένης και της υποκειμενικής, της μοναδικής για κάθε άνθρωπο φύσης της.

Από όσα επιχειρήσαμε να παρουσιάσουμε στο παρόν άρθρο, οι υποκειμενικές ποιότητες, τα *qualia*, το πώς είναι να βλέπεις τα χρώματα, να μυρίζεις τις οσμές κ.λπ., δεν είναι παρά μνήμες ανθρώπων και πραγμάτων, προσωπικά εγγράμματα και εμπειρίες, καθώς και γνώσεις, στάσεις, επιθυμίες ή πεποιθήσεις γι' αυτό το οποίο βλέπω, που αναπαρίστανται νοητικά και οι αναπαραστάσεις τους ταυτίζονται με τη σύνδεση και την ταυτόχρονη πυροδότηση νευρώνων και δικτύων νευρώνων μέσα στον εγκέφαλο. Όσο περισσότερες είναι αυτές οι αναπαραστάσεις τόσο διευρύνεται και το περιεχόμενό τους κατά τη σύνδεσή τους. Το περιεχόμενο (η ποιότητα, π.χ. το *qualia* κοκκινότητα) της τρέχουσας εμπειρίας είναι αποτέλεσμα της σύνδεσης (binding) και του συνδυασμού όλων αυτών των πλούσιων

αναπαραστάσεων και είναι απόλυτα υποκειμενικό, προσωπικό και ιδιωτικό, επειδή ο κάθε άνθρωπος έχει διαφορετικές αναπαραστάσεις, διαφορετικές μνήμες, γνώσεις ή πεποιθήσεις και διαφορετικό τρόπο που τις συνδέει (τις σημασιοδοτεί).

Ακόμη και ο ίδιος άνθρωπος δεν μπορεί να βιώσει την ίδια υποκειμενική εμπειρία δύο φορές. Βλέπω ένα κόκκινο τριαντάφυλλο. Το ξαναβλέπω. Οι δύο εμπειρίες αναπαριστούν το ίδιο πράγμα και είναι παράγωγα της ίδιας εγκεφαλικής λειτουργίας, αλλά η δεύτερη οπτική εμπειρία δεν είναι απολύτως όμοια με την πρώτη –αν όχι για άλλον λόγο, τουλάχιστον γιατί η δεύτερη είναι εμπλουτισμένη από την ανάμνηση της προηγούμενης της και επειδή η δεύτερη αναδύεται σε ένα ευρύτερο πλαίσιο που περιλαμβάνει την αναπαράσταση της προηγούμενης.⁸³

Η ενεργοποίηση των εν λόγω αναπαραστάσεων και η σύνδεσή τους με τη ροή της συνείδησης έχει εκφραστεί με μοναδικό τρόπο λογοτεχνικά στο μεγάλο έργο του Marcel Proust «Αναζητώντας τον χαμένο χρόνο» (1927), όχι με την αίσθηση του κόκκινου τριαντάφυλλου, αλλά με την αίσθηση της γεύσης μιας ταπεινής μαντλέν βουτηγμένης

στο τσάι. Η περιγραφή έχει θεωρηθεί τόσο επιστημονικά ορθή, όπως και άλλες αντίστοιχες αναφορές του Proust, ώστε πολλοί συγγραφείς να τον χαρακτηρίζουν εμμέσως «νευροεπιστήμονα».^{84,85}

[...] Και ξαφνικά παρουσιάστηκε η ανάμνηση. Αυτή η γεύση ήταν η γεύση του μικρού κομματιού της μαντλέν που την Κυριακή το πρωί στο Κομπρέ (τη μέρα εκείνη δεν έβγαίνα πριν απ' την ώρα της λειτουργίας) μου πρόσφερε η θεία μου η Λεονί, όταν πήγαίνα να της πω καλημέρα στο δωμάτιό της, αφού πρώτα το βουτούσε στο τσάι ή στο φλαμούρι της. Η όψη της μικρής μαντλέν δεν μου 'χε θυμίσει τίποτα πριν να τη γευτώ. Ίσως γιατί, έχοντας δει συχνά από τότε μικρές μαντλέν, χωρίς όμως να τις δοκιμάσω, πάνω στα ράφια των ζαχαροπλασטיών, η εικόνα τους είχε εγκαταλείψει εκείνες τις μέρες του Κομπρέ για να δεθεί μ' άλλες πιο πρόσφατες, ίσως γιατί, απ' αυτές τις αναμνήσεις τις εγκαταλειμμένες τόσο καιρό έξω απ' τη μνήμη, δεν επιζούσε τίποτα, όλα είχαν διαλυθεί· οι μορφές –κι αυτή ακόμα του μικρού κοχυλιού της ζαχαροπλαστικής, τόσο στρουμπουλά αισθησιακού κάτω απ' τις αυστηρές κι ευλαβικές πτυχές του– είχαν διαλυθεί ή, κοιμισμένες, είχαν χάσει τη δύναμη της επέκτασης που θα τους επέτρεπε να ξαναδεθούν με τη συνείδηση. [...]

ABSTRACT

Scientific explanation of subjective phenomenal consciousness

E. KAFETZOPOULOS

Organisation Against Drugs (OKANA), Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2019, 36(4):534–550

The study of consciousness and its properties is a fruitful discipline of contemporary neuroscience. Consciousness is considered as a product of brain function, in contrast with several philosophical views, which claim that scientific research cannot reveal its nature and especially the individual instances of subjective, conscious experience (qualia). There are specific brain states, however, such as binocular rivalry, during which we can reveal how an optical stimulus can be perceived as a conscious perception. Studies have shown that there are specific brain regions in the visual path that are responsible for the conscious recognition of different categories of stimuli, such as faces, objects, places, animals, etc. Further studies have shown that in these regions there are neurons or groups of neurons which code the representations of these stimuli. These groups are interconnected in wider networks which code more complex representations and concepts. The content (qualia) of the current experience results from the binding and simultaneous activation of all these rich representations, and it is obvious that this will be subjective, and different in each individual, since one person's representations are different from the others.

Key words: Binocular rivalry, Brain, Concept cells, Consciousness, Neural representations

Βιβλιογραφία

1. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Ε. Από τον συμπεριφορισμό στη γνωσιακή επιστήμη. *Νόησις* 2005, 1:169–196
2. NAGEL T. *The view from nowhere*. Oxford University Press, New York, 1986
3. MCGINN C. *The problem of consciousness*. Blackwell, Oxford, 1991
4. LEVINE J. Materialism and qualia: the explanatory gap. *Pac Philos Quart* 1983, 64:354–361
5. CHALMERS DJ. *The conscious mind: In search of a fundamental*

- theory*. Oxford University Press, New York, NY, 1996
6. BLOCK N, STALNAKER R. Conceptual analysis, dualism and the explanatory gap. *Philos Rev* 1999, 108:1–46
 7. JACKSON F. Epiphenomenal qualia. *Philos Quart* 1982, 32:127–136
 8. CHALMERS DJ. The puzzle of conscious experience. *Sci Am* 1995, 273:80–86
 9. CHURCHLAND P. Knowing qualia: A reply to Jackson. In: Nagasawa Y, Ludlow L, Stoljar D (eds) *From a neurocomputational perspective*. MIT Press, Cambridge, 1989:67–76
 10. LOAR B. Phenomenal states. In: Tomberlin J (ed) *Philosophical perspectives: 4. Action theory and philosophy of mind*. Ridgeview, Atascadero, 1990:81–108. A much-revised version of this paper is to be found in: Block N, Flanagan O, Güzeldere G (eds) *The nature of consciousness: Philosophical debates*. MIT Press, Cambridge, 1997:597–616
 11. LYCAN WG. *Consciousness and experience*. MIT Press, Cambridge, MA, 1996
 12. VAN GULICK R. Understanding the phenomenal mind: Are we all just armadillos? In: Davies M, Humphreys GW (eds) *Consciousness: Psychological and philosophical essays*. Blackwell, Oxford, 1993:137–149
 13. STURGEON S. The epistemic view of subjectivity. *J Philos* 1994, 91:221–235
 14. TYE M. Phenomenal consciousness: The explanatory gap as a cognitive illusion. *Mind* 1999, 108:705–725
 15. WILKINSON S. Mary and saving physicalism. *Psyche* 2010, 16:12–15
 16. CRICK F, KOCH C. Why neuroscience may be able to explain consciousness. *Sci Am* 1995, 273:84–85
 17. MANDIK P. Mental representation and the subjectivity of consciousness. *Philos Psychol* 2001, 14:179–202
 18. CARRUTHERS P. *Phenomenal consciousness: A naturalistic theory*. Cambridge University Press, Cambridge, 2000
 19. SUNDSTRÖM P. Phenomenal concepts. *Philosophy Compass* 2011, 6:267–281
 20. NOË A, THOMPSON E. Are there neural correlates of consciousness? *J Consciousness Stud* 2004, 11:3–28
 21. KOCH C. *The quest for consciousness*. Roberts & Company Publishers, Englewood, 2004
 22. LIBET B. The neural time factor in conscious and unconscious events. In: Bock GR, Marsh J (eds) *Experimental and theoretical studies of consciousness*. Ciba Foundation Symposium series no 174. Wiley, New York, 1993
 23. CRICK F, KOCH C. Consciousness and neuroscience. *Cereb Cortex* 1998, 8:97–107
 24. EDELMAN GM. *The remembered present: A biological theory of consciousness*. Basic Books, New York, NY, 1989
 25. MILNER D, GOODALE M. *The visual brain in action*. Oxford University Press, Oxford, 1995
 26. JACOB P, JEANNEROD M. *Ways of seeing: The scope and limits of visual cognition*. Oxford University Press, Oxford, 2003
 27. BLOCK N. Two neural correlates of consciousness. *Trends Cogn Sci* 2005, 9:46–52
 28. ZEKI SM. Functional specialisation in the visual cortex of the rhesus monkey. *Nature* 1978, 74:423–428
 29. LOGOTHETIS NK, SCHALL JD. Neuronal correlates of subjective visual perception. *Science* 1989, 245:761–763
 30. LEOPOLD DA, LOGOTHETIS NK. Activity changes in early visual cortex reflect monkeys' percept during binocular rivalry. *Nature* 1996, 379:549–553
 31. STEINBERG DL, LOGOTHETIS NK. The role of temporal cortical areas in perceptual organization. *Proc Natl Acad Sci USA* 1997, 94:3408–3413
 32. LEONARD CM, ROLLS ET, WILSON FA, BAYLIS GC. Neurons in the amygdala of the monkey with responses selective for faces. *Behav Brain Res* 1985, 15:159–176
 33. SUZUKI WA, MILLER EK, DESIMONE R. Object and place memory in the macaque entorhinal cortex. *J Neurophysiol* 1997, 78:1062–1081
 34. MIYASHITA Y, ROLLS ET, CAHUSAC PMB, NIKI H, FEIGENBAUM JD. Activity of hippocampal formation neurons in the monkey related to a conditional spatial response task. *J Neurophysiol* 1989, 61:669–678
 35. KREIMAN G, KOCH C, FRIED I. Category-specific visual responses of single neurons in the human medial temporal lobe. *Nat Neurosci* 2000, 3:946–953
 36. FRIED I, McDONALD KA, WILSON CL. Single neuron activity in human hippocampus and amygdala during recognition of faces and objects. *Neuron* 1997, 18:753–765
 37. MISHKIN M. Memory in monkeys severely impaired by combined but not separate removal of amygdala and hippocampus. *Nature* 1978, 273:297–298
 38. MEUNIER M, BACHEVALIER J, MISHKIN M, MURRAY EA. Effects on visual recognition of combined and separate ablations of the entorhinal and perirhinal cortex in rhesus monkeys. *J Neurosci* 1993, 13:5418–5432
 39. DAMASIO AR, TRANEL D, DAMASIO H. Face agnosia and the neural substrates of memory. *Annu Rev Neurosci* 1990, 13:89–109
 40. WARRINGTON EK, MCCARTHY RA. Categories of knowledge. Further fractionations and an attempted integration. *Brain* 1987, 110:1273–1296
 41. TREISMAN AM, KANWISHER NG. Perceiving visually presented objects: Recognition, awareness, and modularity. *Curr Opin Neurobiol* 1998, 8:218–226
 42. ISHAI A, UNGERLEIDER LG, MARTIN A, SCHOUTEN JL, HAXBY JV. Distributed representation of objects in the human ventral visual pathway. *Proc Natl Acad Sci USA* 1999, 96:9379–9384
 43. MARTIN A, WIGGS CL, UNGERLEIDER LG, HAXBY JV. Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature* 1996, 379:649–652
 44. ALLISON T, GINTER H, MCCARTHY G, NOBRE AC, PUCE A, LUBY M ET AL. Face recognition in human extrastriate cortex. *J Neurophysiol* 1994, 71:821–825
 45. NOBRE A, ALLISON T, MCCARTHY G. Word recognition in the human inferior temporal lobe. *Nature* 1994, 372:260–263
 46. TONG F, NAKAYAMA K, MOSCOVITCH M, WEINRIB O, KANWISHER N. Response properties of the human fusiform face area. *Cogn Neuropsychol* 2000, 17:257–280
 47. TONG F, NAKAYAMA K, VAUGHAN JT, KANWISHER N. Binocular rivalry and visual awareness in human extrastriate cortex. *Neuron* 1998, 21:753–759
 48. BOGHOSSIAN PA. "Content". In: Kim J, Sosa E (eds) *A companion*

- to metaphysics. Wiley-Blackwell, Oxford, 1996:94–96
49. PITT D. Mental representation. In: Zalta N (ed) *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Spring 2017. Available at: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2017/entries/mental-representation>
 50. KANWISHER N. Neural events and perceptual awareness. *Cognition* 2001, 79:89–113
 51. QUIROGA RQ, REDDY L, KREIMAN G, KOCH C, FRIED I. Invariant visual representation by single neurons in the human brain. *Nature* 2005, 435:1102–1107
 52. QUIROGA RQ. Concept cells: The building blocks of declarative memory functions. *Nat Rev Neurosci* 2012, 13:587–597
 53. QUIROGA RQ, FRIED I, KOCH C. Brain cells for grandmother. *Sci Am* 2013, 308:30–35
 54. QUIROGA RQ, NADASDY Z, BEN-SHAUL Y. Unsupervised spike detection and sorting with wavelets and superparamagnetic clustering. *Neural Comput* 2004, 16:1661–1687
 55. VALDEZ AB, PAPESH MH, TREIMAN DM, SMITH KA, GOLDINGER SD, STEINMETZ PN. Distributed representation of visual objects by single neurons in the human brain. *J Neurosci* 2015, 35:5180–5186
 56. QUIROGA RQ, KRASKOV A, KOCH C, FRIED I. Explicit encoding of multimodal percepts by single neurons in the human brain. *Curr Biol* 2009, 19:1308–1313
 57. FREEDMAN DJ, RIESENHUBER M, POGGIOT, MILLER EK. Categorical representation of visual stimuli in the primate prefrontal cortex. *Science* 2001, 291:312–316
 58. QUIROGA QR, MUKAMEL R, ISHAM EA, MALACH R, FRIED I. Human single-neuron responses at the threshold of conscious recognition. *Proc Natl Acad Sci USA* 2008, 105:3599–3604
 59. LLINÁS RR. *I of the vortex: From neurons to self*. MIT Press, Cambridge, 2001
 60. DAVIDSON D. *Essays on actions and events*. Clarendon Press, Oxford, 1980
 61. CRICK F. *The astonishing hypothesis: The scientific search for the soul*. Scribner's, New York, 1994
 62. THORPE S, FIZE D, MARLOT C. Speed of processing in the human visual system. *Nature* 1996, 381:520–522
 63. VAN RULLEN R, KOCH C. Visual selective behavior can be triggered by a feed-forward process. *J Cogn Neurosci* 2003, 15:209–217
 64. PERRETT DI, HIETANEN JK, ORAM MW, BENSON PJ. Organization and functions of cells responsive to faces in the temporal cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 1992, 335:23–30
 65. HUNG CP, KREIMAN G, POGGIOT, DiCARLO JJ. Fast readout of object identity from macaque inferior temporal cortex. *Science* 2005, 310:863–866
 66. KOCH C. The neurobiology of consciousness. In: Gazzaniga MS (ed) *The cognitive neurosciences*. 4th ed. MIT Press, Cambridge, 2009:1137–1149
 67. CRICK FC, KOCH C. What is the function of the claustrum? *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2005, 360:1271–1279
 68. BAARS BJ. *A cognitive theory of consciousness*. Cambridge University Press, New York, 1988
 69. DEHAENE S, SERGENT C, CHANGEUX JP. A neuronal network model linking subjective reports and objective physiological data during conscious perception. *Proc Natl Acad Sci USA* 2003, 100:8520–8525
 70. TONONI G. An information integration theory of consciousness. *BMC Neurosci* 2004, 5:42
 71. JAZAYERI A, MOVSHON JA. A new perceptual illusion reveals mechanisms of sensory decoding. *Nature* 2007, 446:912–915
 72. CRICK FC, KOCH C. Are we aware of neural activity in primary visual cortex? *Nature* 1995, 375:121–123
 73. CARRUTHERS P. *Consciousness: Essays from a higher-order perspective*. Oxford University Press, Oxford, 2005
 74. CARRUTHERS P. Higher-order theories of consciousness. In: Zalta EN (ed) *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Fall 2016. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/consciousness-higher/>
 75. ROSENTHAL D, WEISBERG J. Higher-order theories of consciousness. *Scholarpedia* 2008, 3:4407
 76. CARRUTHERS P. Why the question of animal consciousness might not matter very much. *Philos Psychol* 2005, 18:83–102
 77. LUMER ED, FRISTON KJ, REES G. Neural correlates of perceptual rivalry in the human brain. *Science* 1998, 280:1930–1934
 78. KLEINSCHMIDT A, BÜCHEL C, ZEKI S, FRACKOWIAK RS. Human brain activity during spontaneously reversing perception of ambiguous figures. *Proc Biol Sci* 1998, 265:2427–2433
 79. REES G. Neural correlates of consciousness. *Ann N Y Acad Sci* 2013, 1296:4–10
 80. ΚΑΦΕΤΖΟΠΟΥΛΟΣ Ε. *Εγκέφαλος, συνείδηση και συμπεριφορά*. Εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα, 1995
 81. HAMEROFF S, PENROSE R. Consciousness in the universe: a review of the “Orch OR” theory. *Phys Life Rev* 2014, 11:39–78
 82. VANDERVERT LR. Chaos theory and the evolution of consciousness and mind: A thermodynamic-holographic resolution to the mind-body problem. *New Ideas Psychol* 1995, 13:107–127
 83. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΚ. *Εγκέφαλος και συνείδηση*. *Αρχ Ελλ Ιατρ* 2008, 25:16–23
 84. LEHRER J. *Proust was a neuroscientist*. Houghton Mifflin Co, Boston, 2007
 85. ΝΤΙΝΟΠΟΥΛΟΣ Α. *Αναζητώντας το χαμένο χρόνο – μια νευροβιολογική ανάγνωση*. Εκδόσεις Παρισσιάνου, Αθήνα, 2007
- Corresponding author:*
- E. Kafetzopoulos, Ogranisation Against Drugs (OKANA), 21 Averof street, 104 33 Athens, Greece
e-mail: president@okana.gr